



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	9
1.2 Regeln im Umgang miteinander	14
1.3 Datenschutz ist wichtig	19
1.4 Tipps für einen guten Artikel	24
2 Die Hilfe im Überblick	29
2.1 Navigation im Wiki	34
2.2 Visueller Editor und Quellcode	39
2.3 Responsive Design	44
3 Seiten erstellen und bearbeiten	49
3.1 Seitenlayout	54
3.2 Texte formatieren	59
3.3 Links einfügen	64
3.4 Bilder und Dateien einfügen	69
3.5 Kategorien zuordnen	74
3.6 Unterseiten im Wiki	79
3.7 Vorlagen nutzen	84

1 Mitmachen im Wiki

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	5
2 Förderung durch ARDC	5
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	5
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	6
4.1 Zeitmultiplex	7
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	7
4.3 Codemultiplex (CDMA)	7
4.4 Steuerung durch die Basisstation	8

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/>

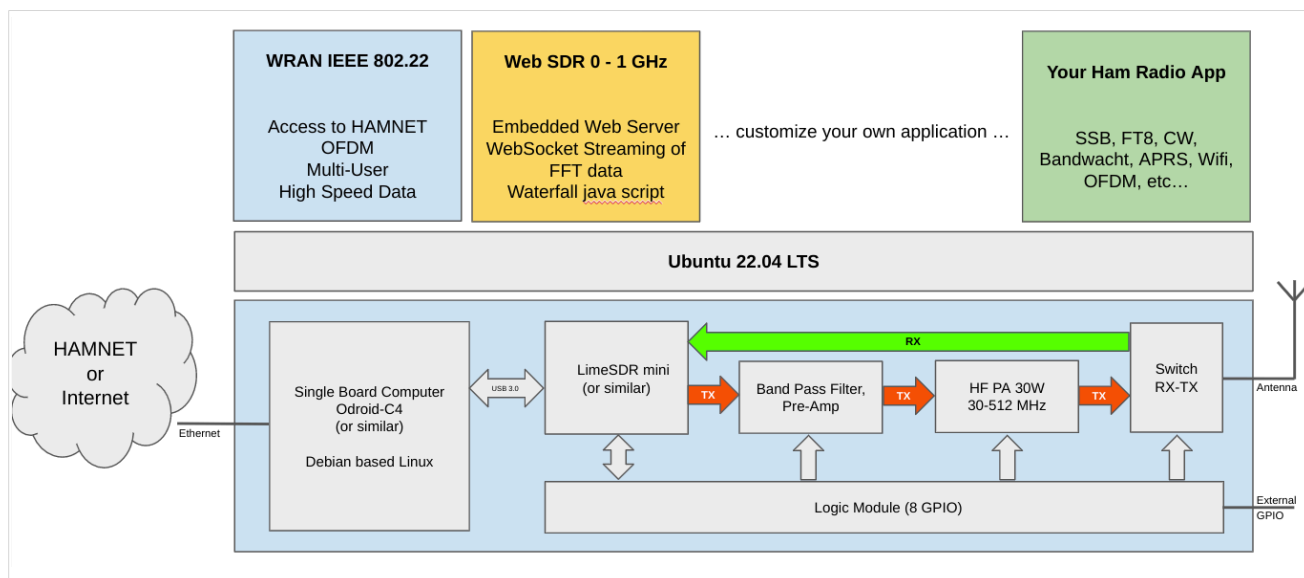
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	10
2 Förderung durch ARDC	10
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	10
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	11
4.1 Zeitmultiplex	12
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	12
4.3 Codemultiplex (CDMA)	12
4.4 Steuerung durch die Basisstation	13

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/>

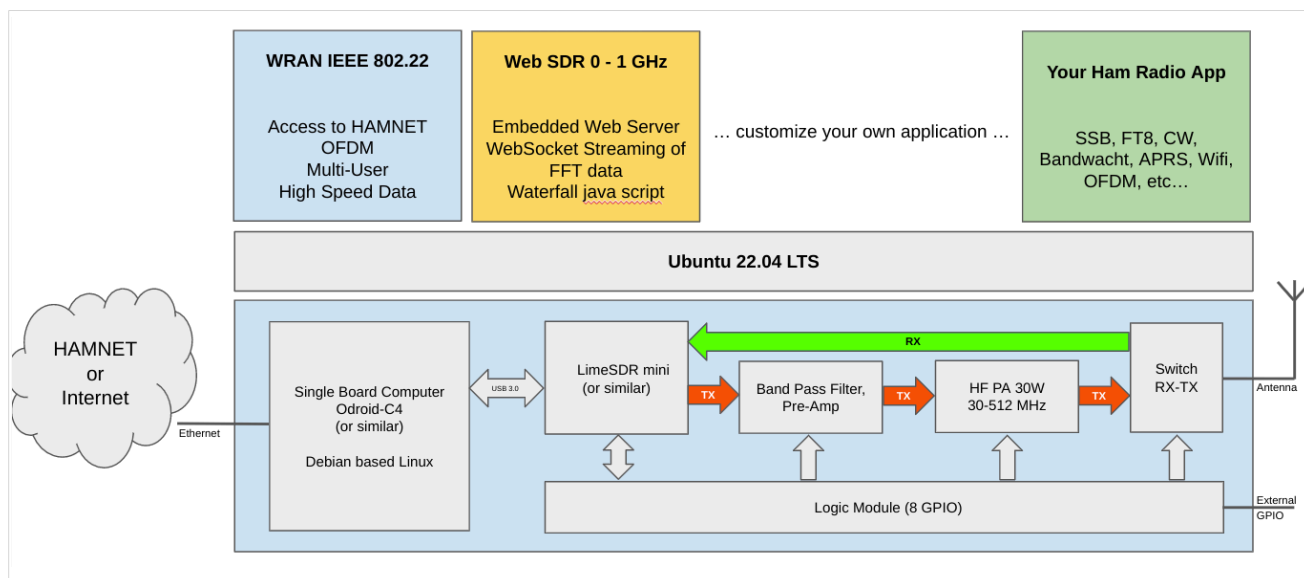
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	15
2 Förderung durch ARDC	15
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	15
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	16
4.1 Zeitmultiplex	17
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	17
4.3 Codemultiplex (CDMA)	17
4.4 Steuerung durch die Basisstation	18

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/>

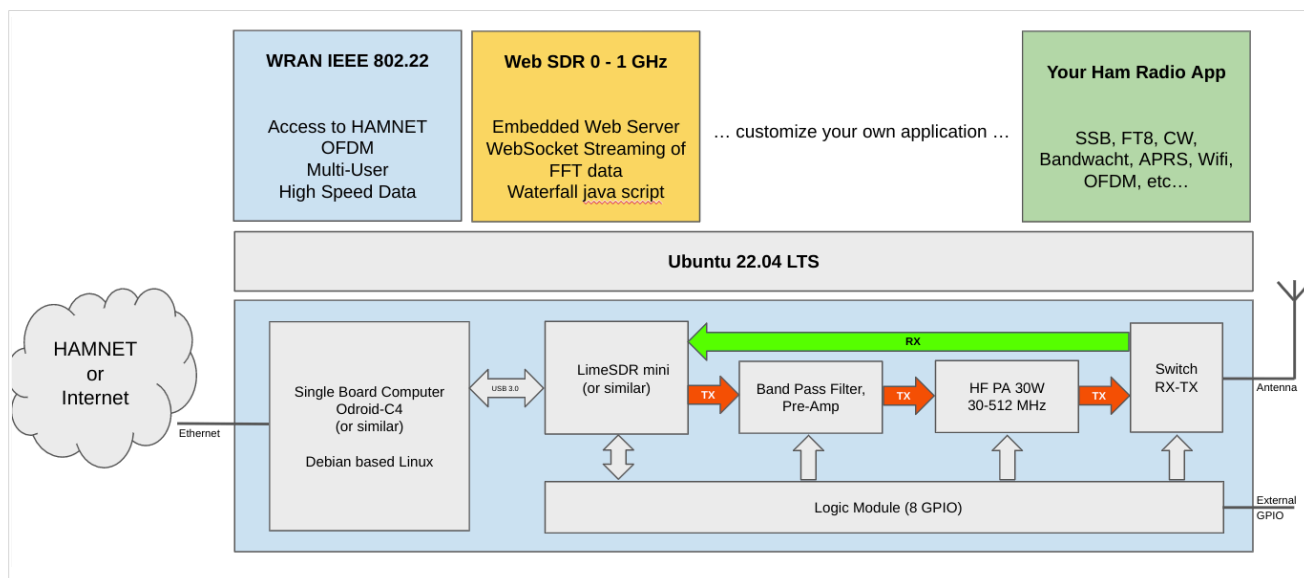
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	20
2 Förderung durch ARDC	20
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	20
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	21
4.1 Zeitmultiplex	22
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	22
4.3 Codemultiplex (CDMA)	22
4.4 Steuerung durch die Basisstation	23

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/>

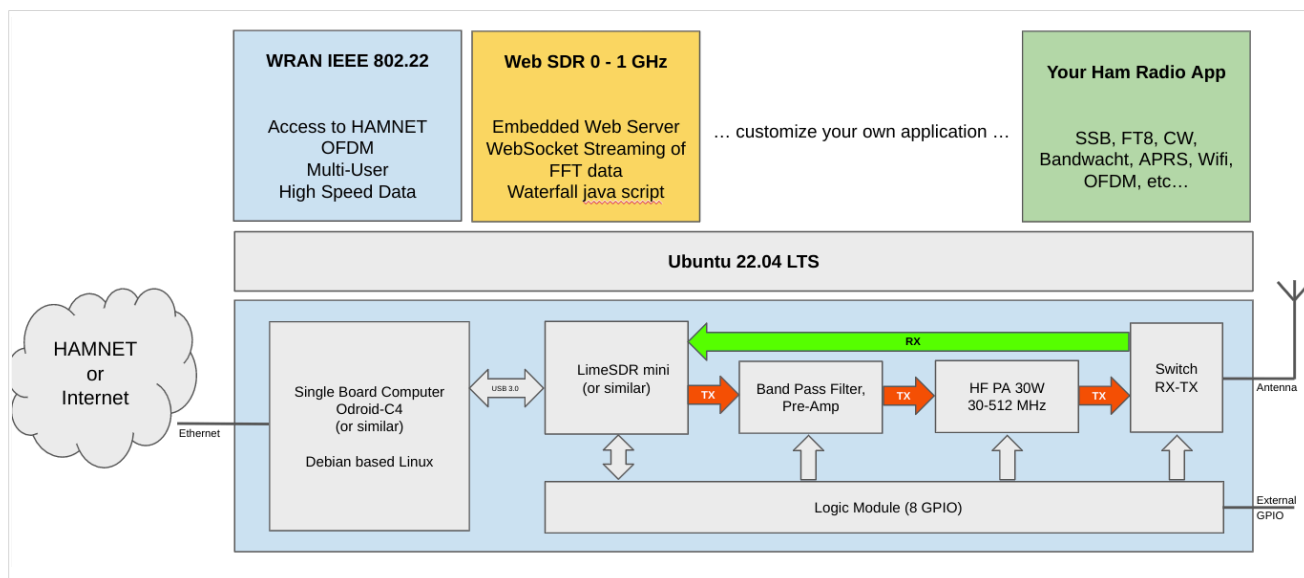
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	25
2 Förderung durch ARDC	25
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	25
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	26
4.1 Zeitmultiplex	27
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	27
4.3 Codemultiplex (CDMA)	27
4.4 Steuerung durch die Basisstation	28

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/>

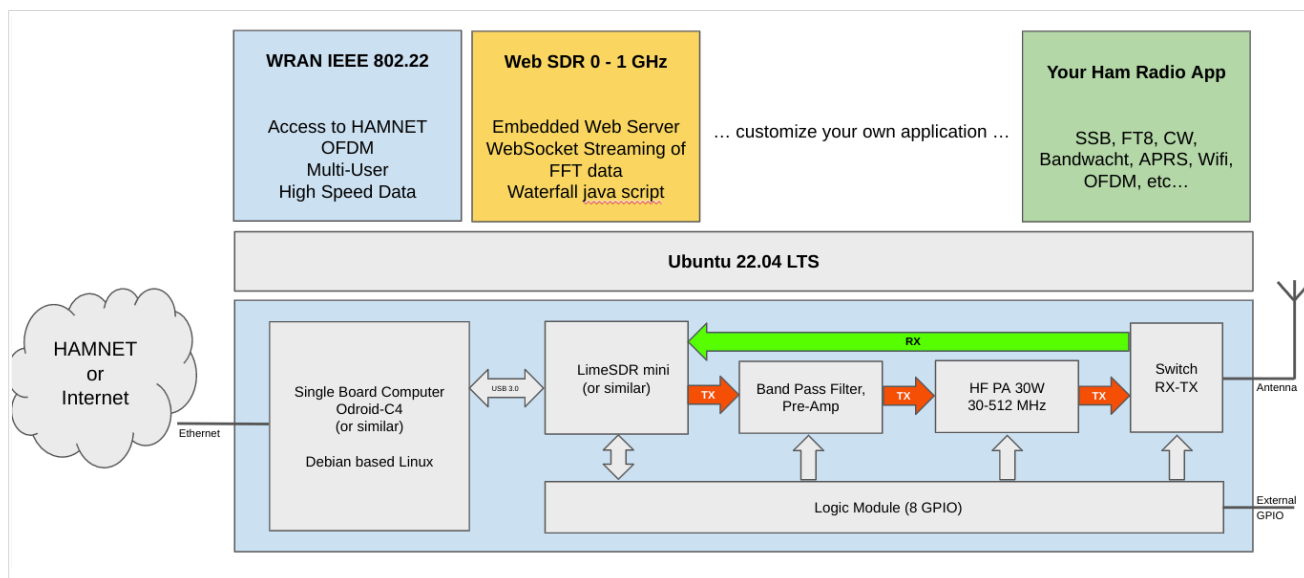
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	30
2 Förderung durch ARDC	30
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	30
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	31
4.1 Zeitmultiplex	32
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	32
4.3 Codemultiplex (CDMA)	32
4.4 Steuerung durch die Basisstation	33

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/>

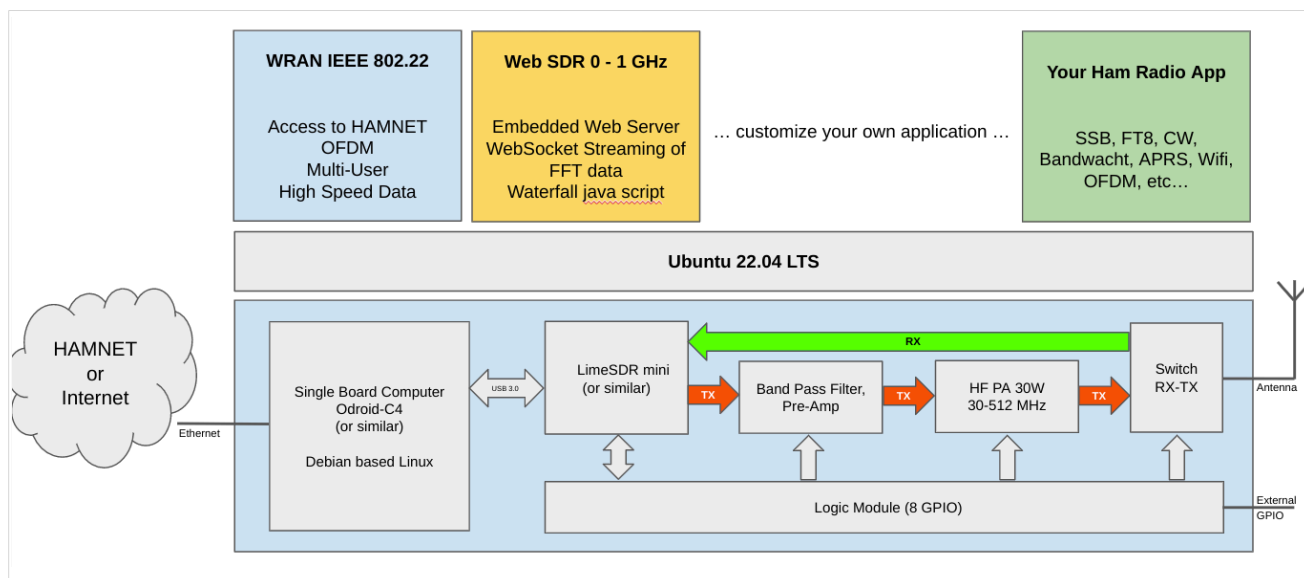
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	35
2 Förderung durch ARDC	35
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	35
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	36
4.1 Zeitmultiplex	37
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	37
4.3 Codemultiplex (CDMA)	37
4.4 Steuerung durch die Basisstation	38

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/>

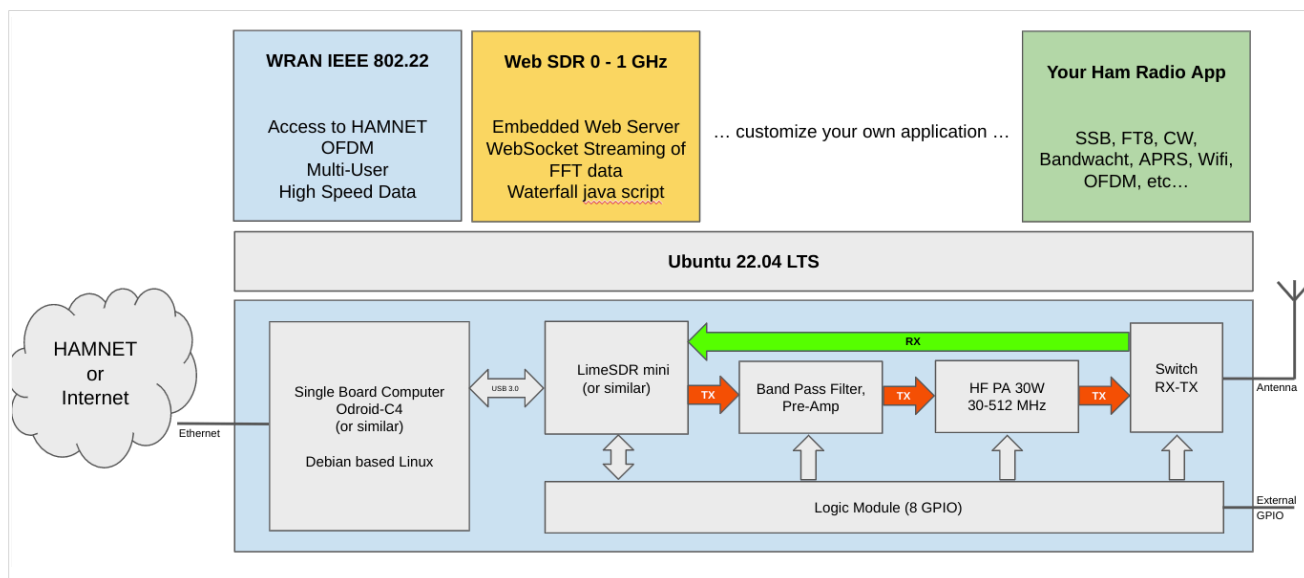
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	40
2 Förderung durch ARDC	40
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	40
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	41
4.1 Zeitmultiplex	42
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	42
4.3 Codemultiplex (CDMA)	42
4.4 Steuerung durch die Basisstation	43

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/>

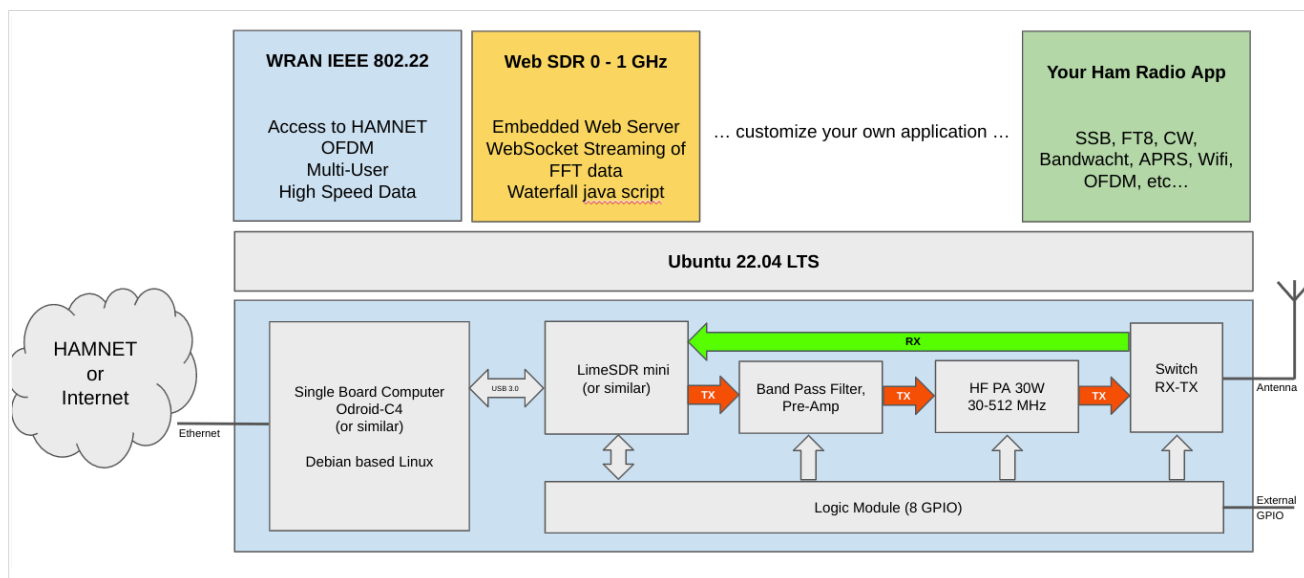
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

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/>

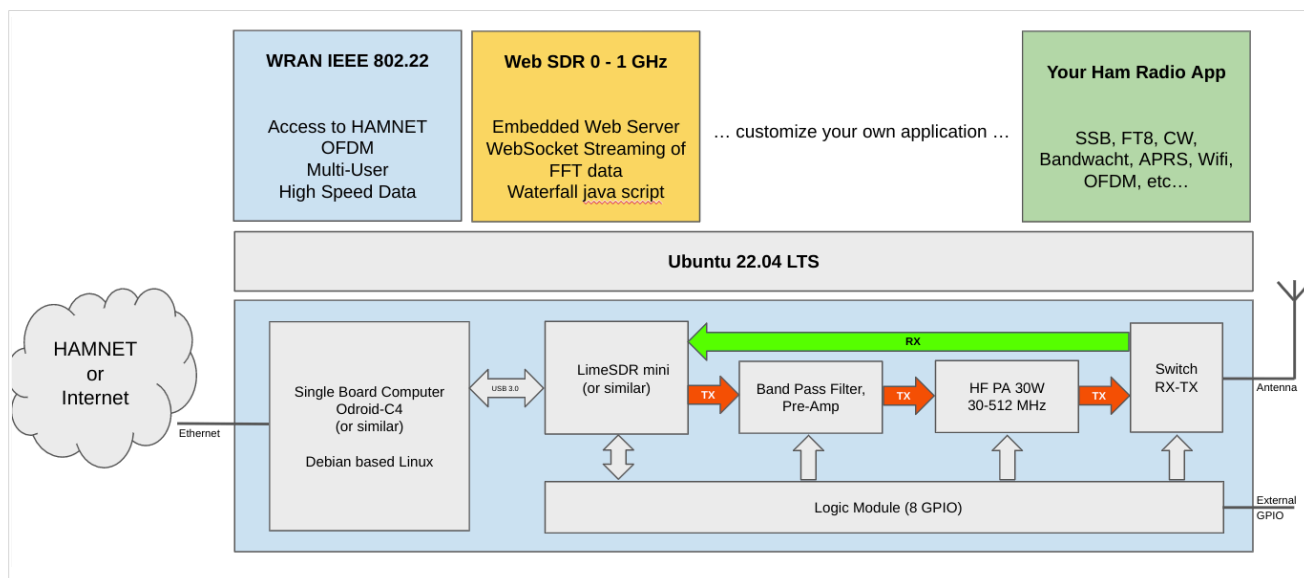
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	50
2 Förderung durch ARDC	50
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	50
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	51
4.1 Zeitmultiplex	52
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	52
4.3 Codemultiplex (CDMA)	52
4.4 Steuerung durch die Basisstation	53

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/>

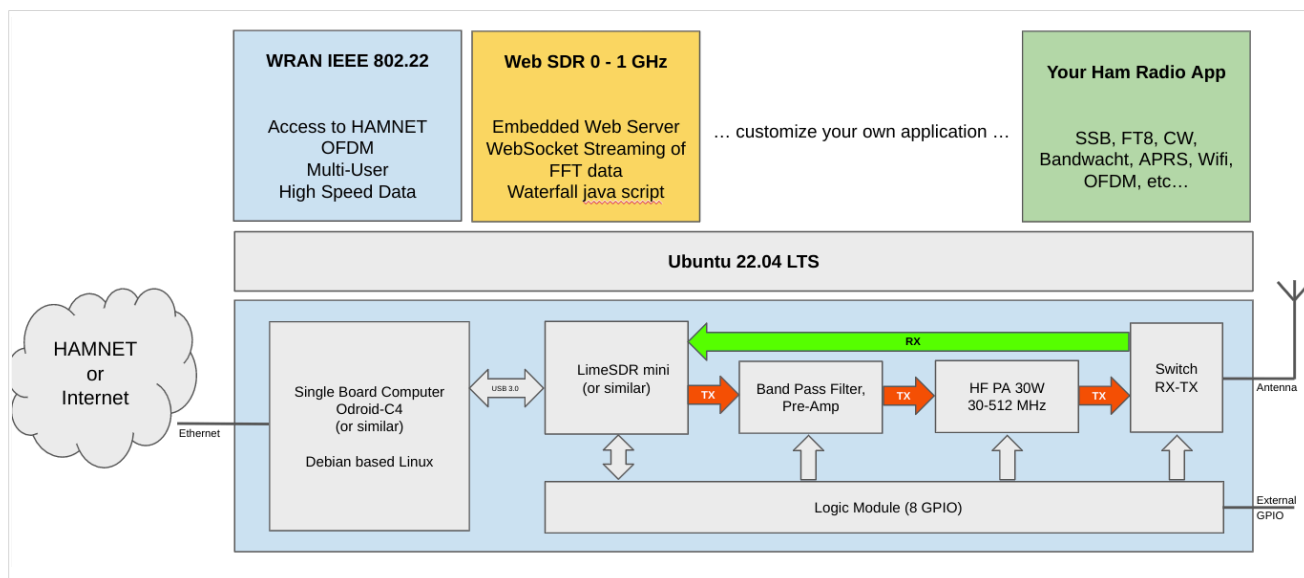
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	55
2 Förderung durch ARDC	55
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	55
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	56
4.1 Zeitmultiplex	57
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	57
4.3 Codemultiplex (CDMA)	57
4.4 Steuerung durch die Basisstation	58

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/>

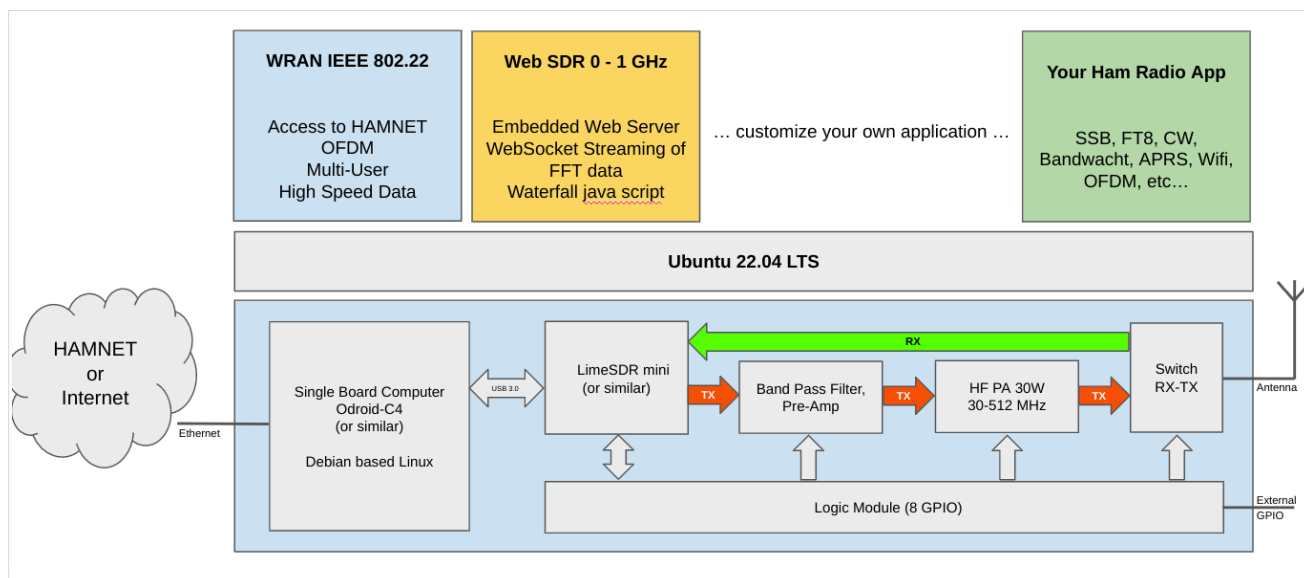
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	60
2 Förderung durch ARDC	60
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	60
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	61
4.1 Zeitmultiplex	62
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	62
4.3 Codemultiplex (CDMA)	62
4.4 Steuerung durch die Basisstation	63

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/>

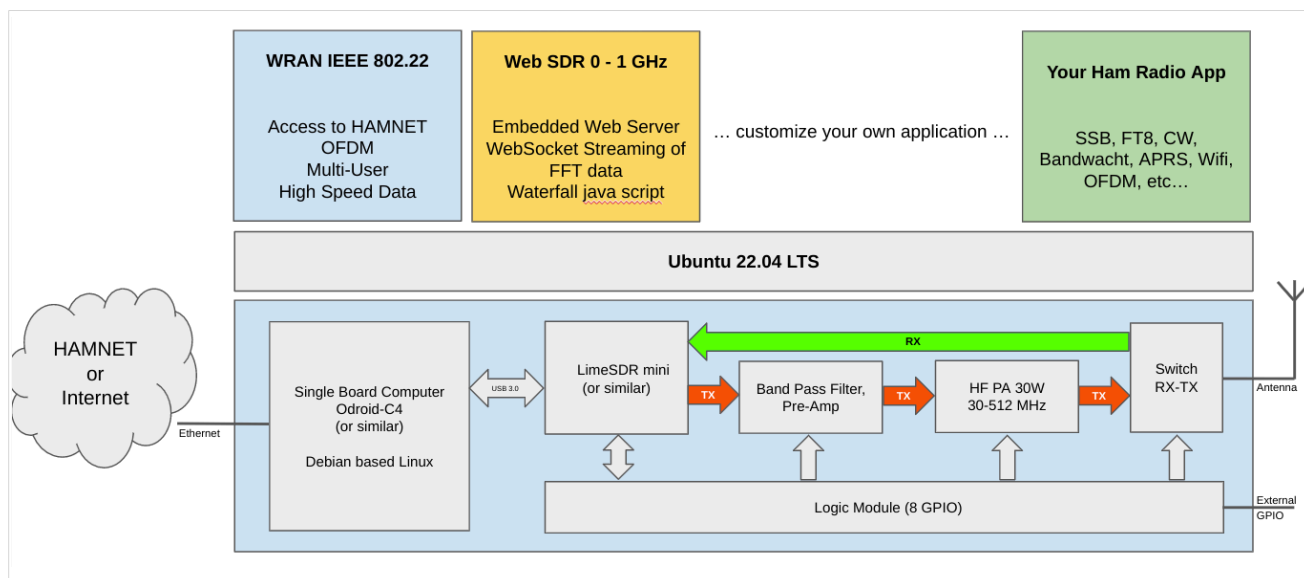
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	65
2 Förderung durch ARDC	65
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	65
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	66
4.1 Zeitmultiplex	67
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	67
4.3 Codemultiplex (CDMA)	67
4.4 Steuerung durch die Basisstation	68

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/>

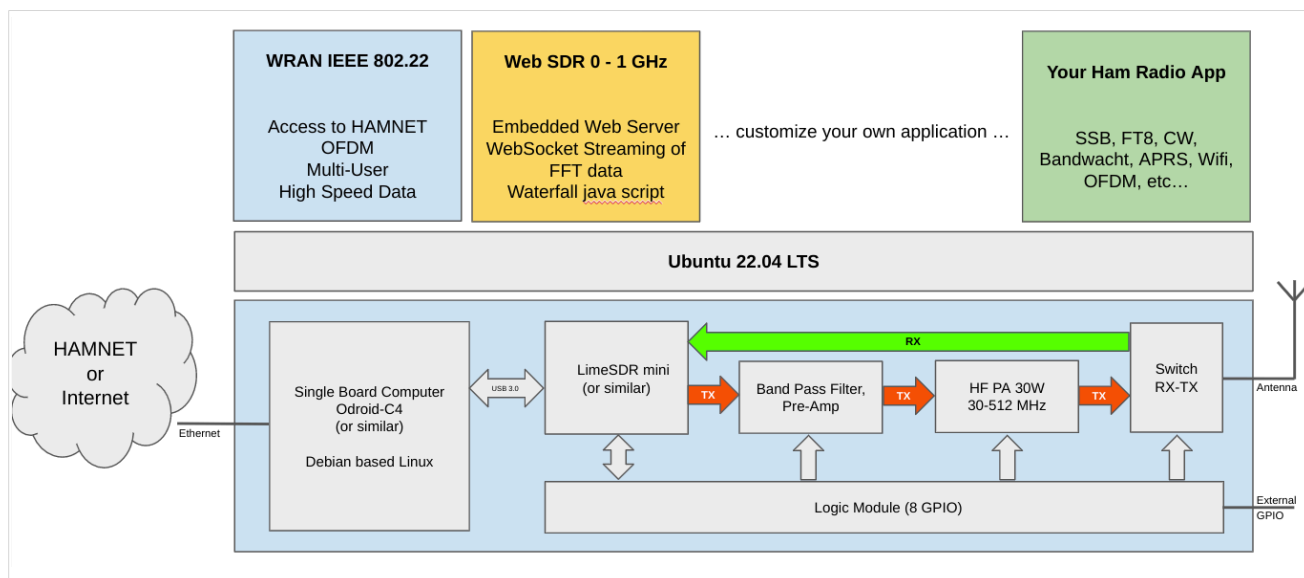
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	70
2 Förderung durch ARDC	70
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	70
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	71
4.1 Zeitmultiplex	72
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	72
4.3 Codemultiplex (CDMA)	72
4.4 Steuerung durch die Basisstation	73

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/>

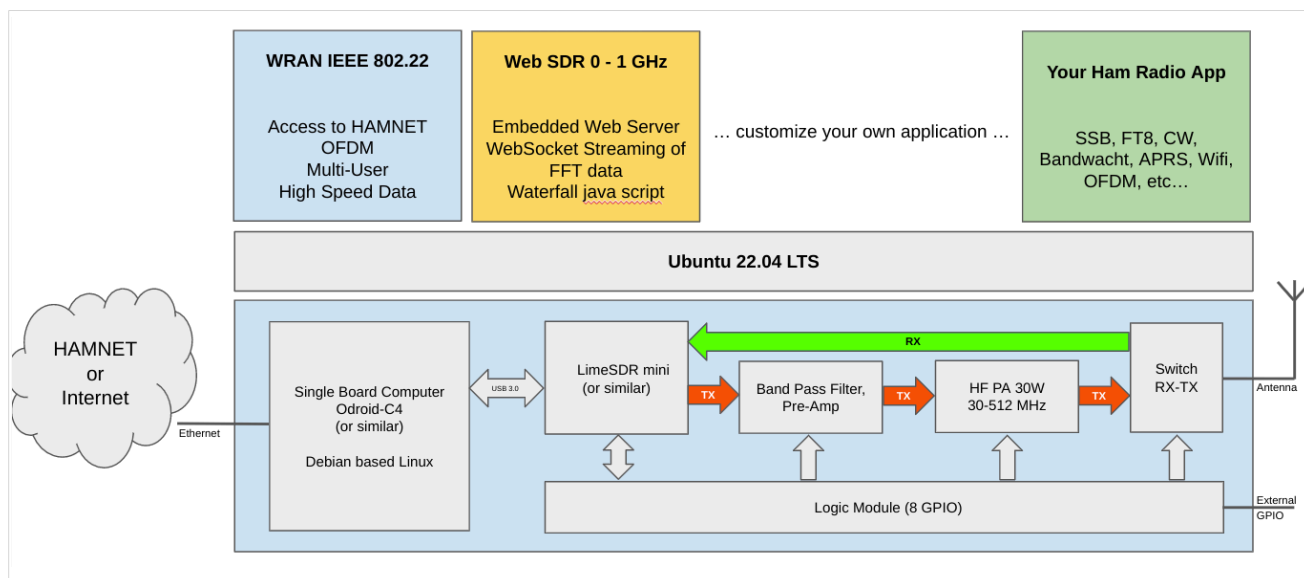
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	75
2 Förderung durch ARDC	75
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	75
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	76
4.1 Zeitmultiplex	77
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	77
4.3 Codemultiplex (CDMA)	77
4.4 Steuerung durch die Basisstation	78

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/>

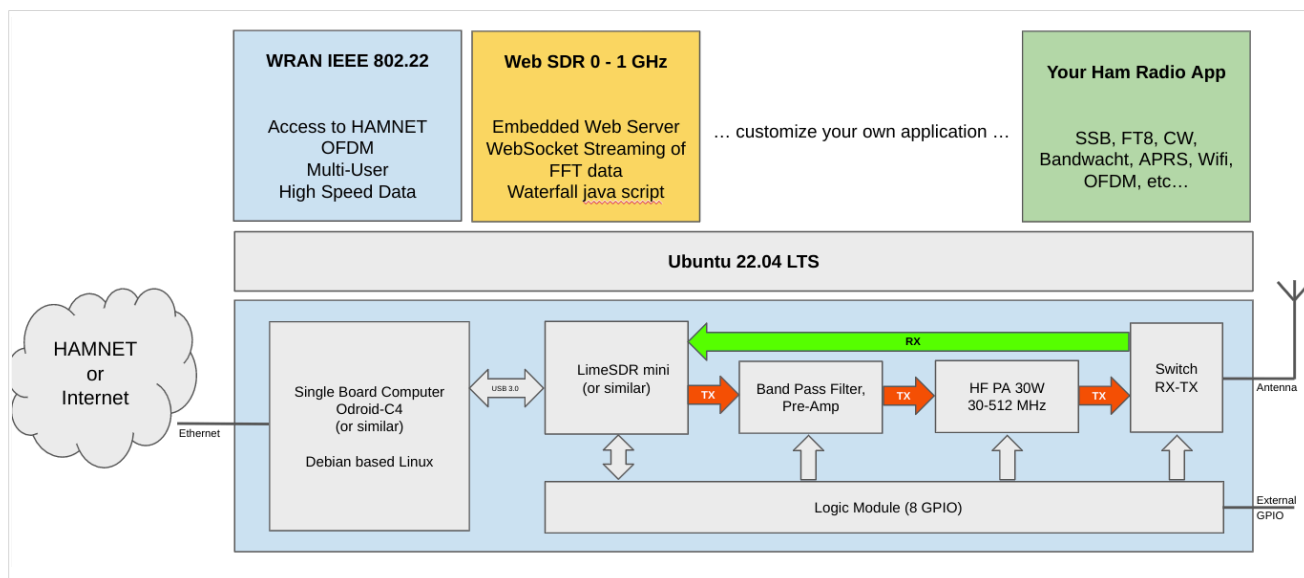
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	80
2 Förderung durch ARDC	80
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	80
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	81
4.1 Zeitmultiplex	82
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	82
4.3 Codemultiplex (CDMA)	82
4.4 Steuerung durch die Basisstation	83

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/>

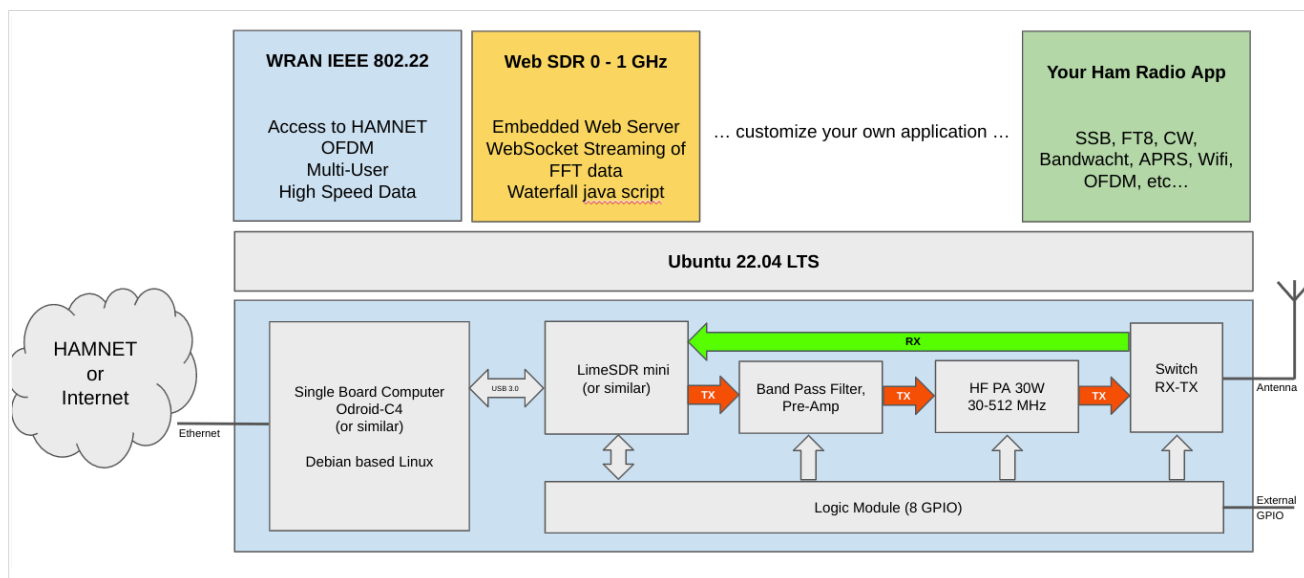
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	85
2 Förderung durch ARDC	85
3 OpenSDR - Transceiver Kit - Made by ÖVSV	85
4 IEEE 802.22 - Ein neues Übertragungsverfahren	86
4.1 Zeitmultiplex	87
4.2 Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)	87
4.3 Codemultiplex (CDMA)	87
4.4 Steuerung durch die Basisstation	88

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/>

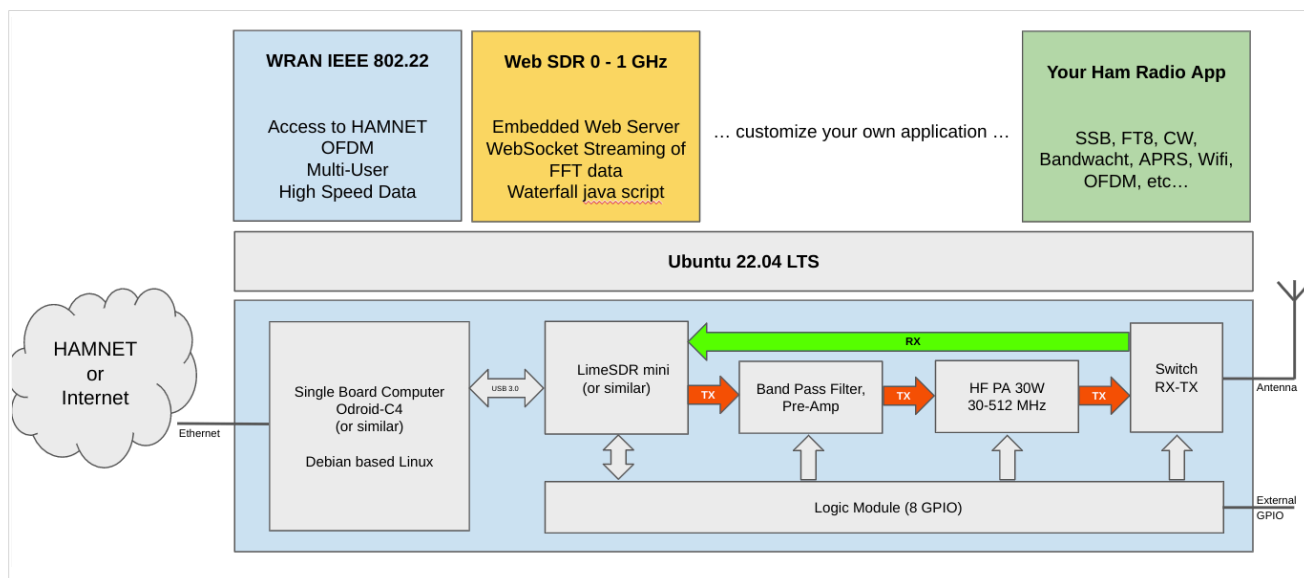
Project Homepage:

<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 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.



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 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).

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).