



Wiki-Benutzerhandbuch

Dieses Dokument wurde erzeugt mit BlueSpice

BlueSpice 4

Seiten ohne Freigabemechanismus

- Mitmachen im Wiki
- Erste Schritte im Wiki
- Regeln im Umgang miteinander
- Datenschutz ist wichtig
- Tipps für einen guten Artikel
- Die Hilfe im Überblick
- Navigation im Wiki
- Visueller Editor und Quellcode
- Responsive Design
- Seiten erstellen und bearbeiten
- Seitenlayout
- Texte formatieren
- Links einfügen
- Bilder und Dateien einfügen
- Kategorien zuordnen
- Unterseiten im Wiki
- Vorlagen nutzen

Inhaltsverzeichnis

1	Mitmachen im Wiki	4
1.1	Erste Schritte im Wiki	13
1.2	Regeln im Umgang miteinander	22
1.3	Datenschutz ist wichtig	31
1.4	Tipps für einen guten Artikel	40
2	Die Hilfe im Überblick	49
2.1	Navigation im Wiki	58
2.2	Visueller Editor und Quellcode	67
2.3	Responsive Design	76
3	Seiten erstellen und bearbeiten	85
3.1	Seitenlayout	94
3.2	Texte formatieren	103
3.3	Links einfügen	112
3.4	Bilder und Dateien einfügen	121
3.5	Kategorien zuordnen	130
3.6	Unterseiten im Wiki	139
3.7	Vorlagen nutzen	148

1 Mitmachen im Wiki

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	9
2 Förderung durch ARDC	9
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	9
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	10
4.1 Zeitmultiplex	11
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	11
4.3 Codemultiplex (CDMA)	11
4.4 Steuerung durch die Basisstation	12

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

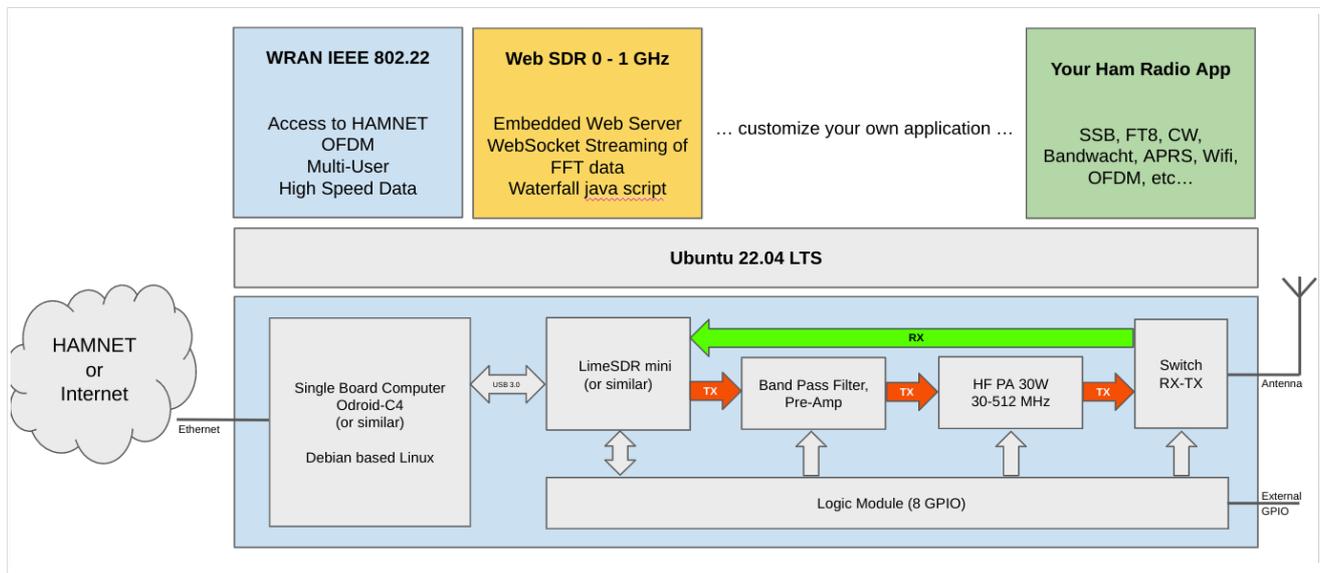
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

1.1 Erste Schritte im Wiki

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	18
2 Förderung durch ARDC	18
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	18
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	19
4.1 Zeitmultiplex	20
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	20
4.3 Codemultiplex (CDMA)	20
4.4 Steuerung durch die Basisstation	21

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

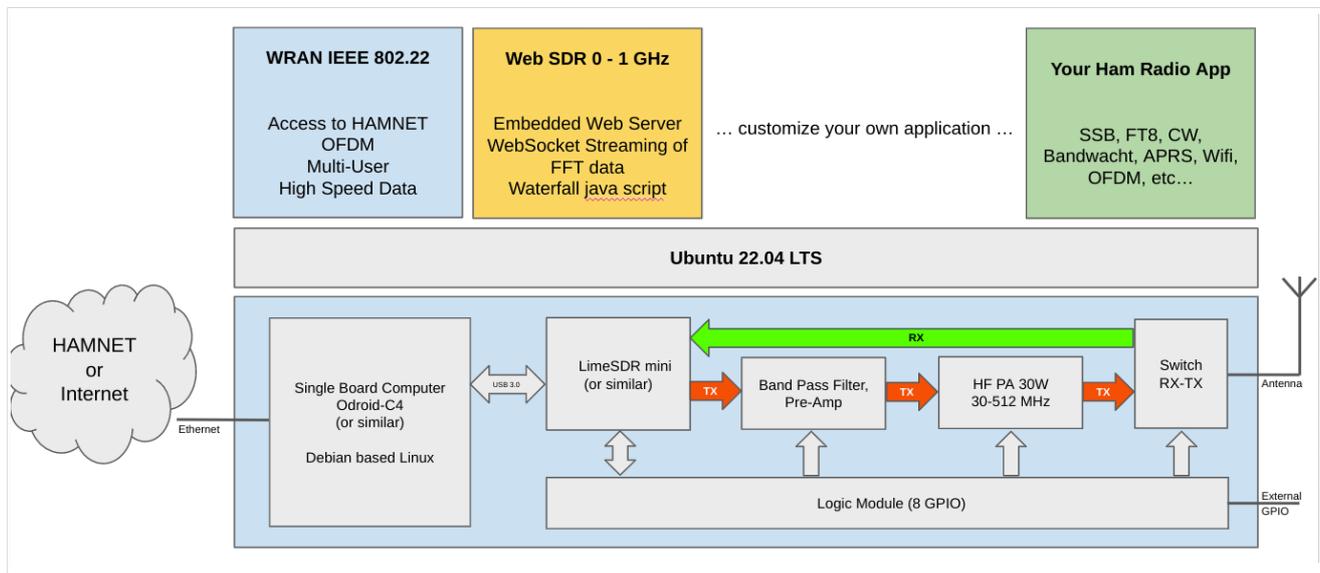
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

1.2 Regeln im Umgang miteinander

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr (Quelltext anzeigen)

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

00 Uhr (Quelltext anzeigen)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

- <https://rpx-100.net/>

~~== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==~~

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	27
2 Förderung durch ARDC	27
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	27
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	28
4.1 Zeitmultiplex	29
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	29
4.3 Codemultiplex (CDMA)	29
4.4 Steuerung durch die Basisstation	30

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

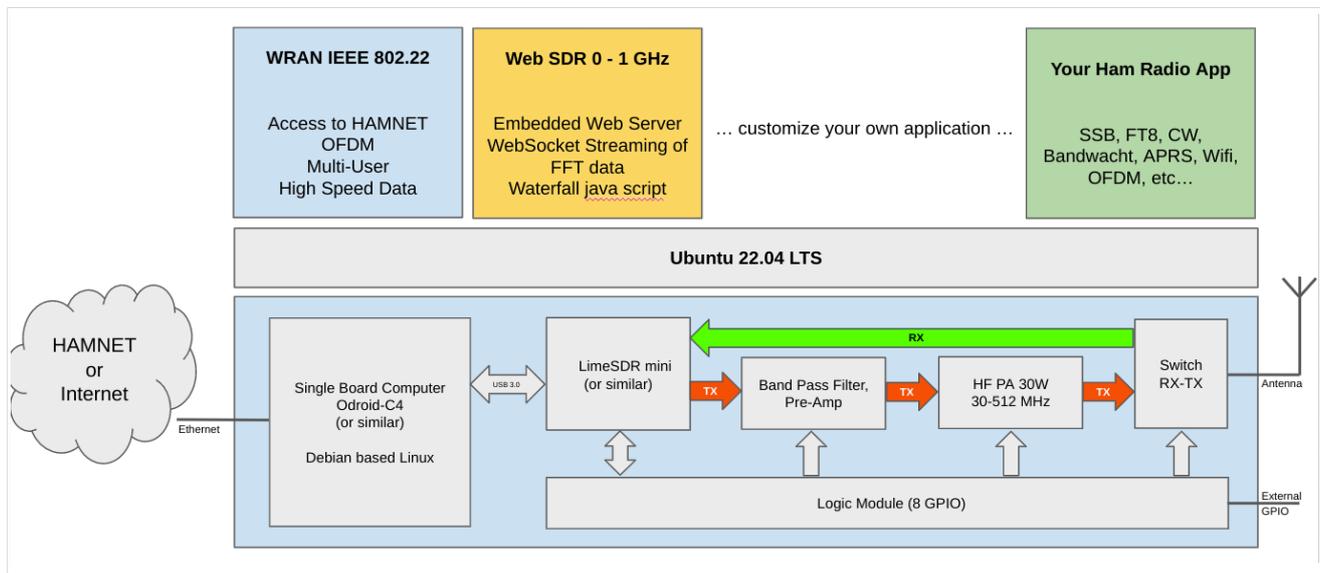
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shack oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

1.3 Datenschutz ist wichtig

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	36
2 Förderung durch ARDC	36
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	36
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	37
4.1 Zeitmultiplex	38
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	38
4.3 Codemultiplex (CDMA)	38
4.4 Steuerung durch die Basisstation	39

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

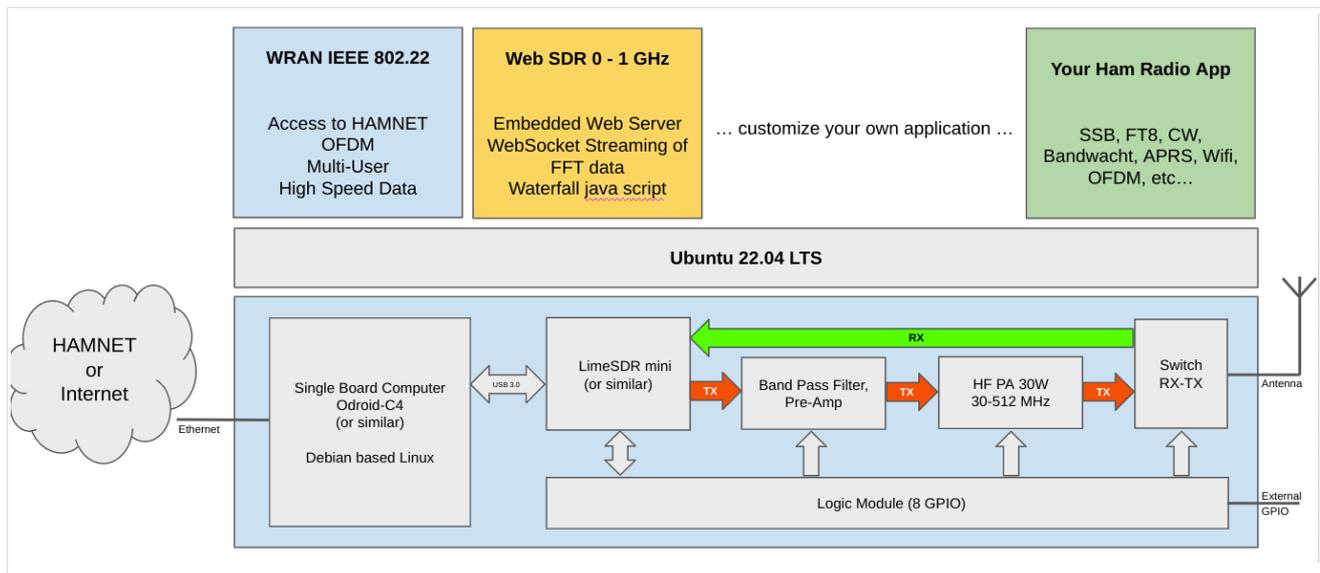
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shack oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

1.4 Tipps für einen guten Artikel

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr (Quelltext anzeigen)

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

00 Uhr (Quelltext anzeigen)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	45
2 Förderung durch ARDC	45
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	45
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	46
4.1 Zeitmultiplex	47
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	47
4.3 Codemultiplex (CDMA)	47
4.4 Steuerung durch die Basisstation	48

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

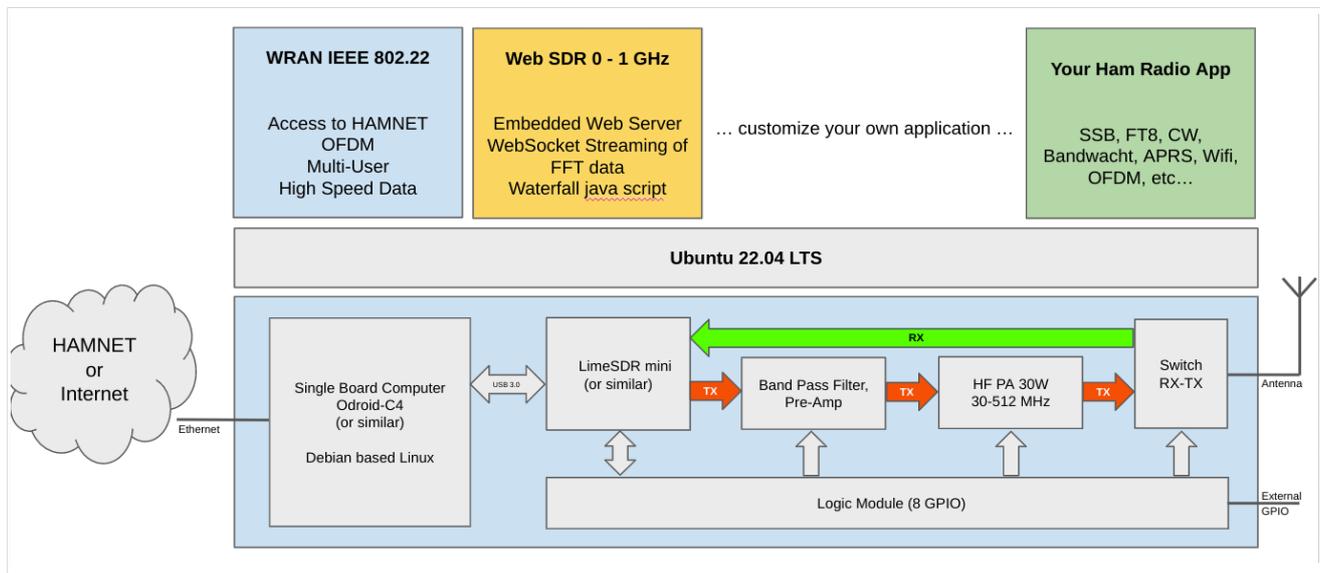
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shack oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

2 Die Hilfe im Überblick

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

- <https://rpx-100.net/>

~~== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==~~

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	54
2 Förderung durch ARDC	54
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	54
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	55
4.1 Zeitmultiplex	56
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	56
4.3 Codemultiplex (CDMA)	56
4.4 Steuerung durch die Basisstation	57

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

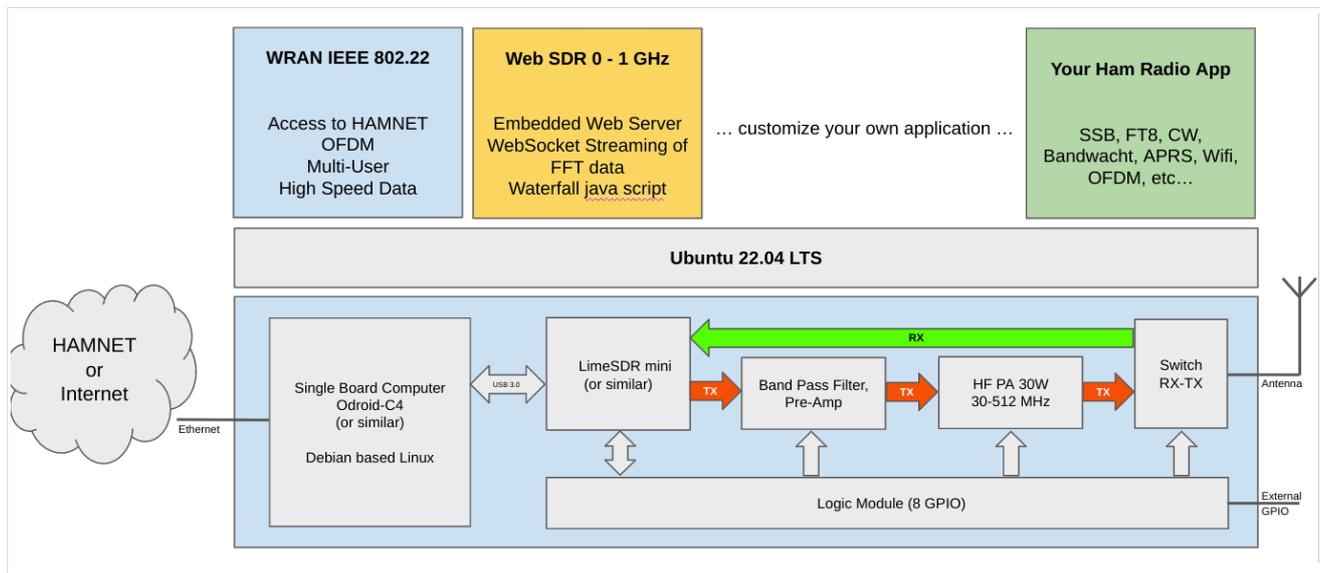
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shack oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

2.1 Navigation im Wiki

Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen

Visuell Wikitext

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** **(Quelltext anzeigen)**

OE1VCC ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

← [Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage](#):

OE9LTX ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: **Visuelle Bearbeitung**

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ == [OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV](#) ==

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	63
2 Förderung durch ARDC	63
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	63
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	64
4.1 Zeitmultiplex	65
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	65
4.3 Codemultiplex (CDMA)	65
4.4 Steuerung durch die Basisstation	66

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

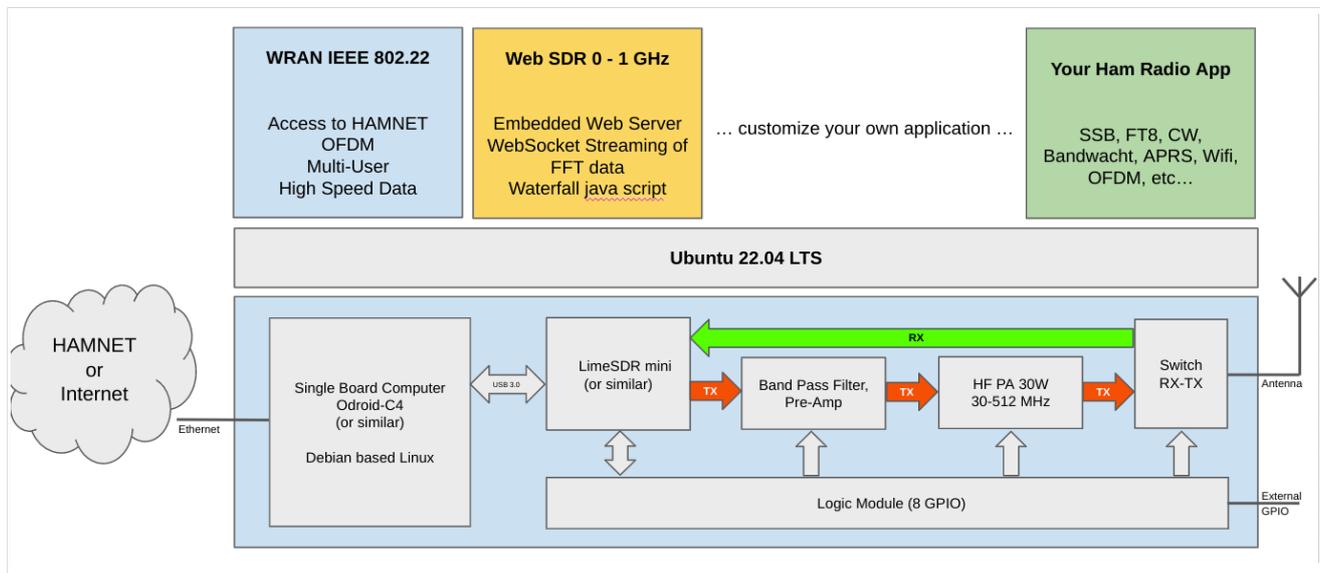
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

2.2 Visueller Editor und Quellcode

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\https://www.grz.com/db/OE9RWV [OE9RWV](#)] gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

- <https://rpx-100.net/>

~~== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==~~

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	72
2 Förderung durch ARDC	72
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	72
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	73
4.1 Zeitmultiplex	74
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	74
4.3 Codemultiplex (CDMA)	74
4.4 Steuerung durch die Basisstation	75

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

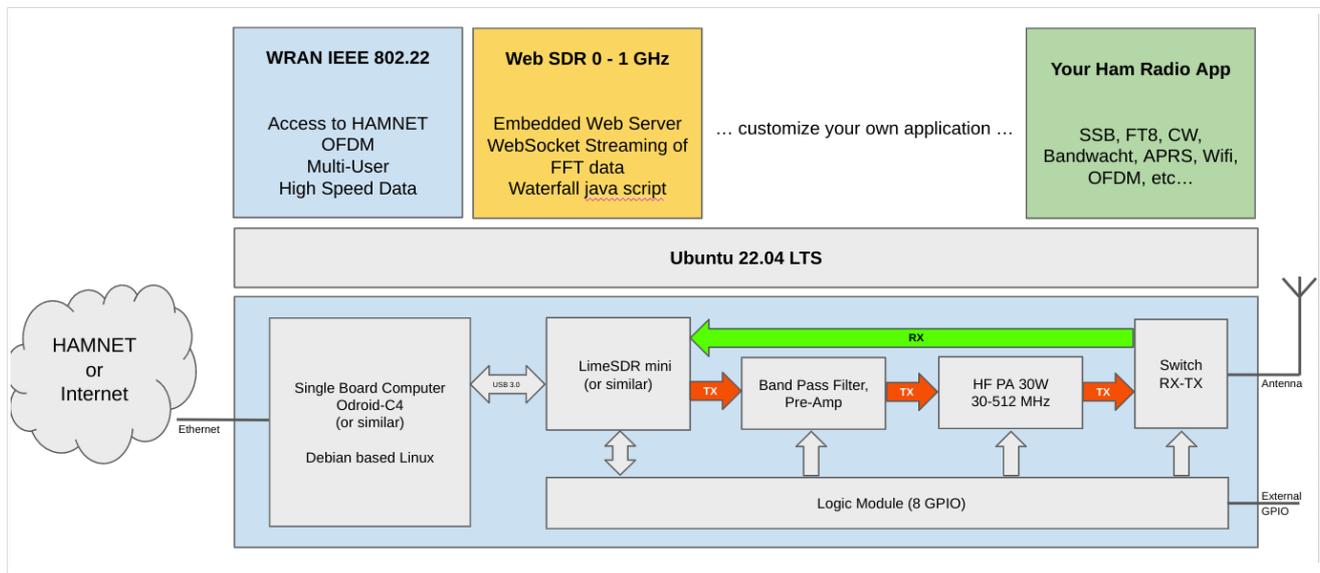
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

2.3 Responsive Design

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
OE9RIR] mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	81
2 Förderung durch ARDC	81
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	81
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	82
4.1 Zeitmultiplex	83
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	83
4.3 Codemultiplex (CDMA)	83
4.4 Steuerung durch die Basisstation	84

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

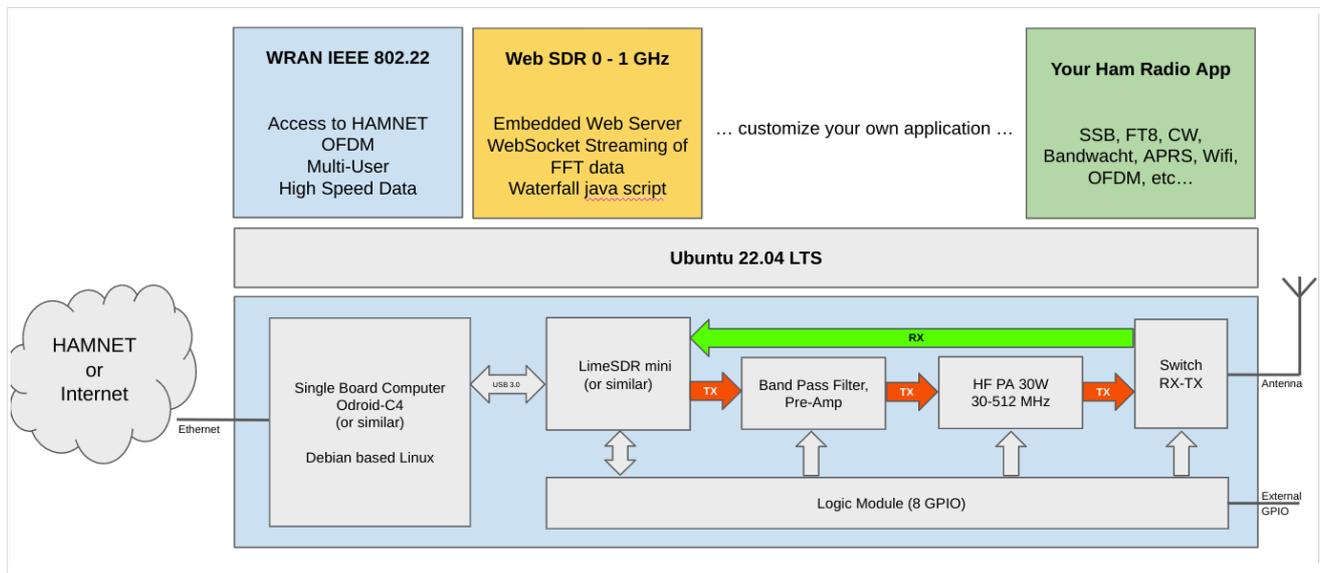
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

3 Seiten erstellen und bearbeiten

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

00 Uhr ([Quelltext anzeigen](#))

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	90
2 Förderung durch ARDC	90
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	90
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	91
4.1 Zeitmultiplex	92
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	92
4.3 Codemultiplex (CDMA)	92
4.4 Steuerung durch die Basisstation	93

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

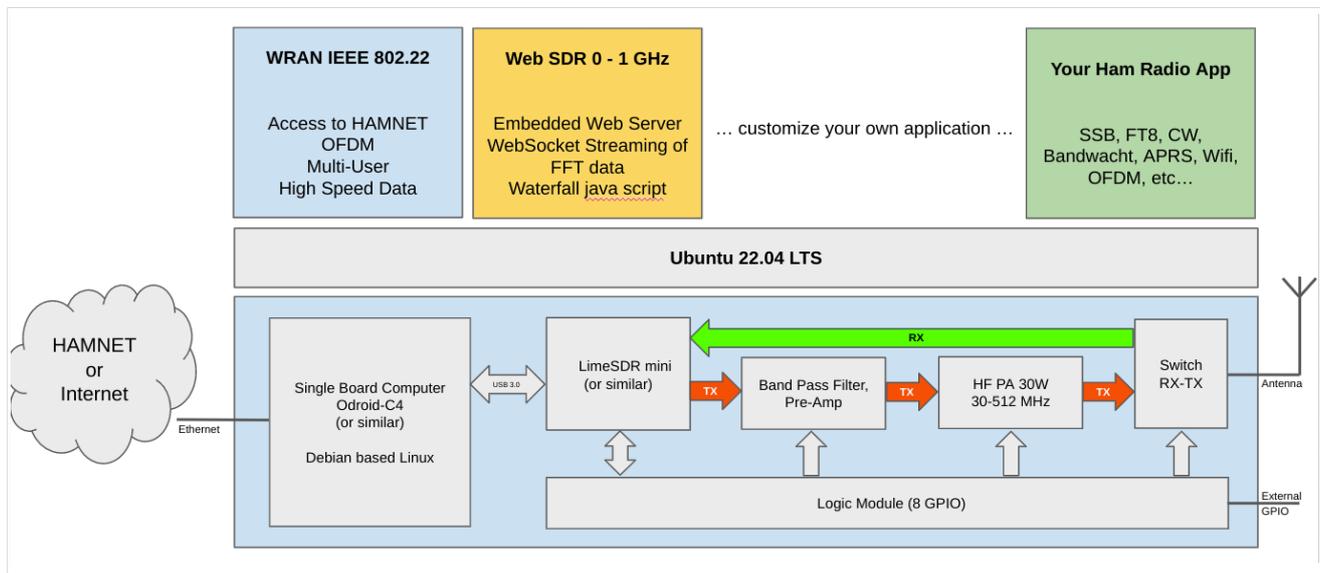
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shack oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

3.1 Seitenlayout

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	99
2 Förderung durch ARDC	99
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	99
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	100
4.1 Zeitmultiplex	101
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	101
4.3 Codemultiplex (CDMA)	101
4.4 Steuerung durch die Basisstation	102

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

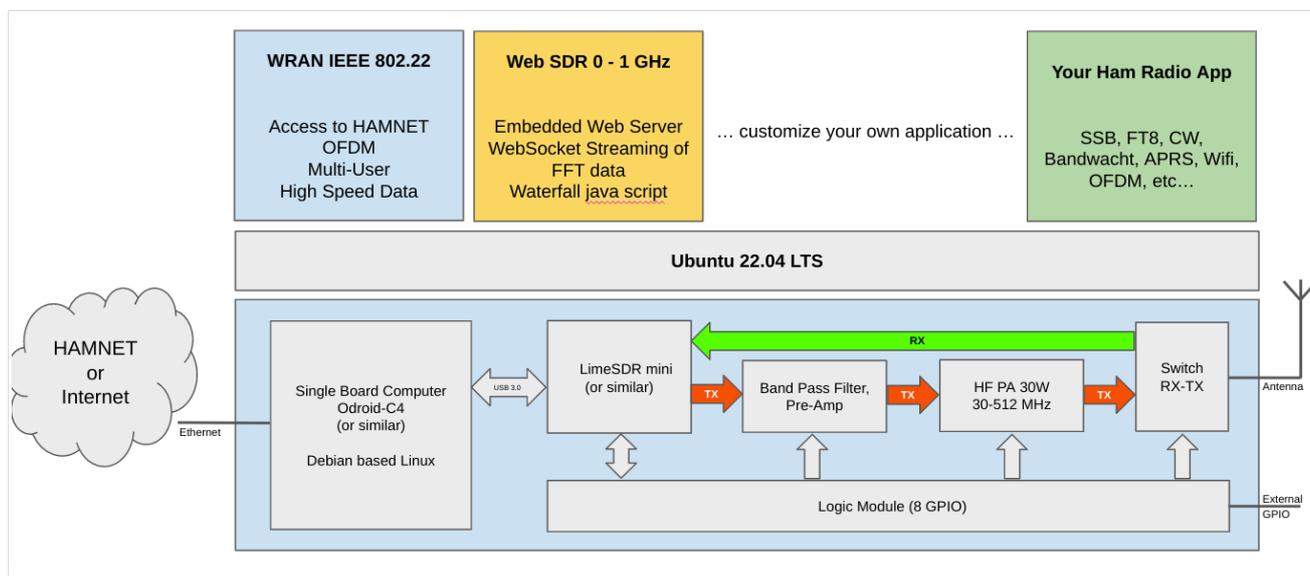
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol , in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

3.2 Texte formatieren

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	108
2 Förderung durch ARDC	108
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	108
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	109
4.1 Zeitmultiplex	110
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	110
4.3 Codemultiplex (CDMA)	110
4.4 Steuerung durch die Basisstation	111

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

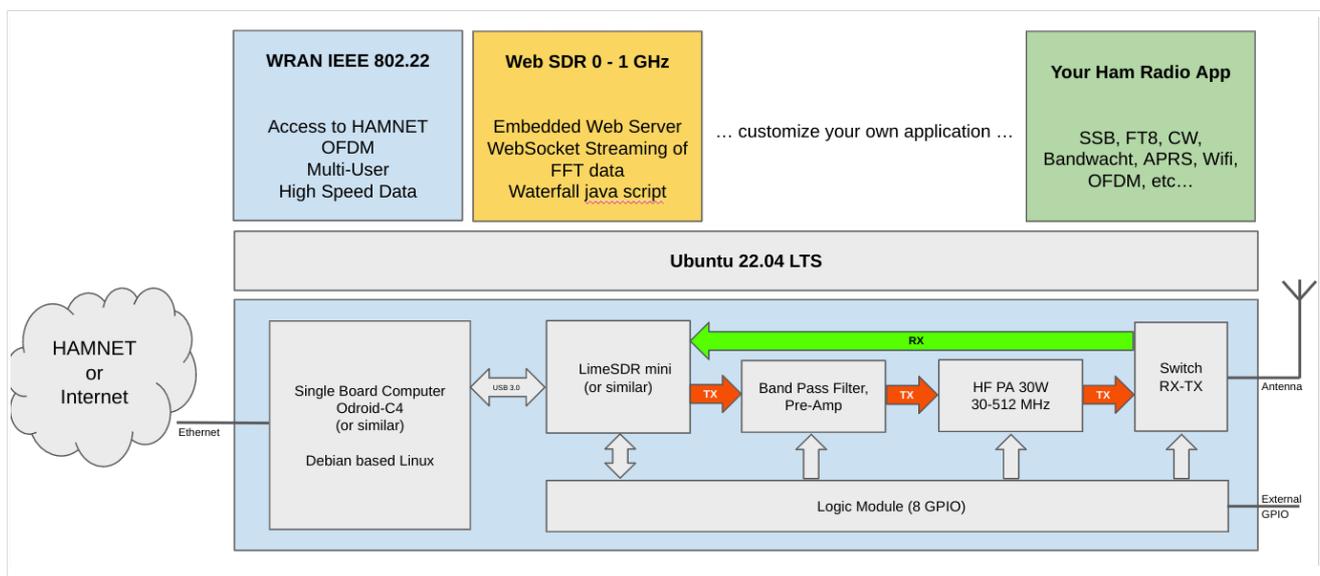
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

3.3 Links einfügen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: [Visuelle Bearbeitung](#)

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	117
2 Förderung durch ARDC	117
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	117
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	118
4.1 Zeitmultiplex	119
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	119
4.3 Codemultiplex (CDMA)	119
4.4 Steuerung durch die Basisstation	120

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

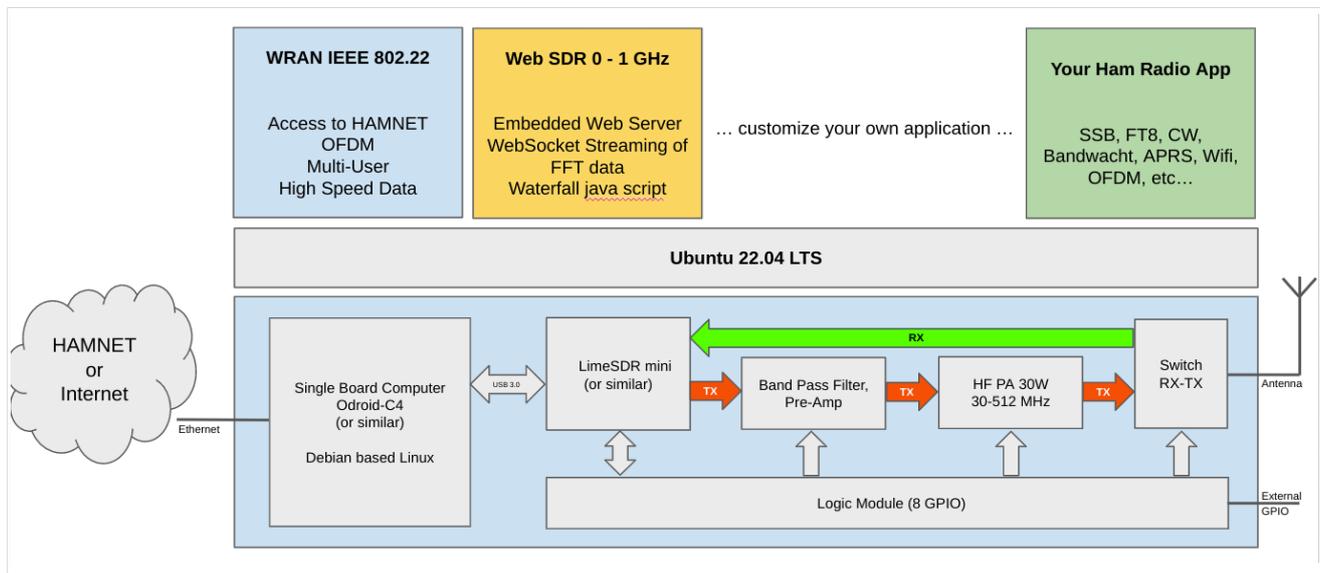
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

3.4 Bilder und Dateien einfügen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	126
2 Förderung durch ARDC	126
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	126
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	127
4.1 Zeitmultiplex	128
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	128
4.3 Codemultiplex (CDMA)	128
4.4 Steuerung durch die Basisstation	129

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

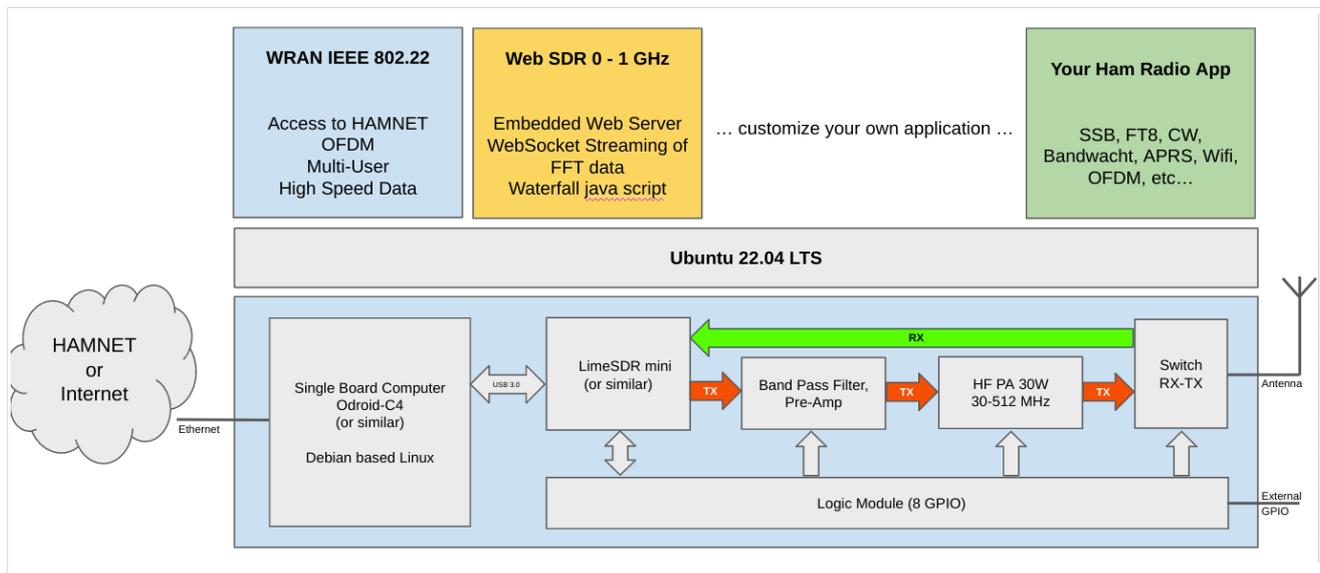
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol , in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shack oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

3.5 Kategorien zuordnen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	135
2 Förderung durch ARDC	135
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	135
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	136
4.1 Zeitmultiplex	137
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	137
4.3 Codemultiplex (CDMA)	137
4.4 Steuerung durch die Basisstation	138

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

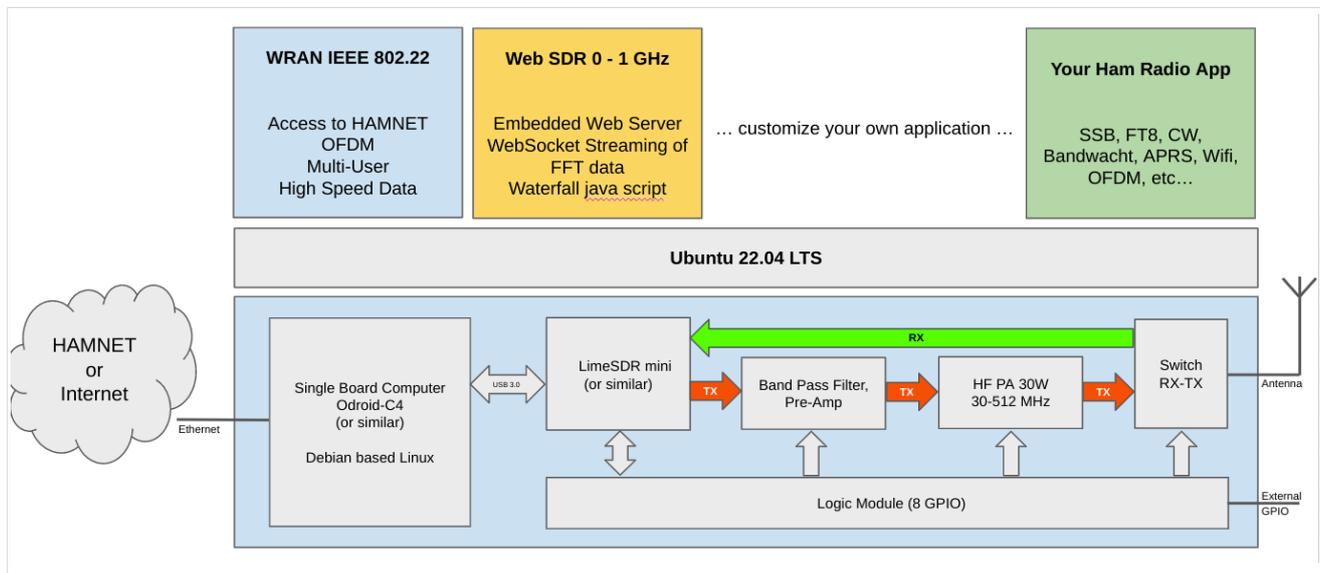
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

3.6 Unterseiten im Wiki

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: [Visuelle Bearbeitung](#)

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	144
2 Förderung durch ARDC	144
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	144
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	145
4.1 Zeitmultiplex	146
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	146
4.3 Codemultiplex (CDMA)	146
4.4 Steuerung durch die Basisstation	147

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

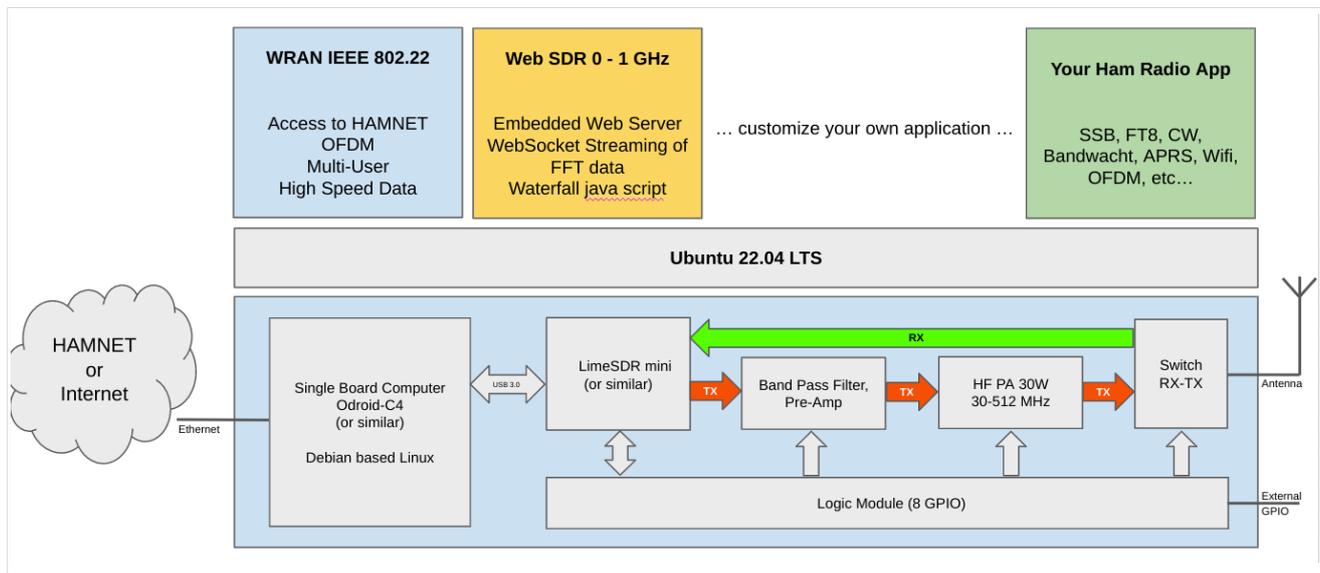
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol , in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

3.7 Vorlagen nutzen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 21. Dezember 2022, 13:17 Uhr **Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr** ([Quelltext anzeigen](#))

[OE1VCC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K

Markierung: 2017-Quelltext-Bearbeitung

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

(3 dazwischenliegende Versionen von 3 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 1:

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 5:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, OE9RWV gestalteten HF Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 14:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

– [Project Homepage:](#)

[OE9LTX](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Improve WRAN project:)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zeile 1:

+ `<bs:bookshelf src="Buch:Wiki-Benutzerhandbuch" />`

== Überblick ==

[[Datei:unnamed.png|alternativtext=|mini]]

Zeile 6:

Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [\[https://www.grz.com/db/OE9RWV\]](https://www.grz.com/db/OE9RWV) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

== Förderung durch ARDC ==

Zeile 15:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

+ `== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV ==`

– <https://rpx-100.net/>

== OpenSDR - Transceiver Kit - Made by
ÖVSV ==

~~Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
OE7AAI und Rainer, OE9RIR mit dem Einsatz
von Transceivern im remote Betrieb am Berg
sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100
wurde nun in Hardware Module strukturiert,
die jedes für sich von Funkamateuren auch in
eigenen Projekten eingesetzt werden können
und höchsten Qualitätsansprüchen genügen~~

Das Projektteam hat sich am 6. August in den
Räumen des Landesverbandes Tirol, in
Innsbruck, getroffen, um die
Weiterentwicklung des Prototypen zu planen.
Hier haben die Erfahrungen von Manfred,
[<https://www.qrz.com/db/OE7AAI>] und
Rainer, [<https://www.qrz.com/db/OE9RIR>]
mit dem Einsatz von Transceivern im
remote Betrieb am Berg sehr geholfen. Das
Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in
Hardware Module strukturiert, die jedes für
sich von Funkamateuren auch in eigenen
Projekten eingesetzt werden können und
höchsten Qualitätsansprüchen genügen
sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau,
und der Entwicklung eines Power Supply, dass
EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit
12V auskommt, da diese Spannung in jedem
Shak oder auch an einer Relaisstation am
Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein
Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz,
bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini
angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder
Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der
Projektcode installiert werden kann. Der
Projektcode besteht im Backend aus einem
C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf
einem Frontend auf Angular-Basis.

~~sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.~~

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

[[Datei:Block Diagramm.png|alternativtext=|zentriert|mini|942x942px]]

Zeile 25:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns eine Sondergenehmigung erteilt. Die – grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeile 26:

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest + zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 48:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

=== Zeitmultiplex ===

Zeile 49:

=== Steuerung durch die Basisstation ===
Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).

+ [[Category:WRAN]]

Aktuelle Version vom 22. Oktober 2023, 16:00 Uhr

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	153
2 Förderung durch ARDC	153
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	153
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	154
4.1 Zeitmultiplex	155
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	155
4.3 Codemultiplex (CDMA)	155
4.4 Steuerung durch die Basisstation	156

Überblick

Das Projekt wurde von Michael, OE1MCU ins Leben gerufen, um den Zugang zum HAMNET einer großen Gruppe von Funkamateuren zu ermöglichen, auch wenn keine Sichtverbindung zum nächsten HAMNET Knoten besteht. Dazu soll vom ÖVSV ein neues Übertragungsverfahren und die nötige Hardware und Software entwickelt werden - ein sogenanntes "Super Wifi", bei dem ein Accesspoint einen Bereich von 20-30km abdecken kann. Das zugehörige Übertragungsverfahren folgt einem WLAN ähnlichen Standard - IEEE 802.22 und ist für Wireless Regional Area Networks (WRAN) definiert worden. Als Modulationsverfahren wird, so wie im Mobilfunk, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) verwendet.



Das Projektteam ist seit Beginn der Initiative in 2020 mittlerweile auf 5 OMs, die aktiv am Projekt mitarbeiten, gewachsen und hat im April 2022 eine Förderung von 62.775,- Euro von der in den USA ansässigen Amateur Radio Digital Communications (ARDC) erhalten.

Das Budget wird nun zur Entwicklung der Hardware und Software eingesetzt, die in Form eines Transceiver Kits realisiert wird und RPX-100 heißt. Es besteht aus einem Software Defined Radio Modul - dem LimeSDR, einem Class A HF Verstärker, Software steuerbarer Filter und einem EMI Class B konformen Power Supply. Die Module des Kits werden in einem eigens von Rupert, [OE9RWV](#) gestalteten HF-Gehäuse zusammengefasst.

Förderung durch ARDC

Das WRAN Projekt des ÖVSV hat reges Interesse weltweit erweckt, und ist hier für die Community der Funkamateure beschrieben:

ARDC Förderung:

<https://www.ampr.org/apply/grants/2022-grants/grant-wireless-regional-area-network-in-sub-ghz-bands-as-last-mile-for-hamnet/>

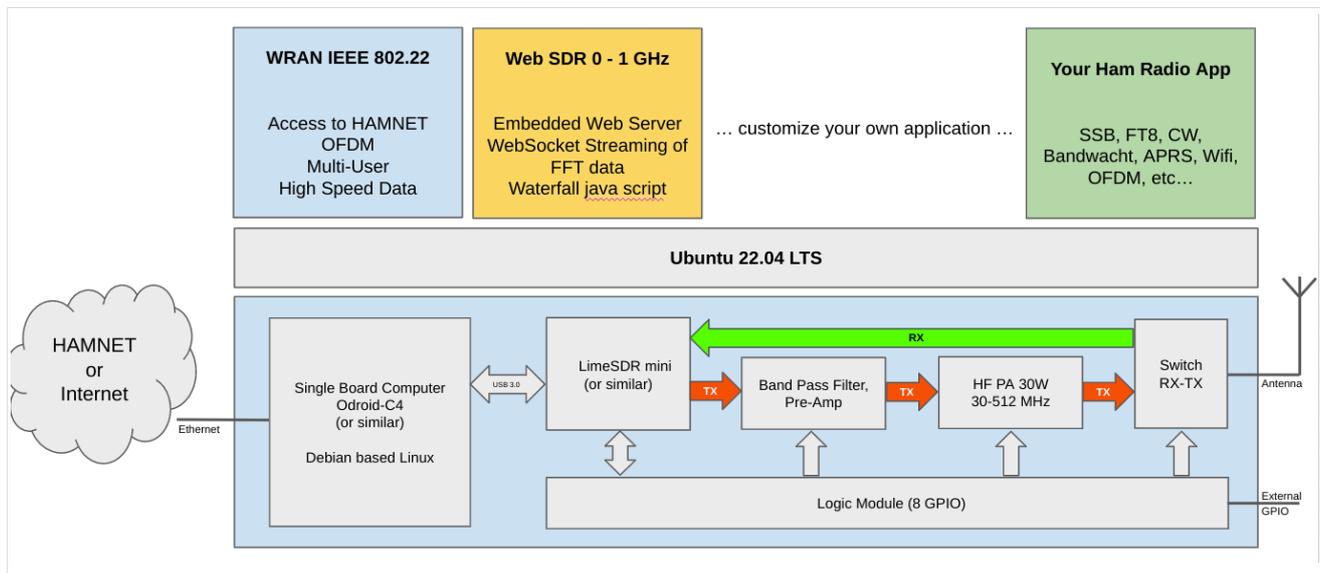
OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV

Das Projektteam hat sich am 6. August in den Räumen des Landesverbandes Tirol, in Innsbruck, getroffen, um die Weiterentwicklung des Prototypen zu planen. Hier haben die Erfahrungen von Manfred, [OE7AAI](#) und Rainer, [OE9RIR](#) mit dem Einsatz von Transceivern im remote Betrieb am

Berg sehr geholfen. Das Transceiver Kit RPX-100 wurde nun in Hardware Module strukturiert, die jedes für sich von Funkamateuren auch in eigenen Projekten eingesetzt werden können und höchsten Qualitätsansprüchen genügen sollen. Hier geht es um HF dichten Aufbau, und der Entwicklung eines Power Supply, dass EMI Class B Konform ist, und am Eingang mit 12V auskommt, da diese Spannung in jedem Shak oder auch an einer Relaisstation am Berg vorhanden ist.

Als Basis für das Linux-System kommt ein Odroid-C4 oder ein Raspberry PI zum Einsatz, bei dem am USB-Port ein LimeSDR Mini angeschlossen ist.

Als Betriebssystem kommt ein Debian oder Ubuntu Linux zum Einsatz, auf dem der Projektcode installiert werden kann. Der Projektcode besteht im Backend aus einem C++-Code auf Basis von liquid-dsp und auf einem Frontend auf Angular-Basis.



IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren

Mit 802.22 "Wireless Regional Area Network" (WRAN) hat die IEEE vor gut zehn Jahren einen Standard für IP-basierte Funk-Zugangsnetze vorgelegt. Dieser ist für regionale (typisch bis 30 km), breitbandige (einige bis zig Megabit pro Sekunde) Zugänge innerhalb lokal ungenutzter Fernseh-Rundfunk-Kanäle, dem sogenannten "TV White Space" bzw. der "Digitalen Dividende", zwischen ca. 50 und 800 MHz mit 6-8 MHz Bandbreite gedacht. Eine oder mehrere Basisstationen (BS) können dabei im selben Frequenzbereich arbeiten. Sie steuern die Übertragung der Endgeräte (Customer Premises Equipment, CPE), koordinieren sich untereinander, und lassen wo nötig auch noch Zeit und Spektrum für andere Funkdienste frei. Letztere Funktion wird im Standard mit "Cognitive Radio" bezeichnet und wird in einem zukünftigen QSP-Artikel erläutert.

Für das WRAN-Projekt des ÖVSV haben wir eine amateurfunktaugliche Variante von 802.22 abgeleitet, die aktuell für das 50 MHz-/6 m-Band und eine Bandbreite von nur 2 MHz entwickelt wird. Für den Testbetrieb wurde uns erst eine Sondergenehmigung erteilt und der Frequenzbereich inzwischen fest zugeordnet. Die grundsätzliche Struktur der Aussendungen, Signalisierung usw. wollen wir übernehmen -- und daher werfen wir jetzt einen Blick darauf. Die Form des fest getakteten "Frames" (Rahmen) ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Die x-Achse stellt die Zeit dar, die y-Achse die Frequenz (Unterkanäle).

Zeitmultiplex

Bei WRAN arbeiten alle Stationen einer Zelle im selben Frequenzbereich. Als erstes strukturierendes Prinzip kommt Zeitmultiplex zum Einsatz. Die Basisstation übernimmt die Steuerung, wie die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche aufgeteilt wird: Alle 10 Millisekunden beginnt ein neuer Frame, in welchem zuerst die BS sendet (Übertragung zu den CPEs). Danach senden die angesprochenen CPEs gleichzeitig (!) retour -- dieses Verfahren erklären wir im nächsten Abschnitt. Am Ende des Frames ist Zeit für die gegenseitige Erkennung von benachbarten Zellen zwecks Koexistenz, das Aussenden der Stationskennung (Hardware-Adresse) sowie weitere Zeitpuffer vorgesehen.

Aus dem Aufbau des Frames ergibt sich auch eine Anforderung an die Funk-Hardware: Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb muss in einem Zeitfenster von rund 200 Mikrosekunden erfolgen. Die umgekehrte Richtung ist wegen Zeitpuffern weniger kritisch.

Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)

WRAN nutzt den gesamten verfügbaren Frequenzbereich gleichzeitig, indem dieser in Unterträger (Subcarriers) aufgeteilt wird, welche zu Unterkanälen (Subchannels) zusammengefasst sind. Benachbarte Unterträger haben immer denselben Frequenzabstand, proportional zum Kehrwert der angestrebten Symbolrate. Durch diese Konstruktion sind sie orthogonal und beeinflussen einander bei der Demodulation nicht gegenseitig.

Die Unterträger sind ihrerseits moduliert, und zwar angepasst an den aktuellen Signal-Rausch-Abstand: Ist dieser niedrig ("schlechter Empfang") bzw. werden wichtige Teile des Frames wie Präambeln ausgesendet, wird mit BPSK eine sehr robuste Modulation gewählt. Ist das SNR höher, kann bis zu 64-stufige Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) oder noch effizientere Trellis-Codierung verwendet werden. Die Symbolrate der Modulation ergibt sich aus dem Abstand der Unterträger, siehe oben.

Zur Messung des SNR und zur Synchronisierung der Stationen werden regelmäßig Pilot-Unterträger über das ganze genutzte Band hinweg ausgesendet. Damit können die Aussendungen feingranular an die frequenzspezifischen Ausbreitungsbedingungen angepasst werden (Equalization). Daneben müssen die einzelnen OFDM-Slots (Unterkanal-Symbolzeit-Flächen) robust gegen Mehrwegeausbreitung gemacht werden, z.B. mittels zyklischer Präfixe, und weitere Fehlerkorrektur sowie wiederholte Aussendung bei Übertragungsfehlern (ARQ) vorgesehen werden.

Für den ersten Abschnitt des Frames (downstream) sendet die BS über alle Unterkanäle zu den CPEs sequenziell, um in möglichst kurzer Zeit die Information an die CPEs zu übertragen. Im zweiten Abschnitt (upstream) senden die CPEs gleichzeitig, teilen sich aber die verfügbaren Unterkanäle überlappungsfrei auf, damit die Laufzeit im Rückkanal niedrig gehalten wird und die erlaubte Sendeenergie möglichst konzentriert eingesetzt werden kann. So wird die verfügbare Zeit-Spektrum-Fläche effizient ausgenutzt.

Codemultiplex (CDMA)

Noch eine dritte Modulationsart wird bei WRAN verwendet: Im Bereich der obersten Subchannels im zweiten Frame-Abschnitt ist Spektrumszeit reserviert, damit CPEs Signalisierungsinformation wie Bandbreitenanforderungen an die BS schicken können, Abstandsmessungen zur Anpassung

von Timing und Sendeleistung (Ranging) durchgeführt sowie etwaige andere Spektrumsnutzung im Raum um ein CPE gemeldet werden können. Durch den verwendeten Codemultiplex können hier mehrere CPEs gleichzeitig und im selben Frequenzbereich senden. Das CPE moduliert seine Aussendungen dafür mit einer zufällig aus einer vorgegebenen Menge ausgewählten "Chip"-Folge, die untereinander wiederum orthogonal sind.

An der Basisstation sind die Chip-Folgen bekannt. Damit können aus dem empfangenen Gesamtsignal die einzelnen Anfragen mit hoher Wahrscheinlichkeit getrennt demoduliert und dann bearbeitet werden.

Steuerung durch die Basisstation

Das Zusammenspiel der vielen unterschiedlichen Teile wird durch die Basisstation koordiniert. Die Präambel am Framebeginn dient der Synchronisierung und Kanalschätzung. Frame-Steuerdaten (FCH) kodifizieren die Länge der folgenden "Maps" (Zuordnungen) von Funkressourcen. Diese Maps geben vor, welche Abschnitte der BS-Aussendung downstream an welche CPEs gehen sollen (DS-MAP), welche Abschnitte später im Frame upstream von welchem CPE genutzt werden dürfen (US-MAP), sowie die Modulations- und Leistungsparameter dazu (DCD und UCD).