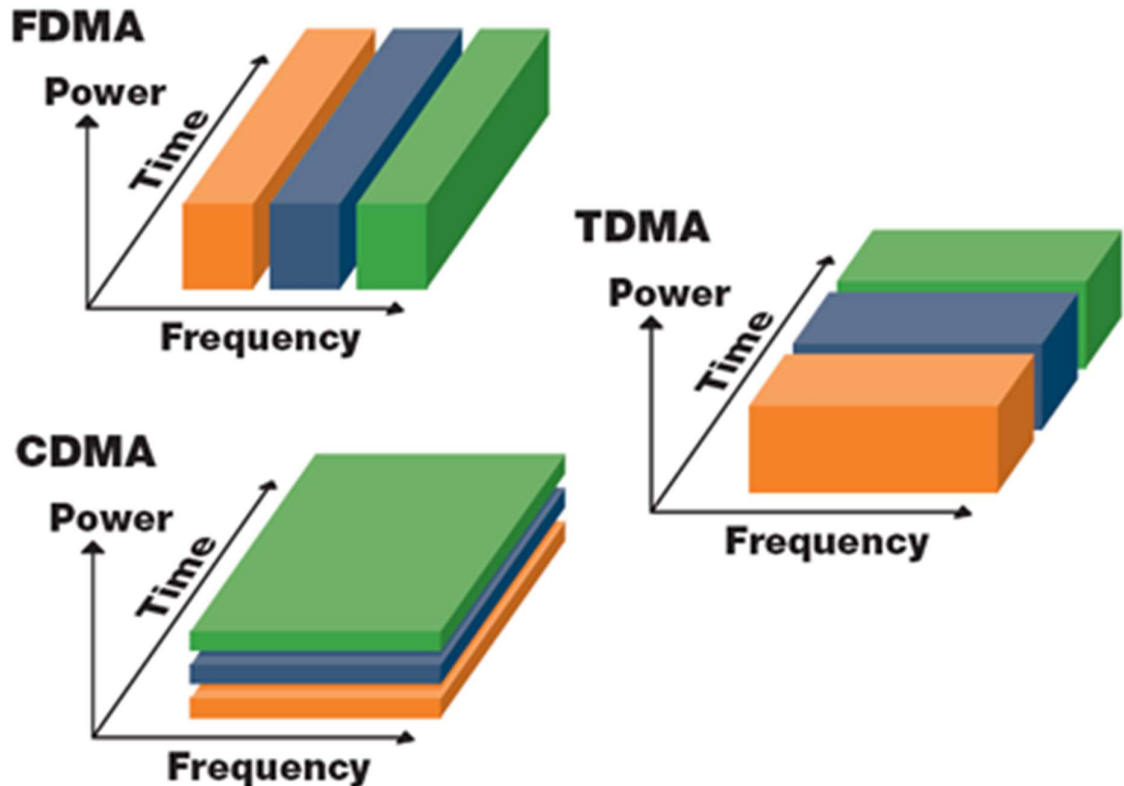


Multiplex- Verfahren

Eine kleine Zusammenfassung für den Lernenden als Orientierung.

A.Gabathuler



Telekommunikation: Multiplexer sind das Rückgrat der Telekommunikation und ermöglichen die Übertragung mehrerer Telefonsignale oder Internetdaten über ein einziges Kabel oder Glasfaserkabel. Sie ermöglichen es, riesige Mengen an Informationen in die ganze Welt zu übertragen.

Digitales Fernsehen: In Satelliten- und Kabelfernsehsystemen werden Multiplexer verwendet, um mehrere Fernsehkanäle zu einem einzigen digitalen Signal zusammenzufassen.

Computernetzwerke: Multiplexer sind Schlüsselkomponenten in Computernetzwerken, die eine effiziente Nutzung der Netzwerkinfrastruktur ermöglichen, indem sie die Datenübertragung von mehreren Benutzern auf einem einzigen Kommunikationskanal ermöglichen.

ICs: Auf mikroskopischer Ebene werden Multiplexer in integrierten Schaltungen eingesetzt, um eine von vielen Datenleitungen für die Verarbeitung auszuwählen. Dadurch können effizientere und kompaktere Systeme gebaut werden.

GPS-Systeme: Multiplexer werden auch in GPS-Navigationssystemen eingesetzt, wo sie die gleichzeitige Übertragung von Daten von mehreren Satelliten an einen GPS-Empfänger ermöglichen.

Inhalt

Frequenzmultiplex FDM - Frequency Division Multiplex	3
Telefonie / Internet	3
Datenrate in Funktion Kupferdrahtläng	3
Kabelnetz.....	4
Spektrum des Stereo-MPX Signals (UKW).	4
Zusammenfassung FDM.....	4
Wellenlängen Multiplex WDM (Wavelength Division Multiplexing).	5
Polarisationsmultiplex PDM	5
Raummultiplex . (Space Division Multiplex SDMA)	6
Zellenstruktur.....	7
Frequenzplanung	7
Zeitmultiplex TDM - Time Division Multiplex.....	8
Synchrones TDM Verfahren.....	8
Asynchrones TDM Vefahren.....	8
Zusammenfassung TDM.....	9
Zusammenfassung TDM und FDM.....	9
CDM - Code Division Multiplexing	10
Zusammenfassung CDM	10
OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplex	11
DAB+ T Digital Audio Broadcasting	11
DVB T Digital Video Broadcasting (CH Abgeschaltet)	12
SFN Single Frequency Network (Gleichwellennetz).....	13
Broadcast UKW Übertragung.....	13
SFN DAB+/DVB- terrestrischen Empfang	13

<https://botland.de>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Multiplexverfahren>

<https://www.elektronik-kompodium.de>

<https://www.fibermall.com>

Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig 2001 vergriffen

<http://www.westermann.de>

Kabelnetz der nächsten Generation (Daniel Hürlimann, UPC Schweiz GmbH)

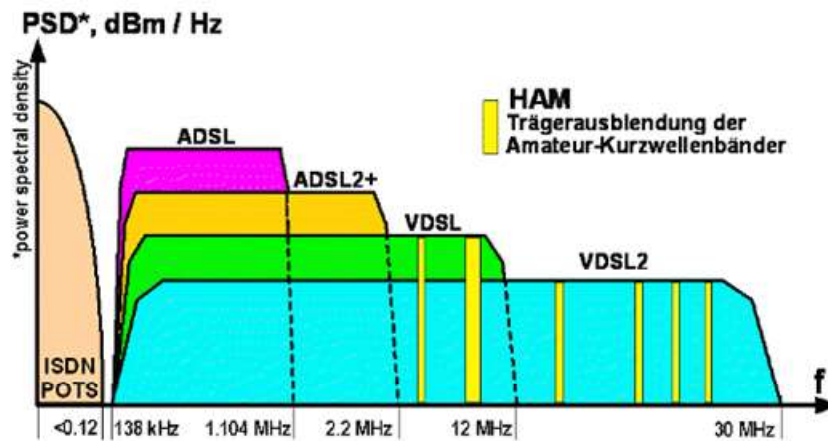
Unterlagen MME

Frequenzmultiplex FDM - Frequency Division Multiplex

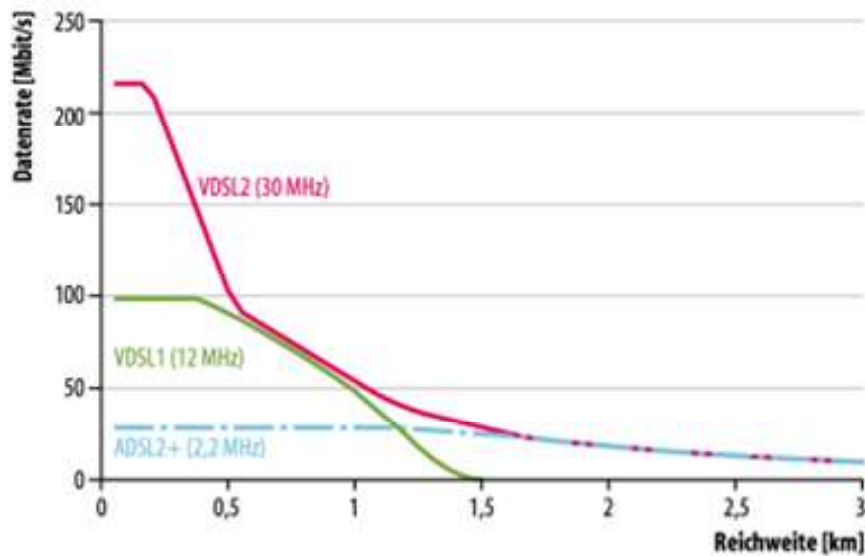
Wird auch als Frequenzmultiplex oder Frequenzlagenvielfach bezeichnet.

Beim Frequenzmultiplex wird ein breites Frequenzband in mehrere schmale Frequenzbänder aufgeteilt. Jedes einzelne Frequenzband hat eine Trägerfrequenz. Dieser Trägerfrequenz wird jeweils ein einzelner Datenkanal zugewiesen. Die Daten werden gleichzeitig und unabhängig voneinander übertragen. (ISDN wurde eingestellt Ende 2017).

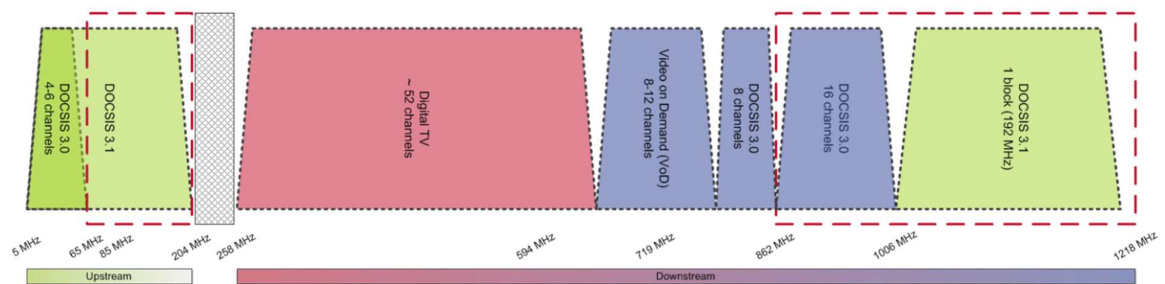
Telefonie / Internet



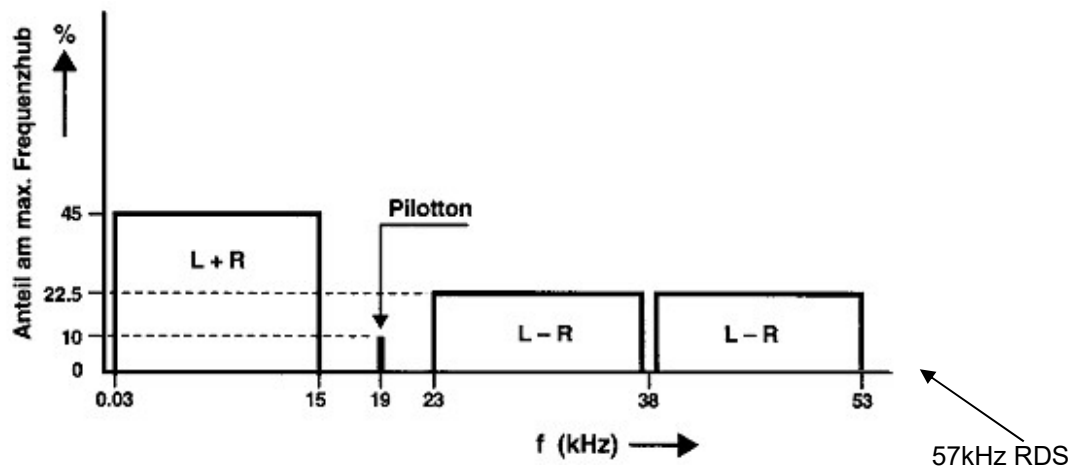
Datenrate in Funktion Kupferdrahtlänge



Kabelnetz



Spektrum des Stereo-MPX Signals (UKW).



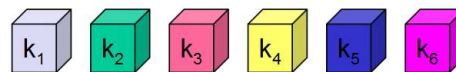
Zusammenfassung FDM

Gesamte verfügbare Bandbreite wird in einzelne Frequenzabschnitte aufgeteilt

Übertragungskanal belegt Frequenzabschnitt über gesamten Zeitraum

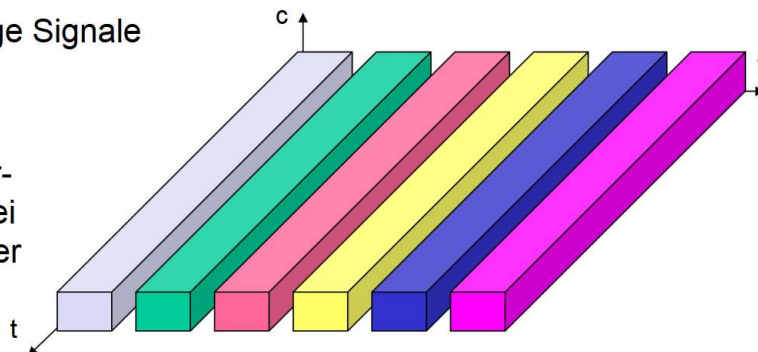
Vorteile:

- keine dynamische Koordination nötig
- auch für analoge Signale



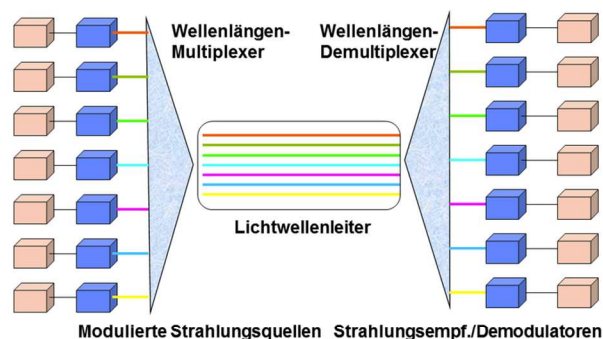
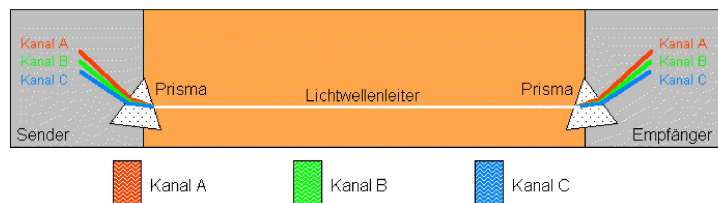
Nachteile:

- Bandbreitenverschwendung bei ungleichmäßiger Belastung
- unflexibel



Wellenlängen Multiplex WDM (Wavelength Division Multiplexing).

Moderne Weitverkehrssysteme verwenden heute teilweise wieder Frequenzmultiplexen auf Lichtwellenleitern. Jede Farbe des Lichts ist bekanntlich einer bestimmten Frequenz der elektromagnetischen Wellen zugeordnet. Durch Verwendung unterschiedlicher Farben, können durch eine Lichtwellenfaser mehrere Datenkanäle unabhängig voneinander betrieben werden. Übertragungskapazitäten von mehr als >40 GBit/s bedeutet.



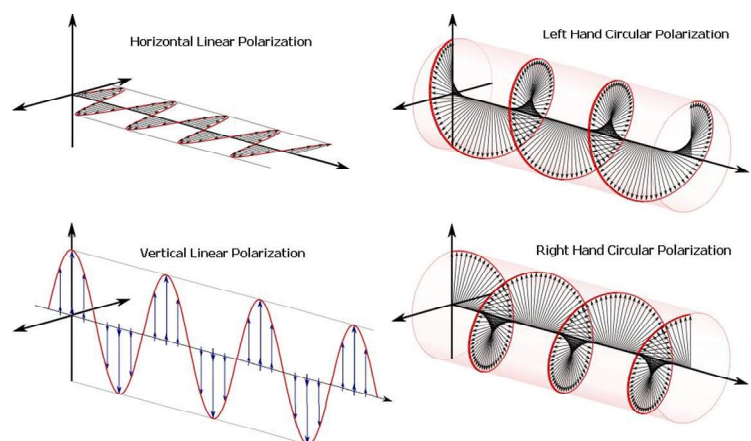
Die Übertragung erfolgt in 18 Kanälen mit Wellenlängen zwischen 1271nm und 1611nm mit einem Kanalraster von 20 nm. Die Kanalbreite selbst beträgt 13nm, die verbleibenden 7nm sind als Sicherheitsabstand zum nächsten Kanal und als Toleranz für die Laserdioden.

Zunächst waren die technischen Bedingungen begrenzt und der Wellenlängenabstand sollte innerhalb von mehreren zehn Nanometern kontrolliert werden. Diese Art von WDM wird als **Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM)** bezeichnet.

Später wurde die Technologie immer fortschrittlicher und das Wellenlängenintervall wurde immer kürzer. Es wurde **Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)** genannt, als es ein Niveau innerhalb weniger Nanometer erreichte. <https://www.fibermall.com>

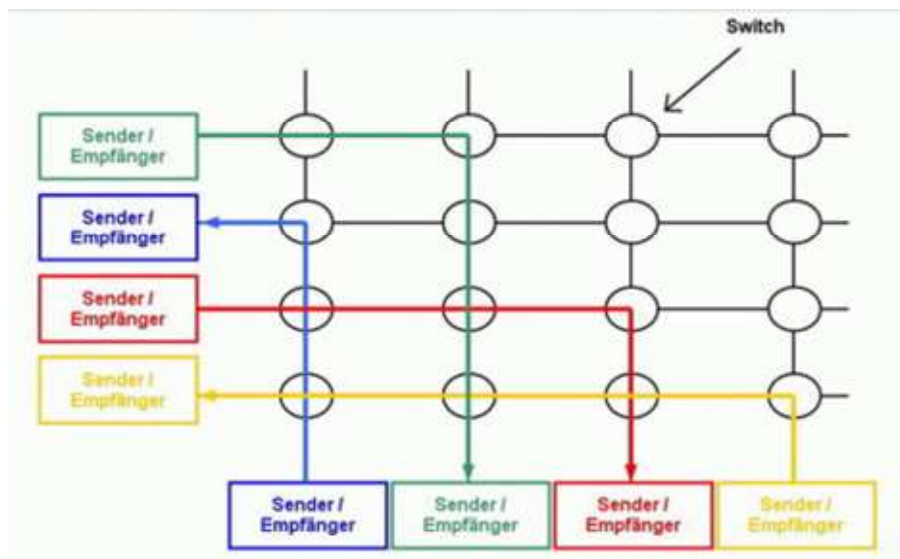
Polarisationsmultiplex PDM

Gleichzeitige Übertragung mehrerer Signale mit Hilfe unterschiedlicher Polarisationen des Sendersignals. Die Empfangsantennen müssen jeweils für die auf der Senderseite verwendete Polarisation ausgelegt sein.



Raummultiplex . (Space Division Multiplex SDMA)

Räumlich gestaffelte, gleichzeitige Übertragung, mehrerer Signale.



Kabelgebundene Raummultiplexverfahren

Das kabelgebundene Raummultiplexverfahren ist das einfachste und älteste Multiplex Verfahren. Hierbei werden zur gleichzeitigen Unterstützung von individuellen Verbindungen mehrere Leitungen parallel installiert. Leitungsbündel (engl. trunk) bezeichnet. (Mehradrigen Kabel).

Eine andere Methode des Raummultiplexverfahrens ist die Kreuzschienenverteilung (engl. cross bar switching), die auch als Koppelfeld bezeichnet wird.

Kabellose Raummultiplexverfahren

Beim kabellosen Raummultiplexverfahren wird für jede Gruppe von Verbindungen ein separates Gebiet oder eine eigene Richtfunkstrecke verwendet. Normalerweise erfolgt eine Mehrfachausnutzung einer solchen Funkstrecke beziehungsweise eines Gebietes mit Hilfe des FDM oder des TDM eventuell einer Kombination aus beiden.

Das SDM wird notwendig, wenn die Anzahl der zu übertragenden Verbindungen steigt und gleichzeitig Frequenzknappheit besteht. Dann wird die gleiche Frequenz mit ausreichendem räumlichen Abstand mehrfach benutzt.

Zellenstruktur

Realisierung des Raummultiplex: Basisstationen decken jeweils gewissen räumlichen Bereich (Zelle) ab

Mobilstationen kommunizieren ausschließlich über Basisstationen

Vorteile der Zellenstruktur:

- mehr Kapazität, mehr Teilnehmer erreichbar
- weniger Sendeleistung notwendig
- robuster gegen Ausfälle
- überschaubarere Ausbreitungsbedingungen

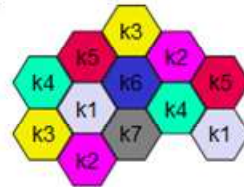
Probleme:

- Netzwerk zum Verbinden der Basisstationen
- Handover (Übergang zwischen zwei Zellen) notwendig
- Störungen in andere Zellen
- Konzentration in bestimmten Bereichen

Frequenzplanung

Frequenzen können nur bei genügend großem Abstand der Zellen bzw. der Basisstationen wiederverwendet werden

Modell mit 7 Frequenzbereichen:



Feste Kanalzuordnung:

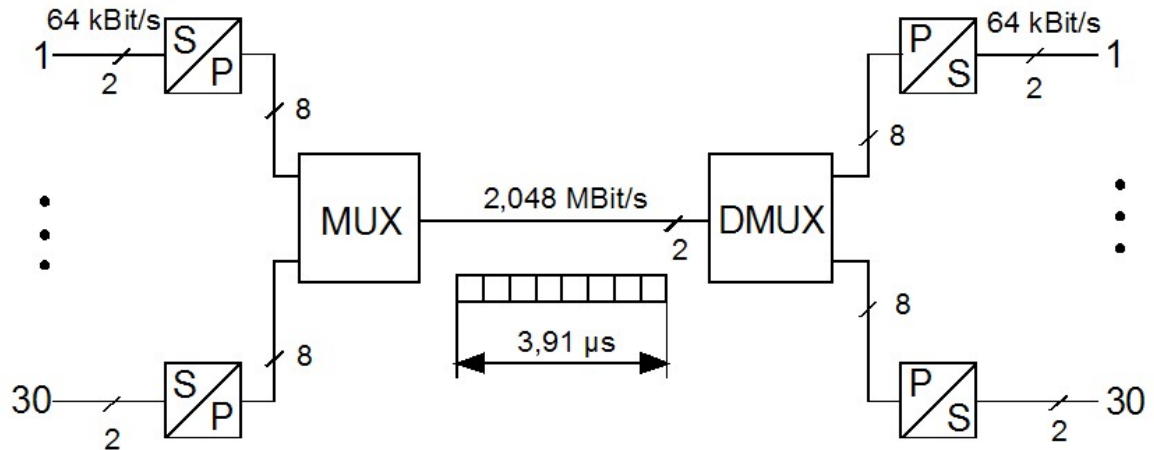
- bestimmte Menge von Kanälen fest gewisser Zelle zugeordnet
- Problem: Wechsel in Belastung der Zellen

Dynamische Kanalzuordnung:

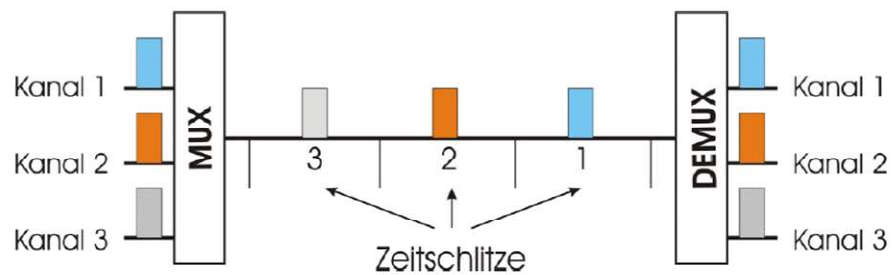
- Kanäle einer Zelle werden nach bereits zugeordneten Kanälen der benachbarten Zellen gewählt
- mehr Kapazität in Gebieten mit höherer Nachfrage
- auch Zuordnung aufgrund von Interferenzmessungen möglich

Zeitmultiplex TDM - Time Division Multiplex

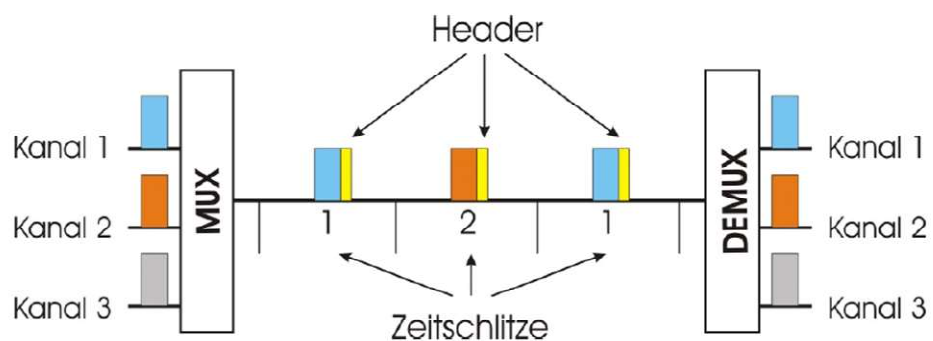
TDM wird auch als Zeitmultiplex oder Zeitlagenvielfach bezeichnet. Das Zeitmultiplex überträgt die Verbindungen über zeitlich verschachtelte Kanäle. Alle Kanäle werden in einem festen Raster in einer bestimmten Zeit abgearbeitet. Jeder Kanal ist einem festen Zeitfenster (Time-Slot) zugeordnet. Beispiel Audio Datenströme.



Synchrones TDM Verfahren



Asynchrones TDM Verfahren



Zusammenfassung TDM

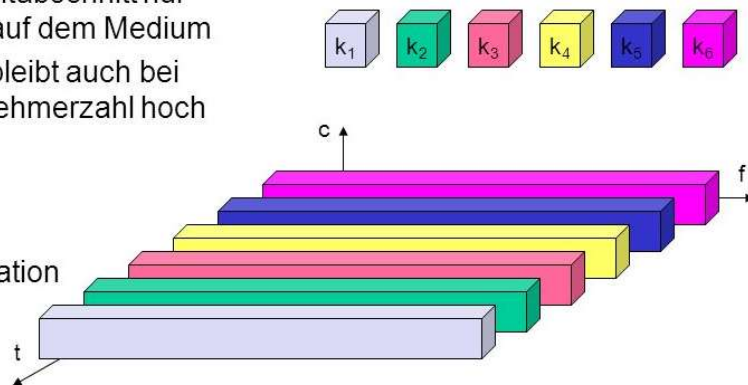
Kanal belegt gesamten Frequenzraum für einen gewissen Zeitabschnitt

Vorteile:

- in einem Zeitabschnitt nur ein Träger auf dem Medium
- Durchsatz bleibt auch bei hoher Teilnehmerzahl hoch

Nachteile:

- genaue Synchronisation nötig



Zusammenfassung TDM und FDM

Kombination der oben genannten Verfahren

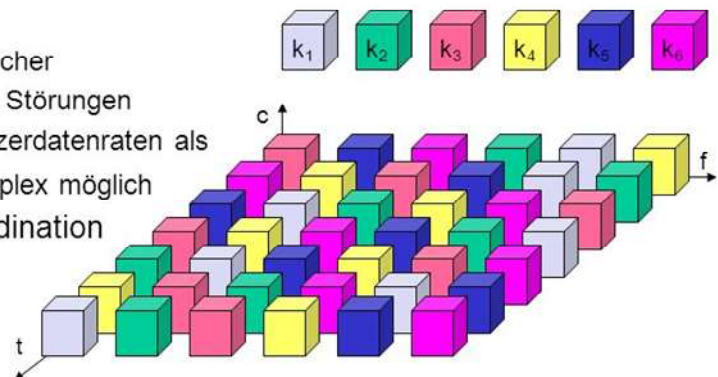
Sendungen belegen einen Frequenzabschnitt für einen Zeitabschnitt

Beispiel: GSM

Vorteile:

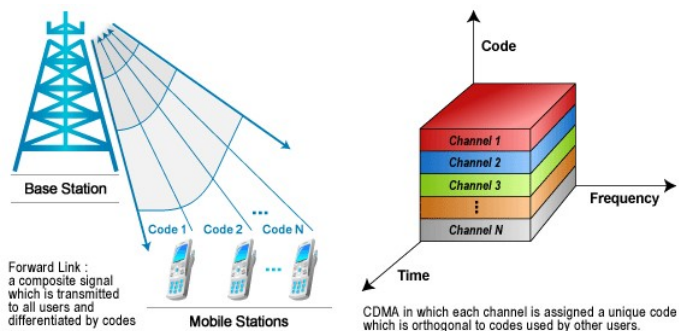
- relativ abhörsicher
- Schutz gegen Störungen
- höhere Benutzerdatenraten als bei Codemultiplex möglich

aber: genaue Koordination erforderlich



CDM - Code Division Multiplexing

CDM wird auch als Codemultiplexing bezeichnet. Es ähnelt dem Zeitmultiplexverfahren. Die Signale werden mit einer unterschiedlichen Codierung übertragen. Anhand der Codierung kann der Empfänger das Signal, das an ihn gesendet wird erkennen. CDM bzw. CDMA findet weitreichende Anwendung.



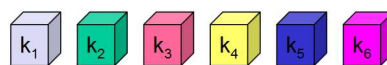
DMX-512-A ist ein digitales Steuerprotokoll, das in der Bühnen- und Veranstaltungstechnik zur Steuerung von Dimmern, „intelligenten“ Scheinwerfern, Moving Heads und Effektgeräten angewandt wird. Die Abkürzung DMX steht für Digital Multiplex Feldbus: Ein Feldbus ist ein Bussystem, das in einer Anlage Feldgeräte wie Messfühler (Sensoren) und Stellglieder (Aktoren) zwecks Kommunikation mit einem Steuerungsgerät verbindet.

Profi Bus. (Process Field Bus) ist ein Standard für die Feldbus-Kommunikation in der Automatisierungs Technik. Es ist nicht zu verwechseln mit dem PROFINET-Standard für Industrial Ethernet.

Aber auch beim alten PCI-Bus. Ebenso arbeiten Funk- und Infrarot-Fernsteuerungen und die funkgesteuerte Zentralverriegelung im Auto mit diesem Verfahren.

Zusammenfassung CDM

Sendung ist durch persönlichen Code charakterisiert



Alle Teilnehmer können zur selben Zeit im selben Frequenzabschnitt senden

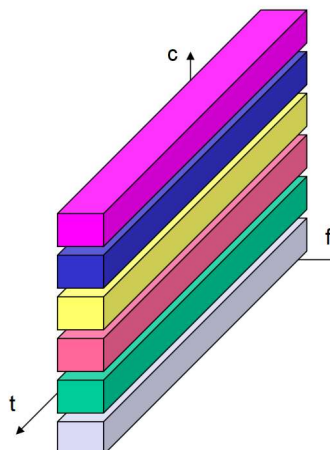
Vorteile:

- Bandbreiteneffizienz
- keine Koordination und Synchronisation notwendig
- Schutz gegen Störungen

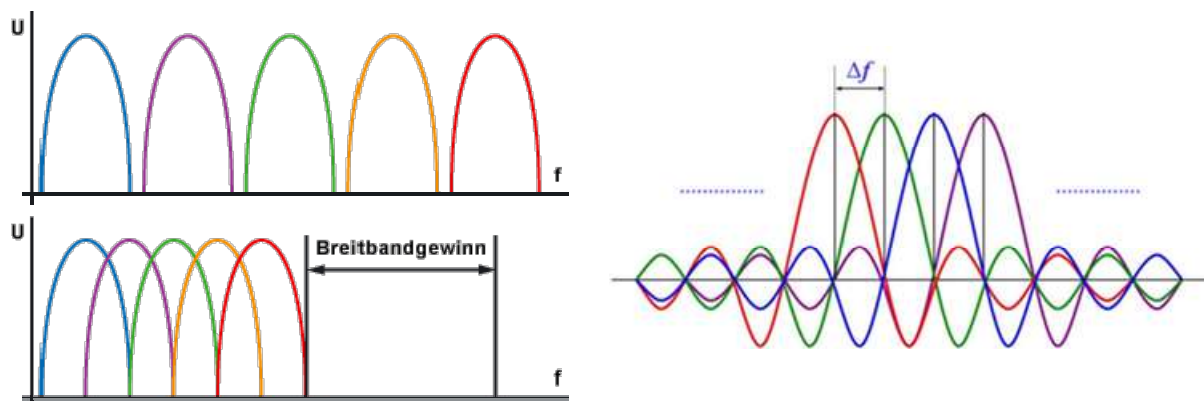
Nachteile:

- Benutzerdatenrate begrenzt
- komplex wegen Signalregenerierung

Realisierung: Spreizspektrumtechnik



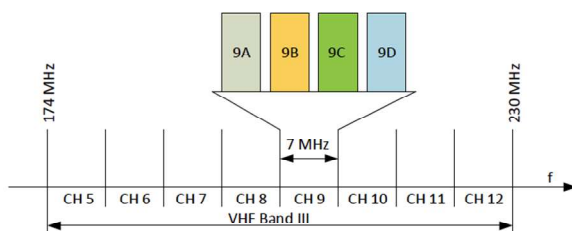
OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplex



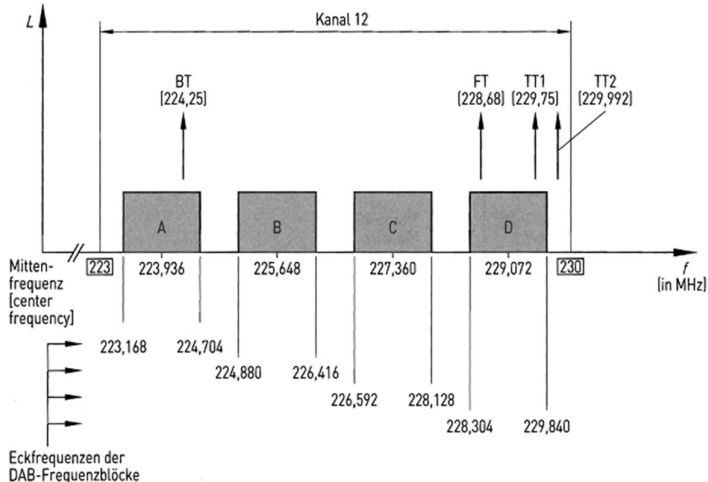
OFDM ist ein Vielfachträgerverfahren. Es verteilt den Datenstrom innerhalb eines breiten Frequenzbandes auf viele schmale Träger (Subbänder). Dazu wird der serielle Datenstrom in mehrere parallele Datenströme aufgeteilt. Die Trägerfrequenzen der einzelnen Bänder liegen exakt im Nulldurchgang ihrer Nachbarträger.

DAB+ T Digital Audio Broadcasting

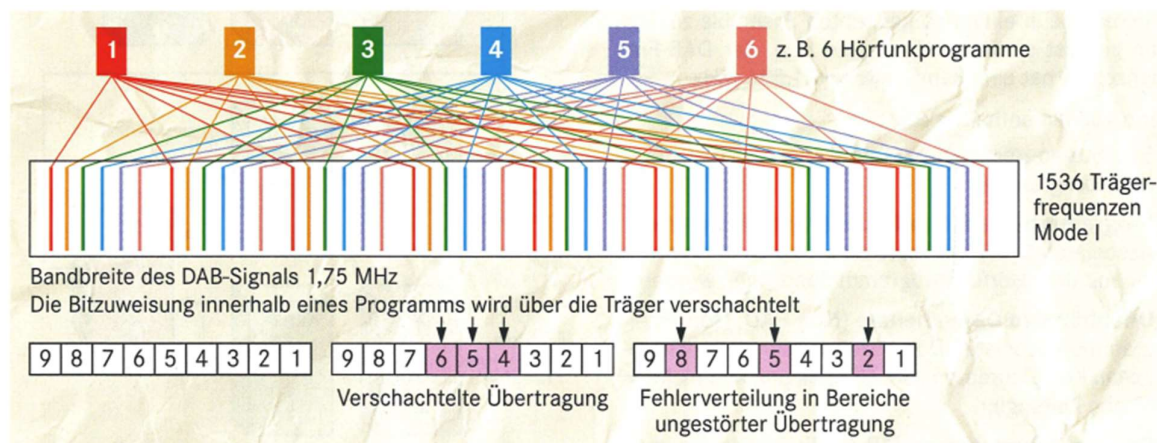
Kanäle in ZH: 7/9/12



Genau Frequenzen der 4. Ensemble. zB. K12



COFD



Die Informationen auf verschiedene Träger Subträger verteilt, damit können Störeinflüsse, wie z. B. der Mehrwegeempfang, besser beherrscht werden.

Beim COFDM-Verfahren würden lediglich Teilinformationen betroffen sein.

DVB T Digital Video Broadcasting (CH Abgeschaltet)

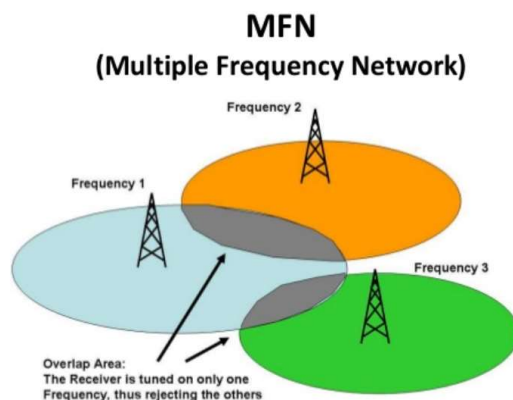
Am 16. März 2017 begann in Deutschland das DVB-T2 Zeitalter. (UHF Frequenzbereich).

Parameter	DVB-T	DVB-T2
Modulation	QPSK, 16QAM, & 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM & 256QAM
Forward Error Correction	Convolutional coding (CC) + Reed-Solomon (RS)	Low density parity-check (LDPC) + Bose-Chaudhuri-Hocquengham (BCH)
Interval Option	1/4, 1/8, 1/16, & 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, & 1/128
Discrete Fourier Transform (DFT)	2k & 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, & 32k
Bandwidth	6,7 and 8Mhz	1,7, 5, 6,7, 8 and 10Mhz

https://www.researchgate.net/figure/Parameter-comparison-between-DVB-T-and-DVB-T2_tbl1_332140072

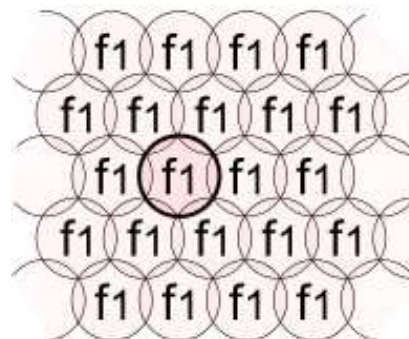
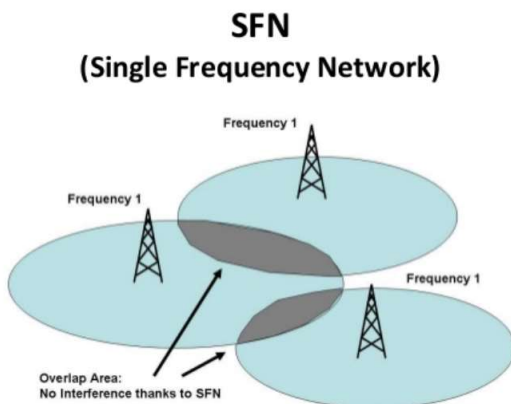
SFN Single Frequency Network (Gleichwellennetz)

Broadcast UKW Übertragung.



Die Unterschiedlichen Senderfrequenzen überschneiden sich leicht.

SFN DAB+/DVB- terrestrischen Empfang



- Alle Sender müssen zum gleichen Zeitpunkt dieselbe Information wie beispielsweise ein exakt identisches Rundfunkprogramm aussenden.
- Die Sendefrequenz muss bei allen Sendern gleich sein oder eine geringe Abweichung von einigen wenigen Hertz aufweisen (sog. Phasenstarrheit). Erster Fall wird als synchrones Gleichwellennetz bezeichnet, letzter Fall als asynchrones Gleichwellennetz.