

Digitaler Sprechfunk

Block-Übertragungsverfahren

FCS (Block-Prüfsummen Zeichenfolge)

Digitale Daten und Sprache werden in Daten-Blöcken (Frames) übertragen.

Preamble	SFD	Ziel Mac-Adresse	Quelle Mac-Adresse	Ether-Type	(Payload) Nutzdaten	FCS Frame Check Sequence
Header				IP4 / 6	Sprache oder Daten	Prüfsumme

Frame Check Sequence bedeutet Block-Prüfsummen Zeichenfolge.

Ein Datenblock besteht aus einem Header, SFD (Start of Frame Delimiter), der Ziel-Adresse, der Quellen-Adresse, Ether-Type-ID, den Nutzdaten und einer Prüfsumme.

CRC-Verfahren (Prüfsummenverfahren)

Beim Prüfsummen-Verfahren (Cyclic Redundancy Check) werden die errechneten Prüfsummen von Sender und Empfänger auf ihre Übereinstimmung ausgewertet.

Durch CRC können Fehler bei der Übertragung, die durch Rauschen oder andere Störsignale entstehen ausgefiltert und teilweise korrigiert werden.

Der Sender errechnet eine Prüfsumme und fügt diese am Ende eines Datenblocks an. Der Empfänger errechnet aus den erhaltenen Daten-Blöcken eine Prüfsumme und vergleicht diese Prüfsumme mit der erhaltenen Prüfsumme. Sind die Prüfsummen nicht gleich, verwirft der Empfänger den Datenblock.

Der Zyklus für dieses Prüfverfahren ist meistens 16-Bit.

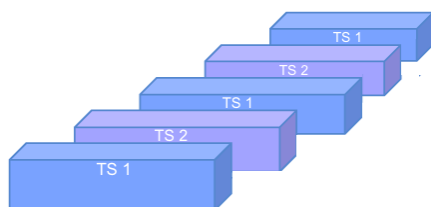
IRC Internet Relay Chat

Digitale Relais senden außer den FCS-Frames zusätzliche Relais-Daten. Dafür wird das IRC-Protokoll verwendet. IRC ist ein Text Chat-System mit organisierten Übertragungskanälen.

Digitalisierung der Modulation

Für die digitale Übertragung von Sprechfunk wird die vom Mikrophon empfangene analoge Frequenz durch eine Software (Vocoder) digitalisiert.

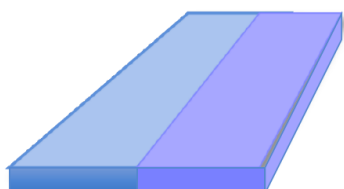
Bei der digitalen Übertragung von Sprach-Modulation wird immer eine Kompression der Sprache angewendet. Eine Kompression ist mit einem Verlust an Qualität verbunden, da die Bandbreite der Sprache verringert wird. Die geringste Verzerrung der Sprache ergibt sich bei dem C4FM-System mit einer Bandbreite von 12,5 KHz im Betriebsmodus VW. Das C4FM-Verfahren arbeitet mit einer Datenübertragungsrate von 9,6 Kilobit pro Sekunde.



TDMA (Time Division Multiple Access)

Zeitschlitzverfahren

Beim TDMA handelt es sich um eine Übertragung von mehreren Signalen in nach Zeitschlitz gestaffelten Paketen. Dadurch können auf einer Frequenz zwei Gesprächskanäle gleichzeitig gestaffelt übertragen werden.



FDMA (Frequency-Division Multiple Access)

Frequenz-Teilungsverfahren

Beim FDMA handelt es sich um eine Übertragung von mehreren Signalen auf mehreren Trägern mit einem kontinuierlicher Digital Stream

DN 6,25 kHz Voice / 6,25 kHz Data oder

VW (12,5 KHz) Voice

4-Level-FSK

Beim 4-Level FSK wird die analoge Frequenz mit vier verschiedenen Signal-Ebenen abgetastet.

Data-bit	Symbol	Freq-Deviations (Wide)	Freq-Deviations (Narrow)
00	+1	+900 Hz	+450Hz
01	+3	+2700 Hz	+1350Hz
10	-1	-900 Hz	-450Hz
11	-3	-2700 Hz	-1350Hz

C4FM (Continous 4-Level Frequency Modulation)

C4FM wendet das FDMA-Verfahren an. Es stehen zwei Bandbreiten DN von 6,25 kHz für Sprache (Voice) und 6,25 DN für Daten oder VW 12,5 kHz für Sprache zur Verfügung. Als Vocoder dient AMBE+2, Modulation 4-Level-FSK, mit 7.2 kbps, gemäß dem Yaesu-System-Fusion-Protokoll (YSF).

Weiterführender Link zum C4FM-Verfahren: <http://systemfusion.yaesu.com/what-is-system-fusion/>

DMR

Es gibt weltweit zur Zeit drei DMR-Systeme: Brandmeister-Netz, DMR-Plus und DMR-MARC (Motorola). Das DMR System verwendet das FDMA Zeitschlitzverfahren an. Auf der gleichen Frequenz wird innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde zwischen Zeitschlitz 1 (TS1) und Zeitschlitz 2 (TS2) umgeschaltet. Das System oszilliert zwischen den beiden logischen Kanälen TS1 und TS2.

Der Vocoder ist AMBE3000 mit der Modulation 4-Level-FSK.

Weiterführender Link zum DMR-Verfahren:

<http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/digital-mobile-radio>

D-Star

Das D-Star System nutzt einen kontinuierlichen digitalen Stream mit einer Kanalbandbreite von 6 kHz. Die digitale Sprachübertragung arbeitet mit 3600 bits/s.

Der Vocoder ist AMBE2020 mit der Modulation GMSK.

Weiterführender Link zum D-Star-Verfahren: <http://www.arrl.org/files/file/D-STAR.pdf>

Relais-Routing

Daten über das Routing von Relaisendern werden häufig über das Amateurfunk HamNet und IRC-Server geleitet.

Multi-Relais

Es gibt Amateurfunk Relais, die mehrere Betriebsarten auf einer Frequenz übertragen können. Bei Empfang eines digitalen Signals passt sich der Repeater an die entsprechende Betriebsart an. Auf der Empfängerseite können FM-Geräte ein störendes digitales Signal durch einen CTCSS-Tonsignal-Filter ausblenden. CTCSS (Continous Tone Coded Squelch) benutzt einen Subaudio-Ton, der mit dem Nutzsignal ausgesendet wird.

Erfahrungsbericht

Mehrere Modulationsarten auf einem Relais können zu Problemen führen (abgebrochene QSOs usw.). Eine Lösung ist eine entsprechende Programmierung der Relais, die diese Unterbrechungen weitgehend verhindert.

Systemfusion

Die Funkgeräte des Herstellers Yaesu verfügen über einen Automatik-Modus zu Auswertung eines empfangenen C4FM- oder FM-Signals und passen das Sendeverfahren entsprechend an.

Links zu den Digital-Systemen:

Brandmeister

<http://bm262.de>

DMR-Plus

<http://hamdmr.de>

DMR-MARC

<http://www.dmr-marc.net>

C4FM Wires X Active Nodes

https://www.yaesu.com/jp/en/wires-x/id/active_node.php

C4FM Wires-X active Rooms

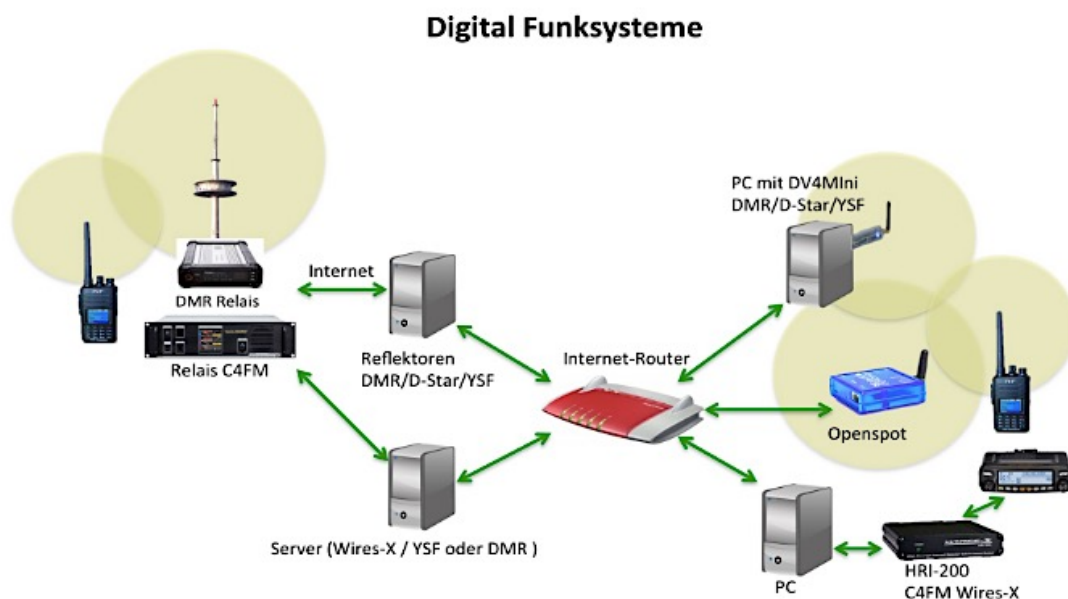
https://www.yaesu.com/jp/en/wires-x/id/active_room.php

C4FM Reflektoren

<https://c4fm.yfreflector.de/Germany/>

IPSC2-Server

<http://ipsc2-dl-rptr.dyndns.org/ipsc/>



Amateurfunk Netzwerke

Ein Relais kann mit der Node-Funktion mit anderen Relais via HamNet oder Internet verbunden werden. Weltweit bestehen verschiedene Netzwerke von Relaisendern.

Beispiele sind: DMR-Brandmeister, DMR-Marc, D-Star und Wires-X.

Die Netzwerke sind untereinander teilweise nicht kompatibel.

Es gibt jedoch virtuelle Brücken (Bridges) zwischen den verschiedenen Netzwerken.

Auf einigen Servern sind Brücken zwischen dem DMR-Brandmeister-Netz und dem Wires-X-Netz in der Betriebsart C4FM-DN installiert. Die Daten über das Routing der Relaisender werden häufig auch über das Amateurfunk HamNet und IRC-Server im Internet geleitet. Wegen der Stabilität der Arbeitsweise ist auf den Servern Linux-Software installiert.

C4FM WIRES-X ROOM [27294](#) & [D-STAR XRF024B](#)
C4FM WIRES-X ROOM [27294](#) & [YSF OE-AUSTRIA ROOM](#)
C4FM WIRES-X ROOM [27294](#) & DMR BRANDMEISTER [TG23209](#)
C4FM WIRES-X ROOM [41147](#) DL-Wires-X – DMR Brandmeister 263 (Pegasus-Net)

Reflektoren

Im Internet eingebundene Reflektor-Server verbinden mehrere Relaisender untereinander.

Routing

Bei digitalen Funksystemen hat jedes Relais eine ID-Nummer.

Die Funkgeräte werden in DMR- und D-Star- und Tetra-Systemen mit einer eigenen ID-Nummer programmiert. Daher erfolgt das Routing auf den Servern durch Zuordnung der ID-Nummer des sendenden Funkgerätes und dem per Ziel-Ruf ausgewähltem Relais, des virtuellen Raumes auf einem Server oder der ID-Nummer des angerufenen Funkgerätes.

Programmierung der Funkgeräte

Digitale Funkgeräte müssen durch eine Software auf die Frequenzen von Relais und bei dem DMR-System auf die logischen Kanäle Timeslots (TS1/TS2) programmiert werden.

Für DMR-Geräte gibt es im Internet mehrere Datensätze (Codeplugs). Durch die Programmierungssoftware erfolgt eine Übertragung der Daten auf das Funkgerät.

DMR-Timeslots (Zeitschlitz)

TS1 (Zeitschlitz 1)

Talkgroups

TG 91 WW Weltweit (Sprache: English)

TG 92 Europa

TG 910 WW deutsch (Sprache: Deutsch)

TG 920 DACH (Deutschland-Österreich-Schweiz)

TG 262 DL Deutschland

TG 232 OE Österreich

TS2 (Zeitschlitz 2)

Im TS2 sind verschiedene Länder und Regionen nach sogenannten Talkgroups organisiert.

TG 8 Regional

TG 9 Lokal

TG 2620 Sachsen-Anhalt / Mecklenburg

TG 2621 Berlin-Brandenburg

TG 2622 Hamburg / Schleswig-Holstein

TG 2623 Niedersachsen / Bremen

TG 2624 Nordrhein-Westfalen

TG 2625 Rheinland-Pfalz / Saarland

TG 2626 Hessen

TG 2627 Baden-Württemberg

TG 2628 Bayern

TG 2629 Sachsen / Thüringen

YSF-Yaesu System Fusion C4FM

Aktive Nodelisten

Wiress-X Aktive Rooms

27001 GERMANY DIGITAL-WIRES-X
27015 GERMANY-DIGITAL
28821 DL-Bayern
41005 DL-RHEIN-MAIN
27226 DL-RHEIN-NECKAR
27250 DL-NORDOST
27761 DL-NORDWEST
27916 DL-OBERPFALZ
41147 DL-SÜD
41003 DL-SÜDWEST
27141 DB0MOE-SUED-DL1
27270 DOOOKO-ROOM Gateway DMR-Wires-X
28683 NORD-OSTSEE-LINK
27294 OE-AUSTRIA
41147 DL-WiresX-BM263 (Brücke C4FM/Brandmeister via Pegasus-Net)

YSF Reflektoren

DE DL-NORD <http://funk-sh.de/>
DE DL-NORDWEST <http://dl-nordwest.spdns.de>
DE GERMANY (Crossband C4FM / DMR Brandmeister YSF 262 BM 263 BM TG26208)
<https://c4fm.ysfreflector.de/Germany>
DE GERMANY 2 MultiNet-Bridge <http://213.202.228.87/ysf/>
DE HESSEN <http://dehessen.db0rei.de>
DE PEGASUS Multi Bridge (Crossband C4FM / DMR Brandmeister TG26210)
<https://status.projekt-pegasus.net/>
DE THUERINGEN <http://relais.db0ins.de/YSFReflector-Dashboard/>

Bridge-Server

C4FM [WIRES-X ROOM 27294](#) & D-STAR [XRF024B](#)
C4FM [WIRES-X ROOM 27294](#) & [YSF OE-AUSTRIA ROOM](#)
C4FM [WIRES-X ROOM 27294](#) & DMR BRANDMEISTER [TG23209](#)
DMR BRANDMEISTER [TG 263](#) & DMR-PLUS TG 262 & YSF DE GERMANY
DMR BRANDMEISTER [TG23209](#) & C4FM [WIRES-X ROOM 27294](#)
DMR BRANDMEISTER [TG23209](#) & C4FM [YSF OE-AUSTRIA ROOM](#)
DMR BRANDMEISTER [TG23209](#) & C4FM [WIRES-X ROOM 27294](#)
DMR BRANDMEISTER [TG23209](#) & D-STAR [XRF024B](#)
D-STAR [XRF024B](#) & DMR BRANDMEISTER [TG23209](#)
D-STAR [XRF024B](#) & C4FM [WIRES-X ROOM 27294](#)
D-STAR [XRF024B](#) & C4FM [YSF OE-AUSTRIA ROOM](#)

Gemeinsamer Server

DMR BRANDMEISTER [TG263 TG23209](#) & C4FM [WIRES-X ROOM 27294](#) & [YSF OE-AUSTRIA ROOM](#) & D-STAR [XRF024B](#)

Die DMR BRANDMEISTER Repeater verfügen über eine [SIP-IP-CALL HF Anbindung](#).

IPSC2-Server <http://ipsc2-dl-rptr.dyndns.org/ipsc/>

DMR-D-Star XLX787 <http://46.41.1.96>