

Sistemi di radiodiffusione sonora DAB+

Massimo Celidonio
Fondazione Ugo Bordoni

Roma 07/06/2023



Sommario presentazione

- Considerazioni preliminari sul passaggio al digitale
- Evoluzione dello standard e della regolamentazione del DAB/DAB+
- Breve panoramica delle caratteristiche tecniche di un sistema DAB/DAB+
- Cenni sulla qualità di un sistema DAB+
- Considerazioni sull'uso dello spettro radio
- Pianificazione delle frequenze assegnate al servizio DAB: nuovo PNAF-DAB
- La Procedura di gara (in corso) per attribuire le frequenze DAB

Aspetti introduttivi

Parallelismo tra sviluppo della radio e della televisione

RADIO

TELEVISIONE

Sistema di trasmissione



Analogico

DAB
Digital Audio Broadcasting



DVB-T

Digitale di 1^a generazione



dab+

DVB-T2



Digitale di 2^a generazione

Aspetti introduttivi

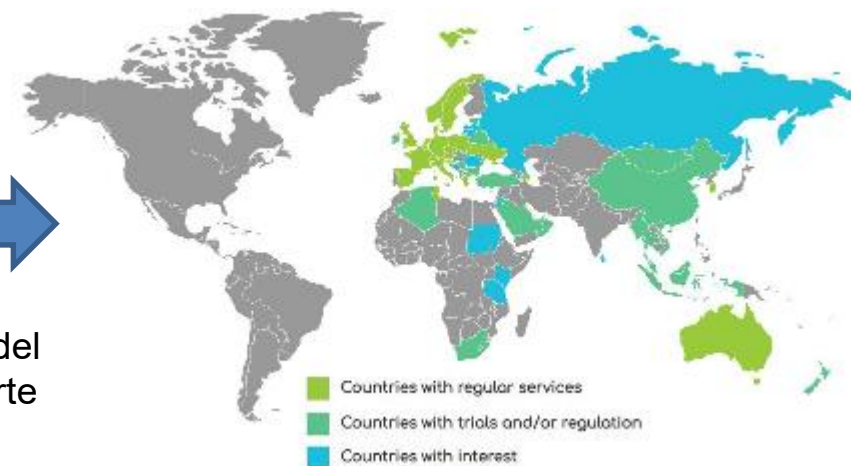
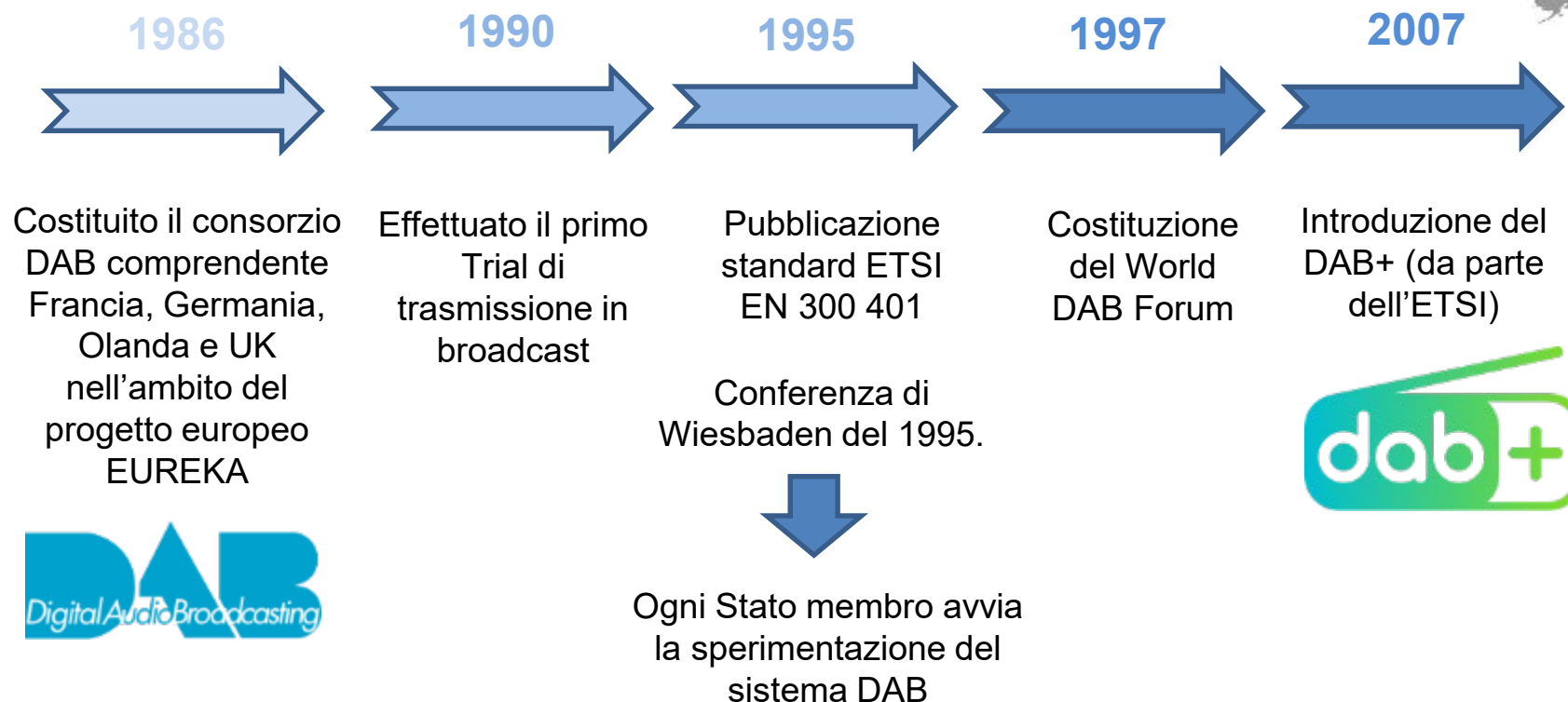
Evoluzione dalle comunicazioni analogiche a quelle digitali

- Nascita e sviluppo degli elaboratori elettronici
- Problema della digitalizzazione dei dati, memorizzazione e scambio delle informazioni
- Le tecniche di trasmissione dei dati digitalizzati
- Necessità di digitalizzare le immagini, i segnali audio e poi gli audiovisivi
- Le tecniche di compressione dei dati
- Applicazione del digitale ai sistemi di broadcasting



Nascita ed evoluzione del DAB

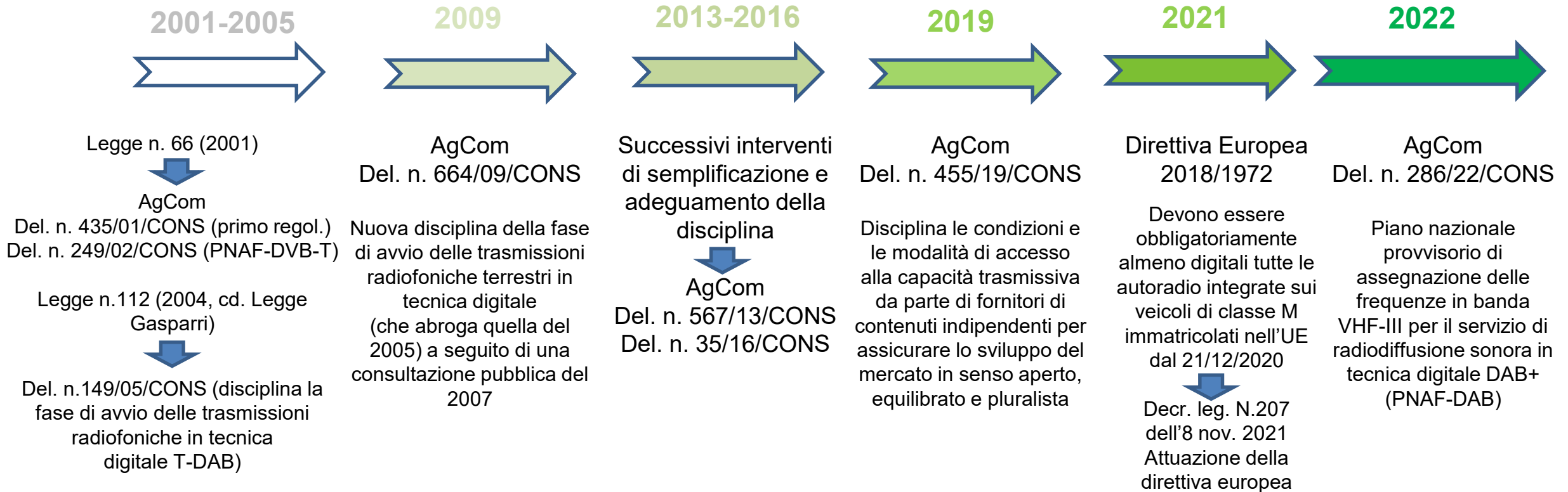
Tappe principali dell'evoluzione del DAB



Fonte: World DAB Forum

Aspetti di regolamentazione

Tappe principali nella regolamentazione del DAB in Italia



Gli standard DAB sono disponibili sul sito Web dell'ETSI

Un'utile guida come punto di partenza è lo standard TR 101 495.

- DAB system
 - EN 300 401: DAB system standard
 - TS 101 756: Registered Tables
 - TS 103 176: Rules of implementation
 - TS 102 367: Conditional access
- Audio coding
 - TS 102 563: DAB+ audio
 - TS 103 466: DAB audio
 - TS 101 757: DAB audio testing
- Data transport coding
 - EN 301 234: MOT
 - TS 101 759: TDC
 - TS 102 427: MPEG-2 TS
- Data applications
 - TS 101 499: SlideShow
 - TS 102 818: SPI xml
 - TS 102 371: SPI binary
 - TS 103 177: Filecasting
 - TS 102 980: DL Plus
 - TS 102 979: Journaline
 - TS 102 428: DMB
 - TS 103 551: TPEG
 - TS 103 689: Filtered Information Service
- Receivers
 - TS 103 461: Minimum requirements
- Contribution, distribution and networks
 - EN 300 797: STI
 - TS 101 860: STI Levels
 - EN 300 798: DIQ
 - ETS 300 799: ETI
 - TS 102 693: EDI

Offerta attuale di programmi radiofonici in tecnica digitale

Reti Nazionali

RAI RADIOTELEVISIONE ITALIANA
CANALE 12 B

Rai Radio 2	Rai Radio 3	Rai Radio 1	Rai Isoradio	Rai Gr Parlamento	Rai Radio Live
Rai Radio 1 Sport	Rai Radio Classica	Rai Radio 2 Indie	Rai Radio Kids	Rai Radio Tutta Italiana	Rai Radio Techete'

EURODAB ITALIA
CANALE 12 A

RADIO FRECCIA	RTL 102.5	RADIO MONTE CARLO	RVI	radio KISS KISS play everywhere	RADIO ITALIA	RTL 102.5 NEWS
STAR RADIO	RTL 102.5 BRO&SIS	RADIO L'ESPRESSO	RTL 102.5 BEST	RTL 102.5 ROMEO & JULIET	BBC WORLD SERVICE	RADIO LIBERTÀ
ZETA	RTL 102.5 DOC	SUBASIO XL	inBlu Radio	RTL 102.5 NAPULÈ	Radio 5 Classica SPORTIVA Calcio e sport 24h su 24	

DAB ITALIA
CANALE 12 C

Radio24	Radio24 +1	RDS 100% GRAND SUCCESS	CAPITAL	Radio Radicale.it	DEE JAY
RADIO MARIA	90 SONGS	R101	105 DAB	radiom2o	CAPITAL COUNTRY TOWN
m2o	RDS 100% GRAND SUCCESS RELAX	RADIO MARIA SILENT	RR NEWS	ACI Radio Passione per la mobilità	

Reti Locali (Mux)

Piemonte (5)
Lombardia (6)
Trentino Alto-Adige (4)
Veneto (1)
Liguria (3)
Emilia Romagna (2)

Marche (1)
Toscana (4)
Umbria (4)
Lazio (6 + 1 C.d.V)
Campania (6)

Calabria (1)
Puglia (3)
Sicilia (2)
Sardegna (3)

Aree di copertura
attuale
del servizio DAB+

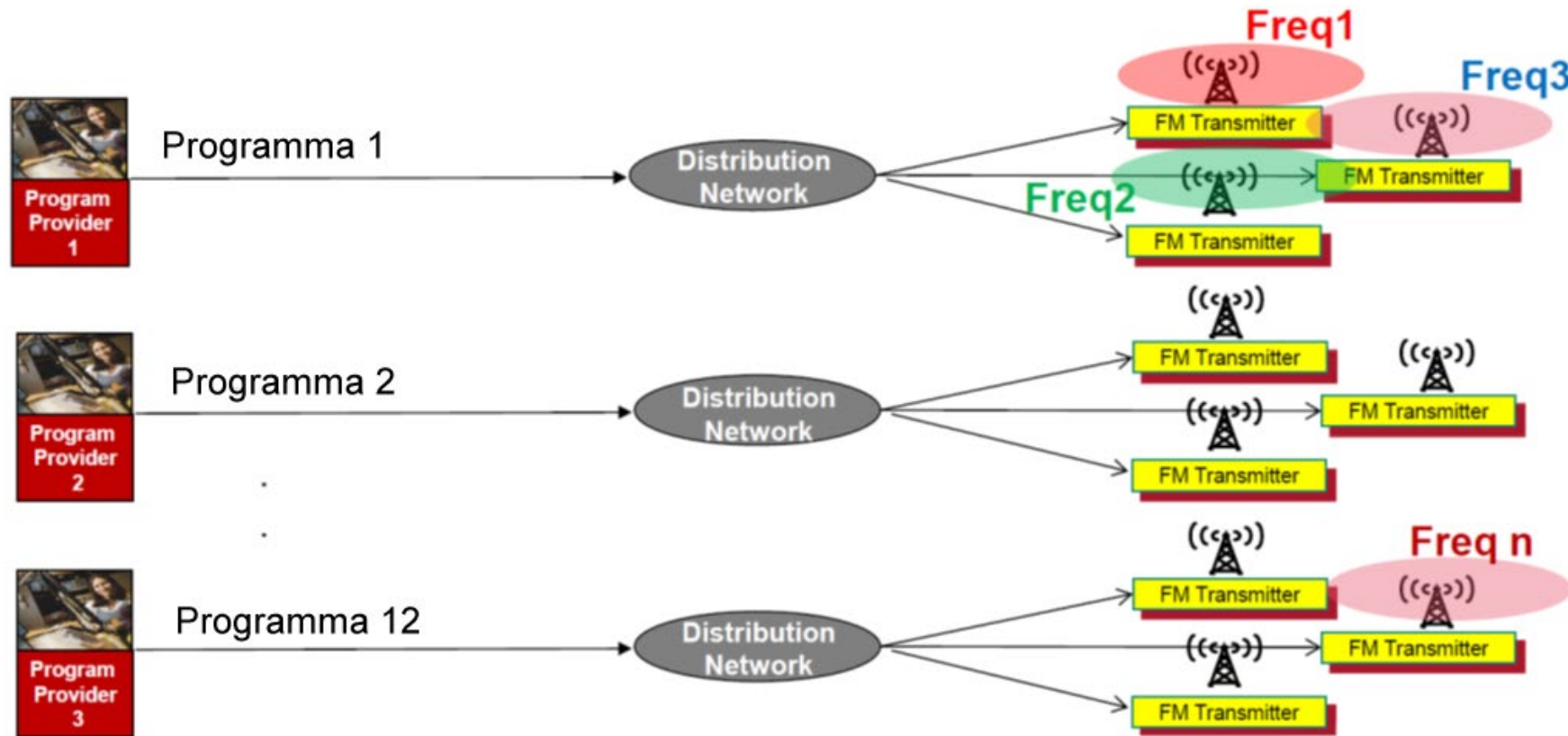


Aspetti tecnici riguardanti il sistema DAB/DAB+

Source: Gatesair

Caratteristiche di una rete DAB+

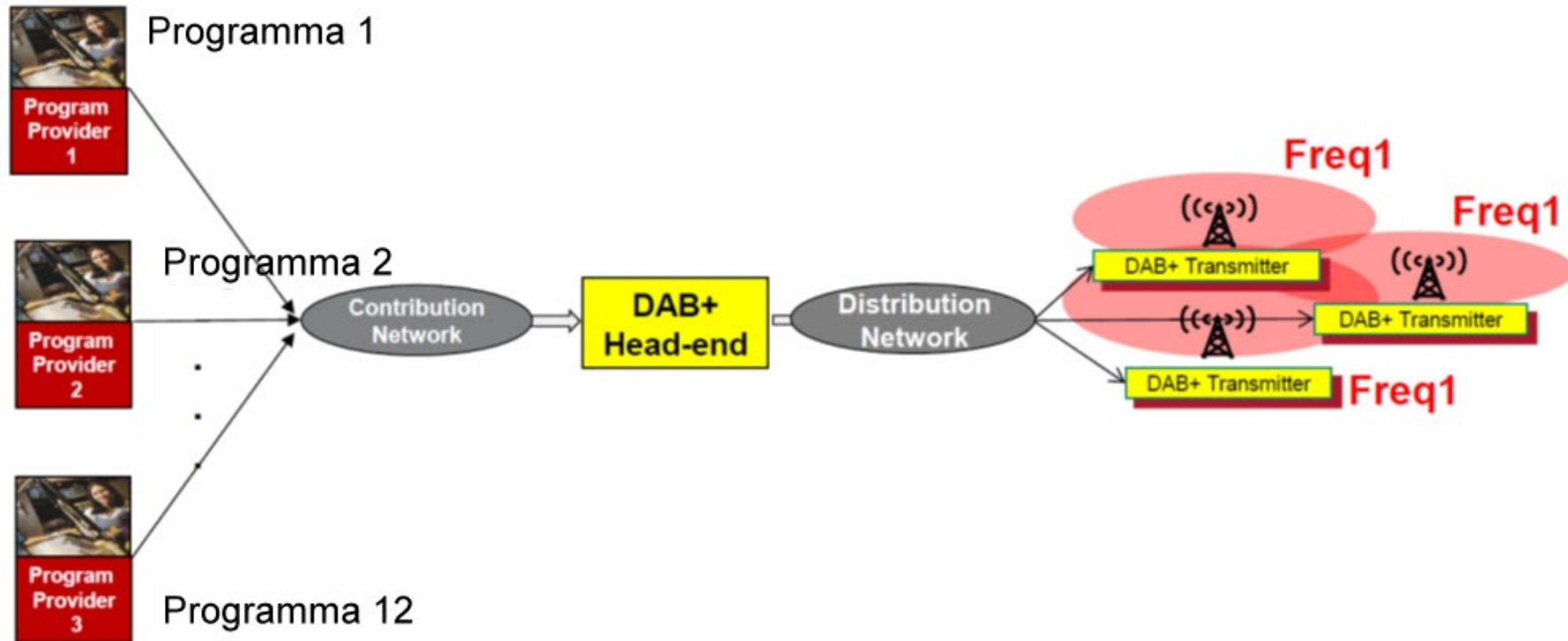
Rete analogica FM (ogni trasmettitore trasmette su una specifica frequenza un canale)



Source: Gatesair

Caratteristiche di una rete DAB+

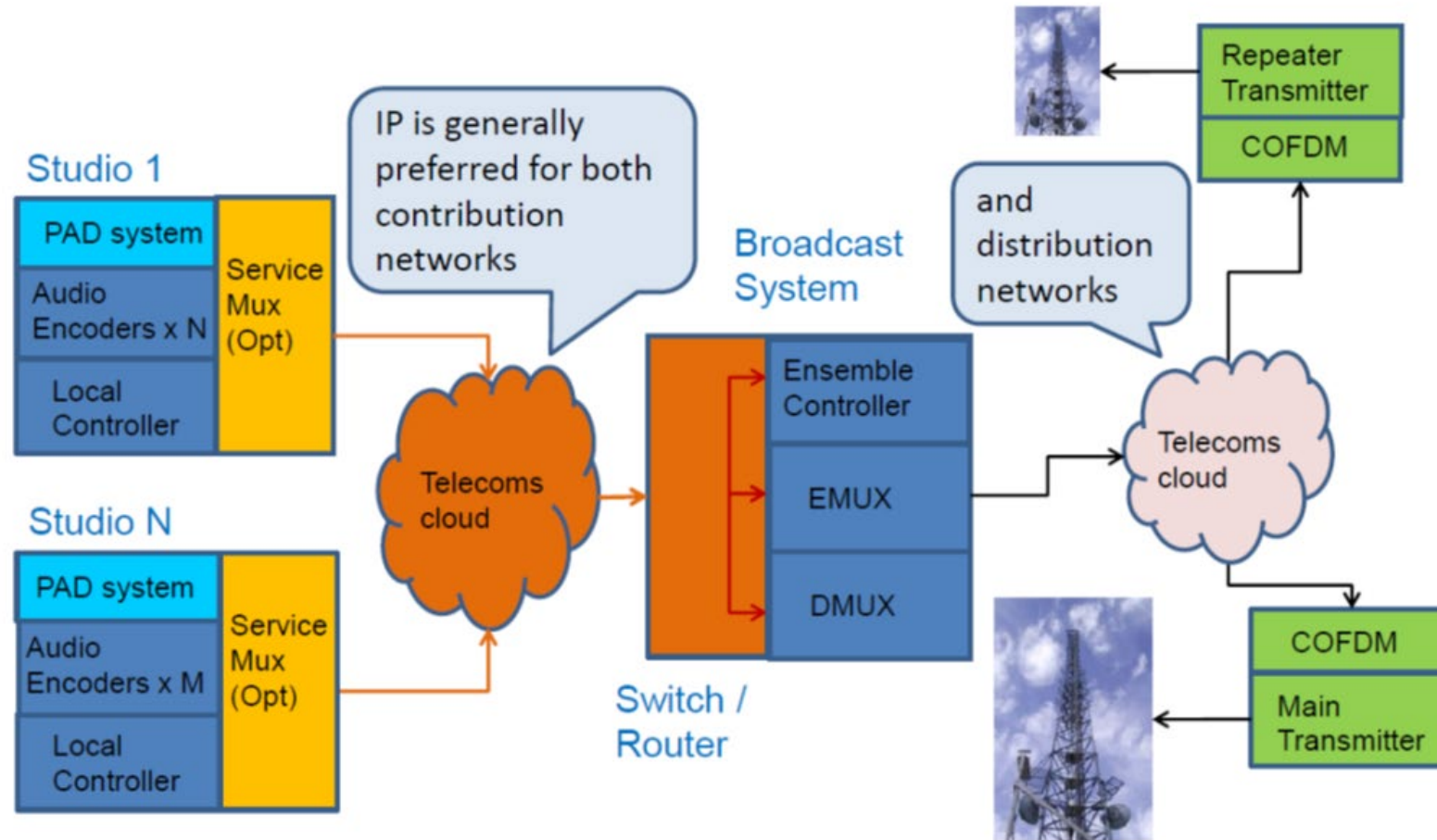
Rete digitale DAB/DAB+ (più canali possono essere trasmessi sulla stessa frequenza)



Source: Gatesair

Caratteristiche di una rete DAB+

Rete di contribuzione, di distribuzione e di trasmissione



(*) Programme Associated Data (PAD)

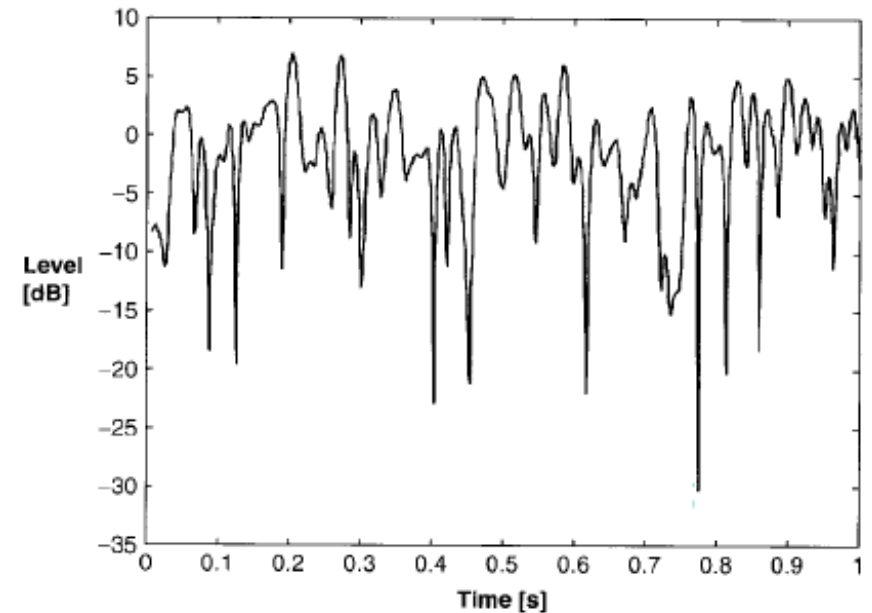
Problemi collegati alla propagazione dei segnali radio

- Fading dovuti a multipath (percorsi multipli)
 - Riflessioni dai veicoli, dagli edifici, ecc..



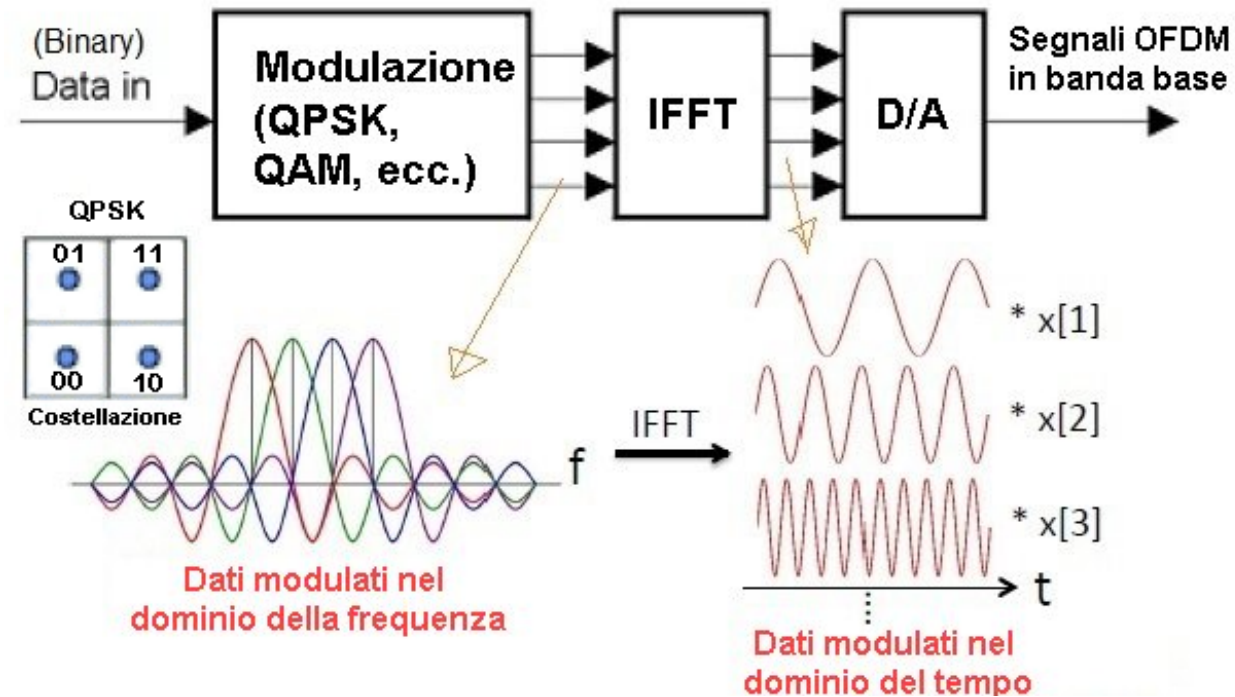
Notevoli variazioni del livello di segnale anche spostando l'antenna ricevente di pochi cm

- Interferenze generate da altri segnali
(ad es. altre stazioni radio, apparati, ecc..)

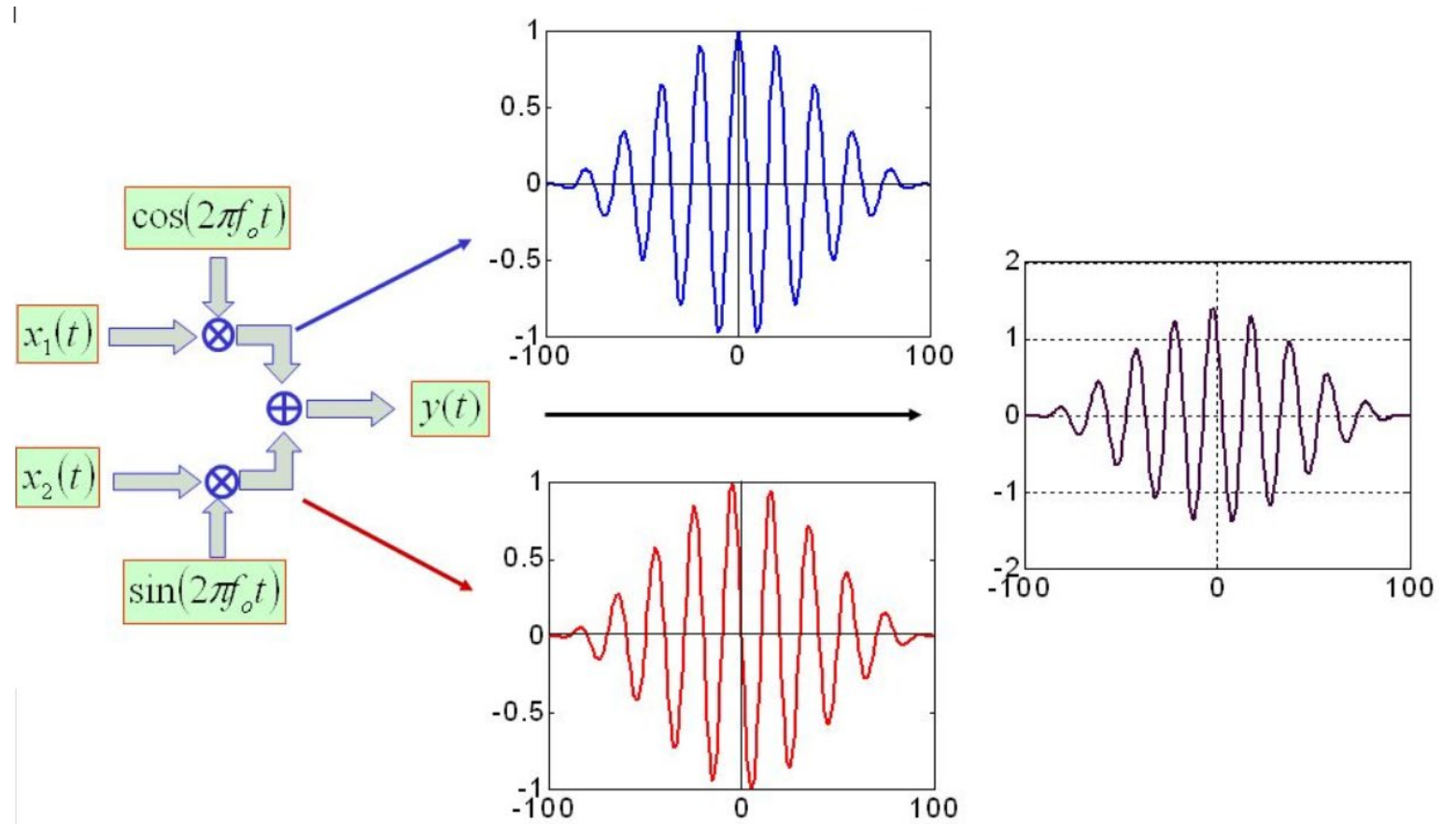
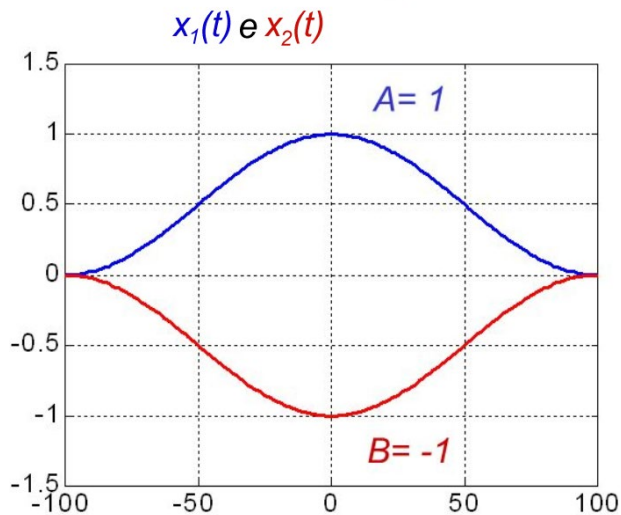
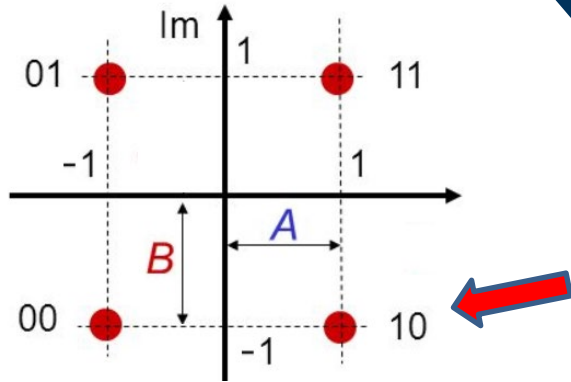


OFDM

Orthogonal Frequency Division Multiplexing



Esempio di trasmissione di un segnale QPSK



Vantaggi della modulazione OFDM

- **Immunità al fading selettivo rispetto ai sistemi a singola portante:**
l'intera banda viene divisa in tante sottobande di larghezza minore il cui impatto del fading è meno rilevante poiché l'andamento della risposta del canale in quella sottobanda è sostanzialmente piatta.
- **Resistente alle interferenze:**
le eventuali interferenze influenzeranno solo una piccola parte delle sottobande in cui risulta suddiviso il segnale.
- **Efficienza dello spettro:**
grazie all'uso di sottoportanti sovrapposte.
- **Resistenza all'interferenza inter-simbolica (ISI):**
grazie alla bassa velocità di trasmissione dati su ciascuna delle sottobande.
- **Resistenza agli effetti provocati dalle interferenze a banda stretta:**
L'utilizzo di un'adeguata codifica di canale e di interleaving permette di recuperare i bit persi a causa della selettività in frequenza del canale e delle interferenze a banda stretta.
- **Equalizzazione del canale più semplice rispetto ai sistemi single-carrier:**
grazie all'utilizzo di più sottobande, l'equalizzazione di canale diventa molto più semplice.

OFDM

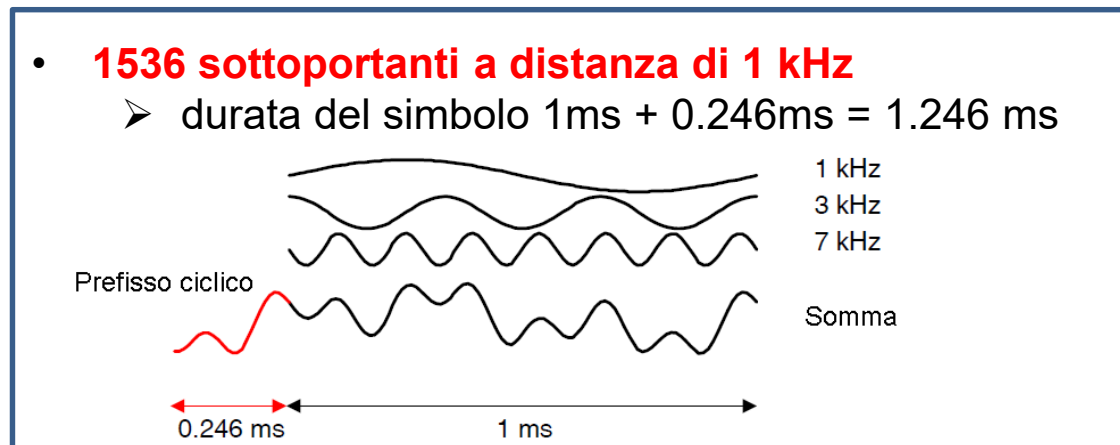
Orthogonal Frequency Division Multiplexing

Table 2.3 The OFDM parameters for the four DAB transmission modes

Mode	K	$1/T$	T_s	Δ	max. frequency
TM I	1536	1 kHz	$\approx 1246 \mu\text{s}$	$\approx 246 \mu\text{s}$	$\approx 375 \text{ MHz}$
TM II	384	4 kHz	$\approx 312 \mu\text{s}$	$\approx 62 \mu\text{s}$	$\approx 1.5 \text{ GHz}$
TM III	192	8 kHz	$\approx 156 \mu\text{s}$	$\approx 31 \mu\text{s}$	$\approx 3 \text{ GHz}$
TM IV	768	2 kHz	$\approx 623 \mu\text{s}$	$\approx 123 \mu\text{s}$	$\approx 750 \text{ MHz}$

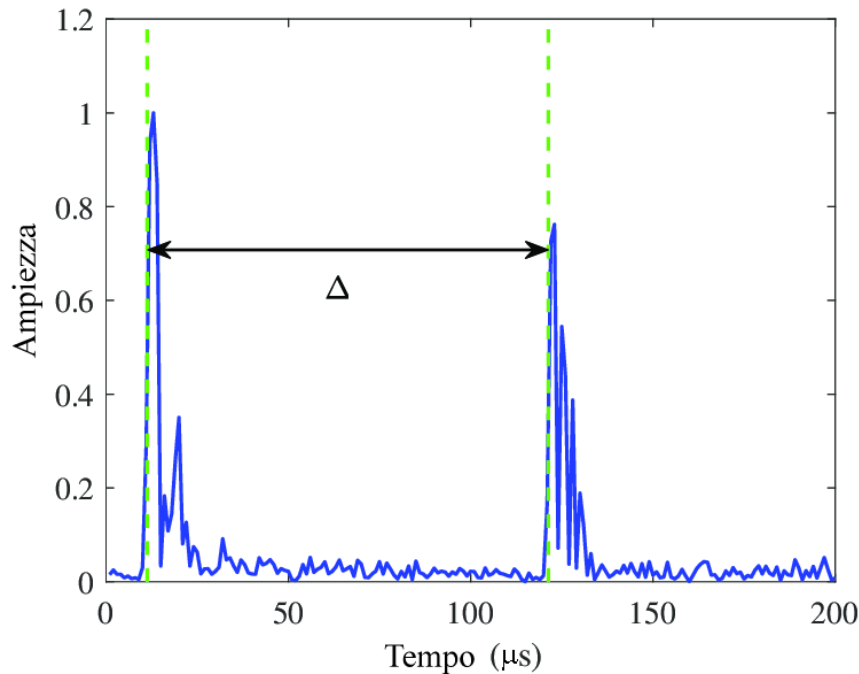


TM I

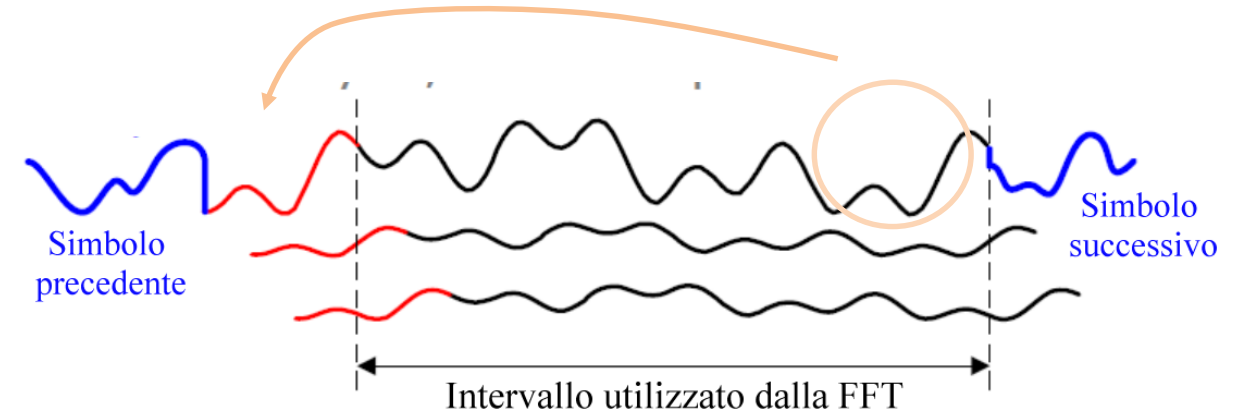


OFDM

Orthogonal Frequency Division Multiplexing



Esempio di risposta del canale

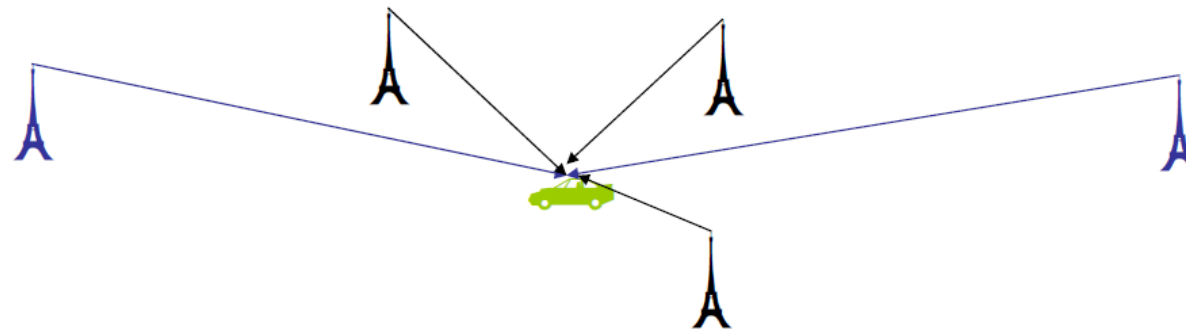


Se la risposta impulsiva è inferiore a **246 µs**:

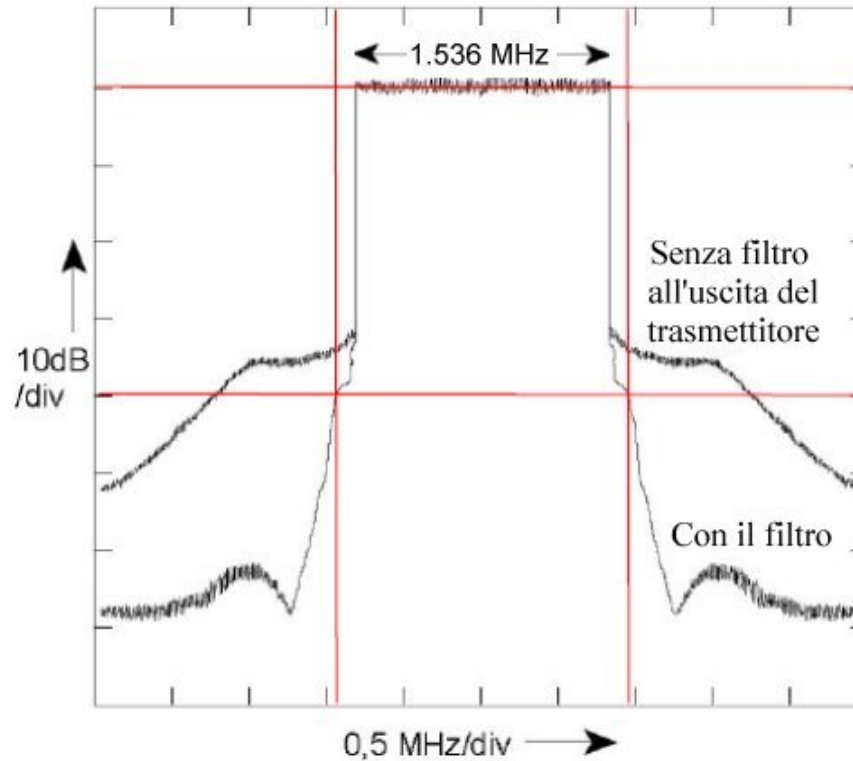
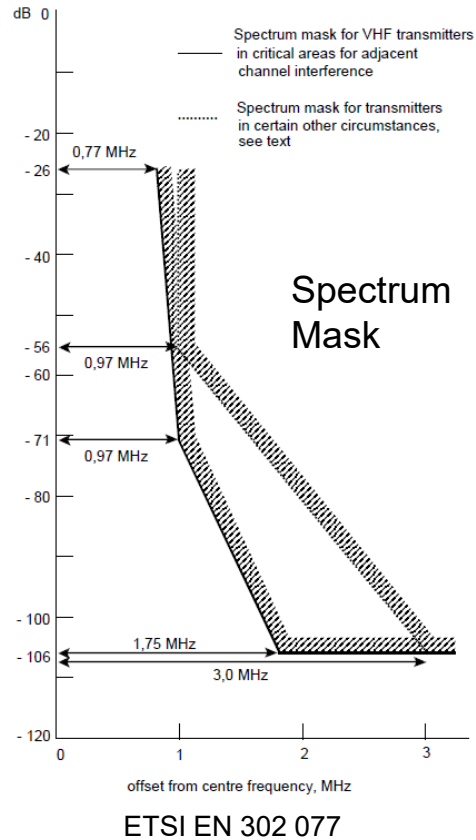
- NON si presenta interferenza intersimbolica
- La FFT in ricezione fornisce il prodotto tra il simbolo trasmesso e la risposta del canale (+ eventuale rumore gaussiano)

Single Frequency Network

- Tutte le stazioni trasmettono un segnale identico
- Non si introduce interferenza se:
Ritardo del segnale + multipath < 0.246 ms
- La distanza ottimale sarebbe circa pari a:
 $C * 0.246 \text{ ms} = 74 \text{ Km}$



Spettro di un segnale DAB trasmesso in banda VHF



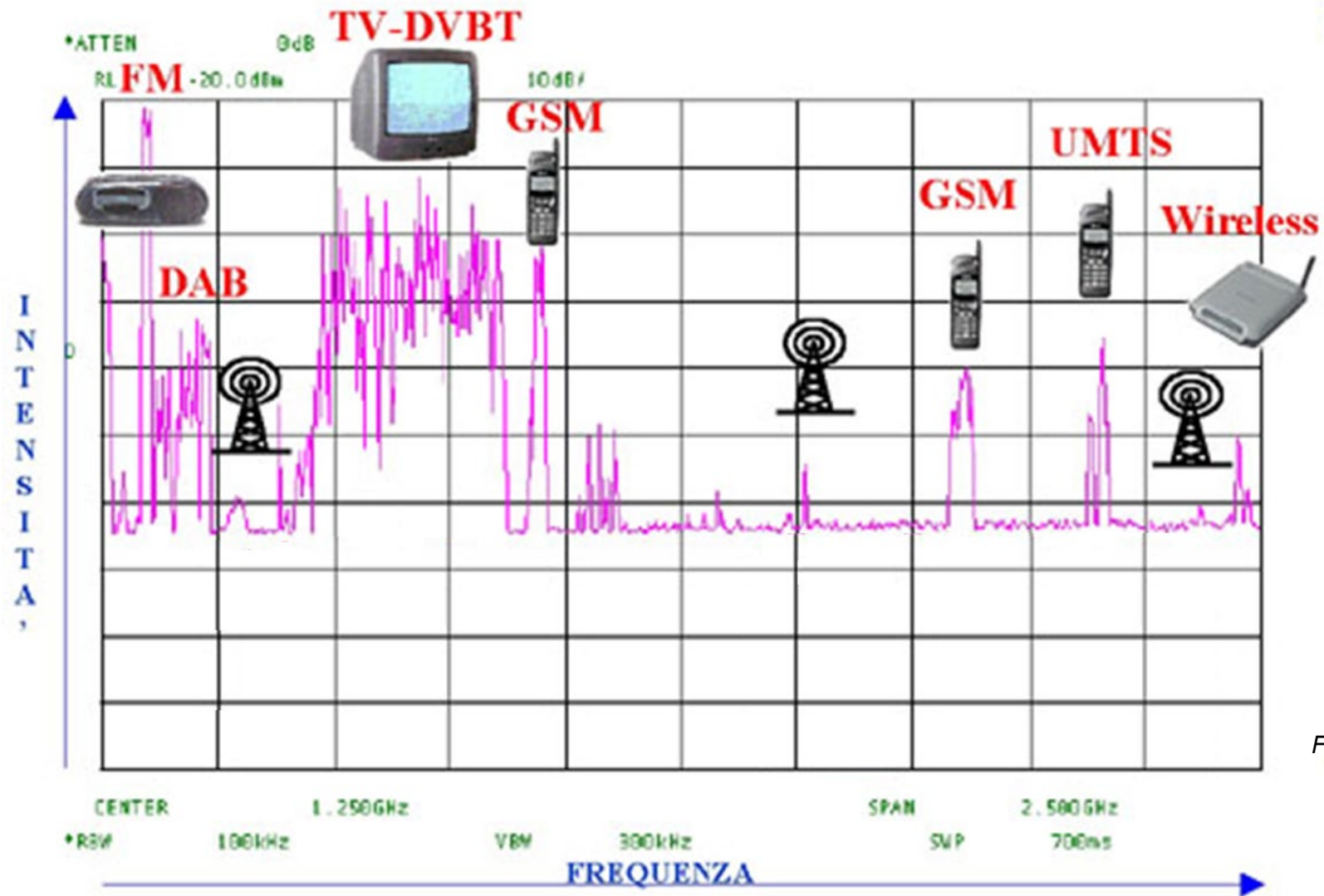
Spalle laterali del canale a - 40 dB

Inferiore ad un livello di potenza di -60 dB

Larghezza di banda del segnale = 1536 sottoportanti a 1 kHz di distanza => 1.536 MHz

Larghezza di banda del canale = 1.712 MHz

Spettro di un segnale DAB trasmesso in banda VHF



Fonte: IRA-INAF (2008)

Organizzazione di un FRAME DAB+

- il FRAME DAB+ rappresenta una suddivisione logica del flusso di dati digitali trasmesso dal sistema DAB+, che consente di organizzare e trasmettere in modo efficiente le informazioni **audio**, di **servizio** e di **controllo**.
- Tutte le informazioni vengono trasmesse utilizzando un certo numero di simboli OFDM. In particolare, in TM I, l'informazione **audio** e di **servizio** è inserita in 72 simboli OFDM e trasportano un totale di circa 2 secondi di audio (non compresso).
- Le informazioni di **servizio** sono dati che contengono, ad esempio, notizie sul traffico, informazioni meteo, i titoli delle canzoni e altro ancora.
- Il frame DAB+ è trasmesso attraverso una serie di canali digitali, ciascuno dei quali ha una larghezza di banda di 1,536 MHz. e può trasmettere fino a circa 1.7 Mbps di audio digitale (codificati, esclusa la parte dati).

Organizzazione di un FRAME DAB+

Mode	Duration of Transmission Frame, ms	Number of CIFs per Transmission Frame	Number of FIBs per Transmission Frame
TM I	96	4	12
TM II	24	1	4
TM III	24	1	3
TM IV	48	2	6

il **modo TM I** è adeguato per la realizzazione di **reti SFN nelle bande I, II e III (VHF)**; Frequenza massima di esercizio fino a 340 MHz e distanza massima tra i trasmettitori di 100 km

il **modo TM II** è più adatto a trasmissioni di carattere locale in cui in genere è coinvolto **un singolo trasmettitore**, ed è previsto per l'utilizzo di frequenze fino a fino a 1380 MHz (bande I, II, III, IV e V)

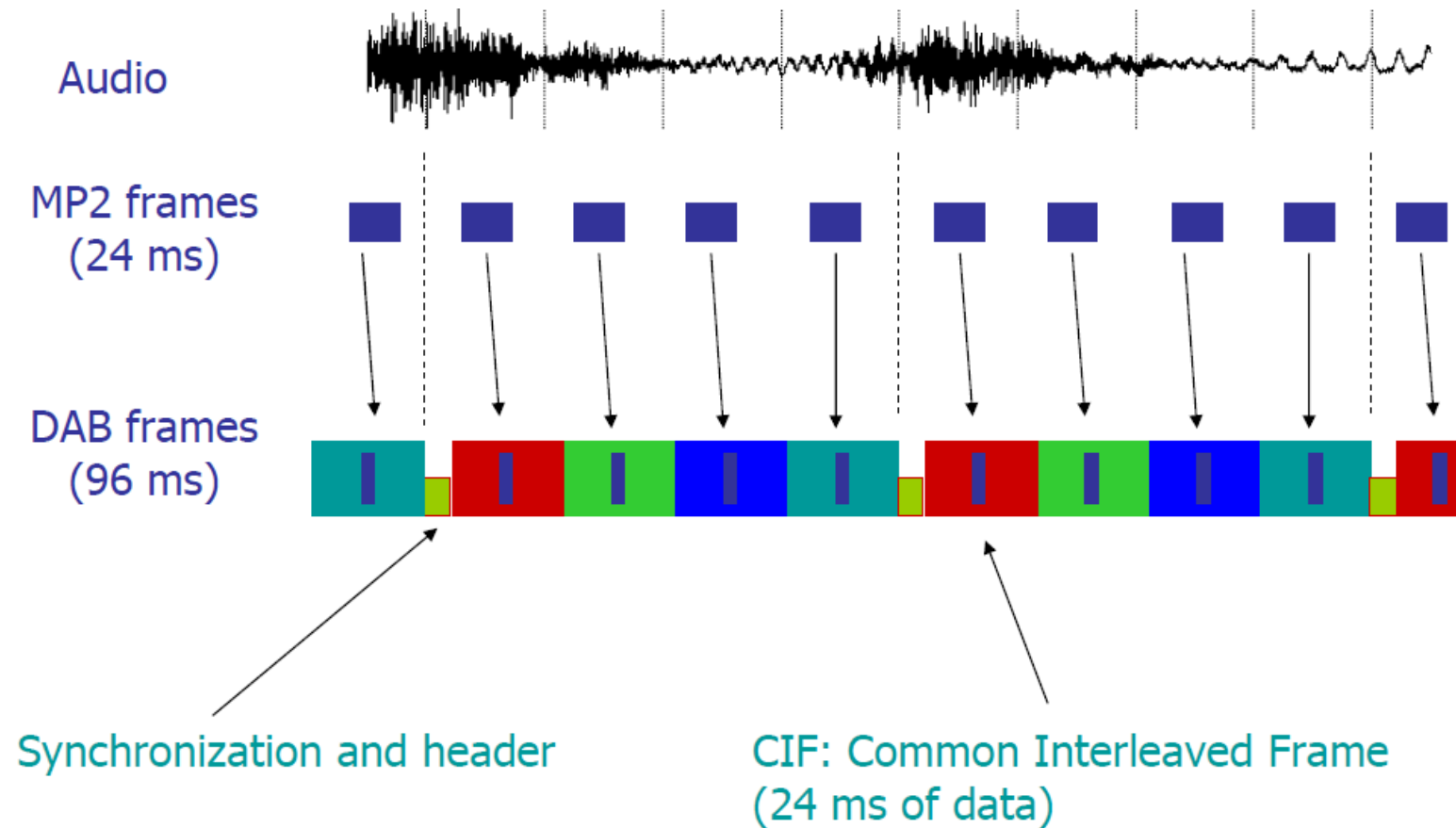
il **modo TM III** è previsto per l'impiego **in reti terrestri, via satellite** e in cavo con frequenze massima di esercizio **fino a 2,7 GHz**

il **modo TM IV** è adeguato per la realizzazione di **reti SFN fino a 1,7 GHz** (banda L) e distanza massima tra i trasmettitori di 50 km

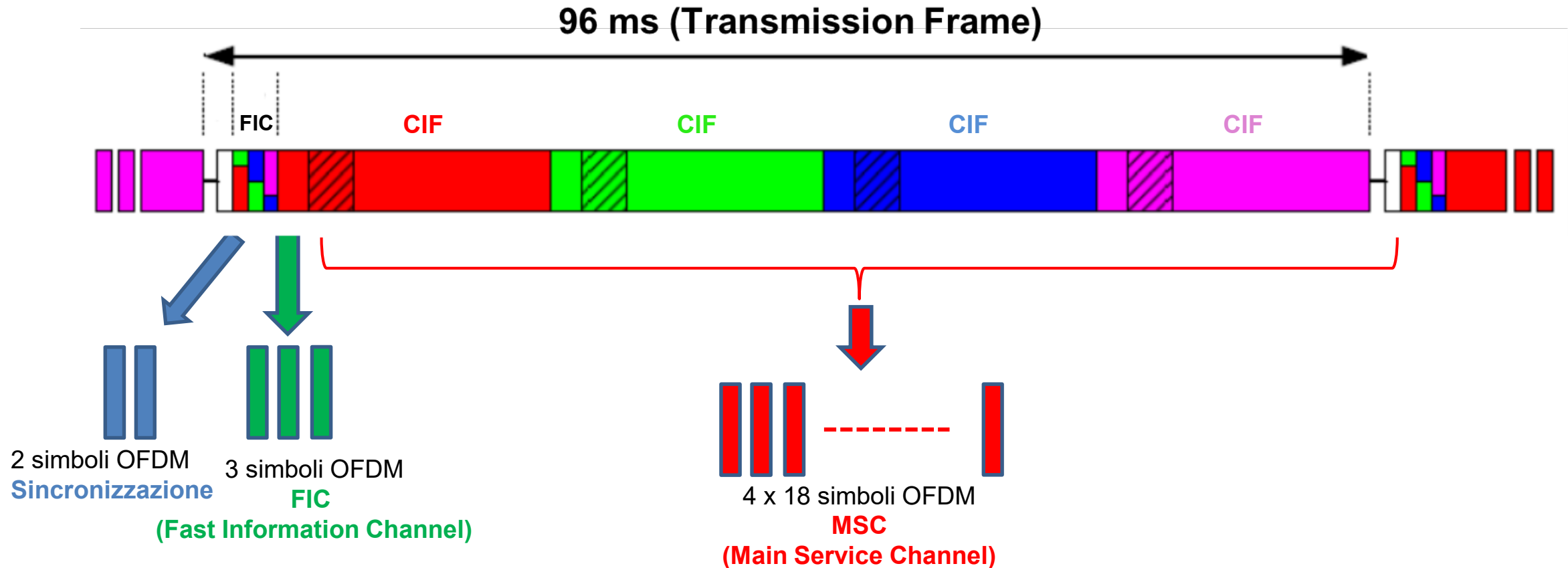


Ad ogni Modo di trasmissione è associato un diverso set di parametri OFDM

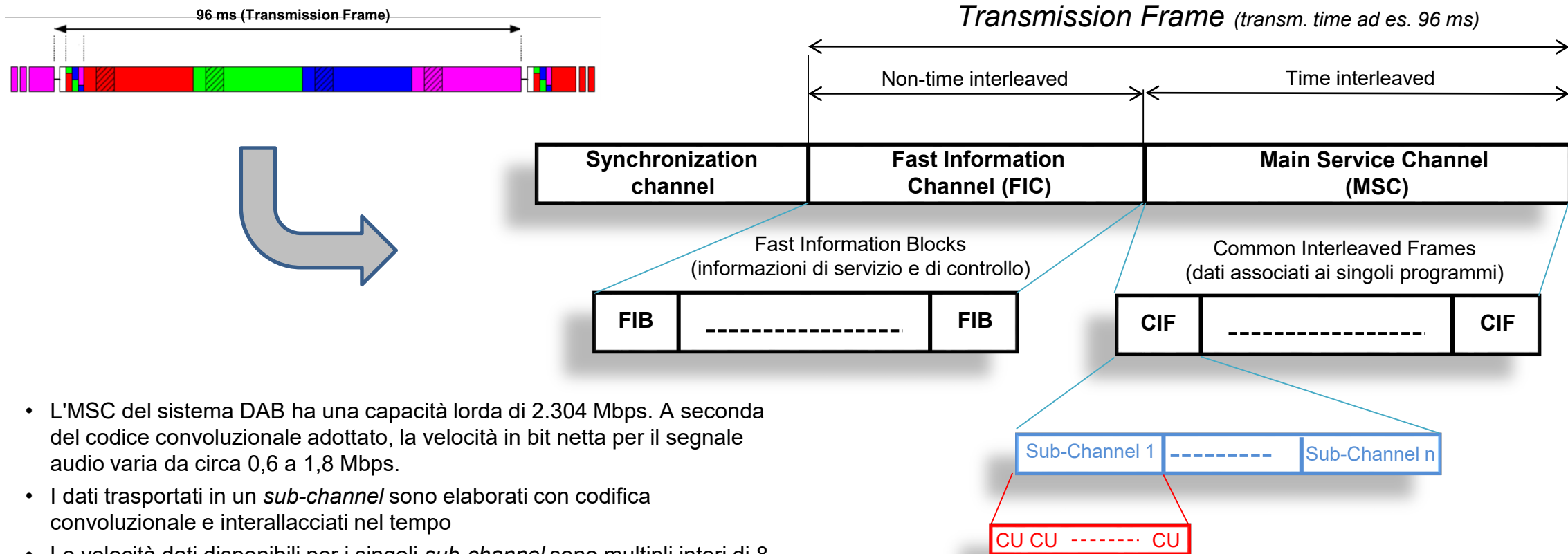
Organizzazione di un FRAME DAB+ (in TM I)



Organizzazione di un FRAME DAB+ (in TM I)



Organizzazione di un FRAME DAB+ (in TM I)



- L'MSC del sistema DAB ha una capacità lorda di 2.304 Mbps. A seconda del codice convoluzionale adottato, la velocità in bit netta per il segnale audio varia da circa 0,6 a 1,8 Mbps.
- I dati trasportati in un *sub-channel* sono elaborati con codifica convoluzionale e interallacciati nel tempo
- Le velocità dati disponibili per i singoli *sub-channel* sono multipli interi di 8 kbps (fino ad un massimo di 192 kbps)
- La **Capacity Unit (CU)** è la minima parte di dati (64 bit) indirizzabile in un sub-channel (ne può contenere minimo 3)

Riepilogo dei parametri di un sistema DAB in banda III VHF

- **Banda di frequenza utilizzata: 174 – 230 MHz (Banda II VHF)**
 - La lunghezza d'onda è superiore a 1m per favorire la diffrazione intorno agli oggetti
- **Larghezza di banda di un canale DAB/DAB+: 1.536 MHz**
 - Con questa larghezza di banda si possono allocare **4 canali DAB in una banda da 7 MHz**
- **Utilizzo della tecnica di modulazione OFDM**
 - 1536 sottoportanti
 - Spaziatura tra sottoportanti: 1 kHz
 - Prefisso ciclico: 0.246 ms (per consentire lo sviluppo di SFN)
 - Modulazione digitale: D-QPSK
- **Numero di simboli OFDM trasmessi per Frame di Trasmissione: 77**
 - 72 simboli OFDM per audio e dati aggiuntivi
 - 3 simboli per informazioni sulla configurazione del multiplex e altre informazioni di servizio opzionali
 - 2 simboli di sincronizzazione (di cui uno contenente dati nulli)

Cenni sulla qualità del sistema DAB+

Source: Gatesair

Cenni sulla qualità del servizio DAB+

Miglioramenti principali rispetto allo standard DAB:

- **Codifica audio adottata:** MPEG-4 (HE-AAC v2), la quale, normalmente, consente di avere una qualità audio superiore
- **Maggiore efficienza** nella trasmissione delle informazioni, in quanto l'MPEG-4 richiede un bit rate inferiore per trasmettere la stessa quantità di informazioni
- Implementa **codici di correzione** FEC (RS(120, 110, t = 5) shortened code)
- Consente di trasmettere su un unico multiplex **fino a 24 servizi** diversi con una qualità audio migliore rispetto a quella delle trasmissioni analogiche
- Possibilità di trasmettere insieme al flusso audio, anche dei servizi multimediali aggiuntivi (cosiddetti **PAD – Programme Associated Data**) come immagini (SLS), dati e informazioni in forma testuale (DLS) e informazioni sul traffico tramite lo standard TPEG (*Transport protocol experts group*)

Cenni sulla qualità del servizio DAB+

MPEG-2/4 HE AAC

Il sistema DAB originale, basato sulla codifica **MPEG-1 Audio Layer II**, presentava limitazioni per quanto riguarda il bit rate e la qualità.

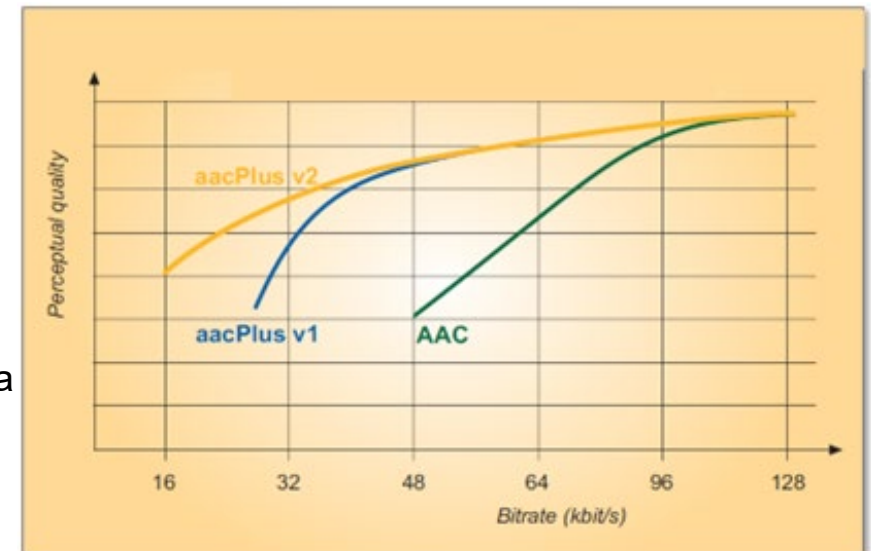
Negli anni successivi alla progettazione del sistema DAB Eureka 147 originale, entrambi gli algoritmi di codifica audio sono stati migliorati e la potenza di elaborazione disponibile per i produttori di chipset è aumentata.

Il nuovo sistema di trasmissione DAB+ ha implementato un nuovo schema di codifica audio basato sull'algoritmo AAC (Advanced Audio Coding).

L'algoritmo AAC è disponibile in molte varietà a seconda della sua particolare applicazione:

- MPEG-2 AAC – il codificatore MPEG2 standard originale;
- MPEG-4 AAC-LC – versione a bassa complessità;
- MPEG-4 HE AAC – versione ad alta efficienza di AAC-LC con SBR (Spectral Band Replication)
- **MPEG-4 HE AAC v2** – come HE AAC ma include la codifica PS (Parametric Stereo coding)

I risultati di diversi test indicano che la qualità di Audio Layer II a 192 kbps può essere raggiunta con AAC già a 128 kbps, a volte anche a 96 kbps.



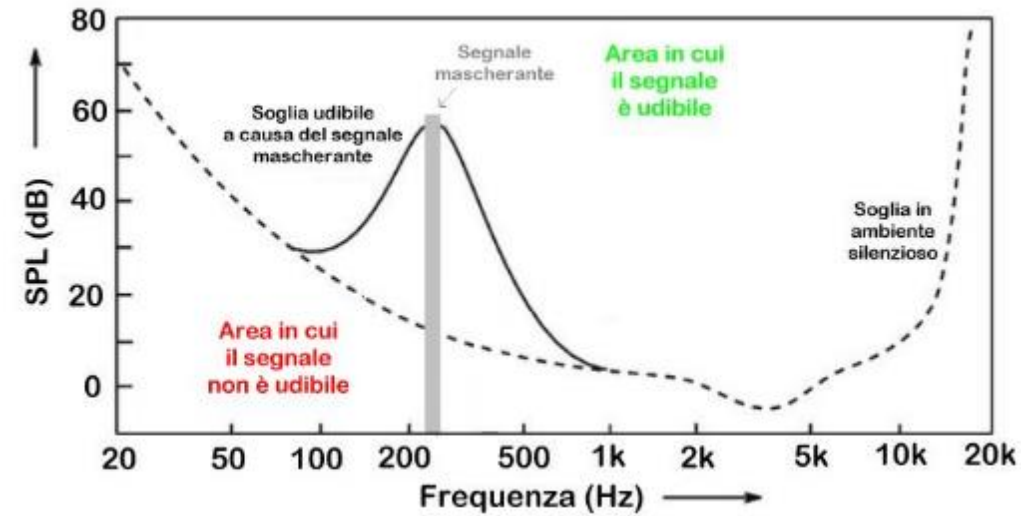
Cenni sul campionamento del segnale audio

Nel corso degli anni è stato ampiamente dimostrato, attraverso studi sperimentali, che la massima frequenza percepibile dall'udito umano non supera i **20kHz**.

Una banda passante di 20kHz richiede una frequenza di campionamento di poco superiore al doppio di quella per consentire l'utilizzo di filtri a pendenza finita. Nella prima release del DAB, dopo vari studi, si è deciso di adottare la frequenza di campionamento pari a 48 kHz e campioni da 16 bit, ottenuti attraverso la tecnica PCM.

Questo tipo di approccio non era molto efficiente perché richiedeva la trasmissione di un data rate molto elevato rispetto alla banda disponibile. Quindi con l'introduzione del MPEG2 si introdusse anche l'opzione che prevedeva una frequenza di campionamento pari a 24 kHz (LSF coding)

Nella versione attualmente utilizzata dal DAB+ (MPEG-4 HE AAC v2) sono disponibili 4 possibili frequenze di campionamento: **48kHz**, **32kHz**, **24kHz** e **16kHz**. Le ultime due solo in caso di applicazione dell'algoritmo SBR. I campioni possono raggiungere una risoluzione di 22 bit.



Cenni sulla qualità del servizio DAB+

Data rate disponibile per i dati audio con diversi tassi di campionamento del segnale

Sub-channel index, s	Sub-channel size [kbps]	Bit-rate available for audio [kbps]			
		AAC core sampling rate			
		16 kHz	24 kHz	32 kHz	48 kHz
1	8	6,733	6,533	6,267	5,800
2	16	14,067	13,867	13,600	13,133
3	24	21,400	21,200	20,933	20,467
4	32	28,733	28,533	28,267	27,800
5	40	36,067	35,867	35,600	35,133
6	48	43,400	43,200	42,933	42,467
7	56	50,733	50,533	50,267	49,800
8	64	58,067	57,867	57,600	57,133
9	72	65,400	65,200	64,933	64,467
10	80	72,733	72,533	72,267	71,800
11	88	80,067	79,867	79,600	79,133
12	96	87,400	87,200	86,933	86,467
13	104	94,733	94,533	94,267	93,800
14	112	102,067	101,867	101,600	101,133
15	120	109,400	109,200	108,933	108,467
16	128	116,733	116,533	116,267	115,800
17	136	124,067	123,867	123,600	123,133
18	144	131,400	131,200	130,933	130,467
19	152	138,733	138,533	138,267	137,800
20	160	146,067	145,867	145,600	145,133
21	168	153,400	153,200	152,933	152,467
22	176	160,733	160,533	160,267	159,800
23	184	168,067	167,867	167,600	167,133
24	192	175,400	175,200	174,933	174,467

Source: ETSI TS 102 563

Bit rate raccomandati per segnali audio (compressi)

Bit rate [kbit/s]	Modes of encoder processing			
	channel channel	channel joint	mono double	stereo stereo
32	x			
48	x			
56	x			
64	x	x	x	x
80	x			
96	x	x	x	x
112	x	x	x	x
128	x	x	x	x
160	x	x	x	x
192	x	x	x	x
224		x	x	x
256		x	x	x
320		x	x	x
384		x	x	x

modalità audio disponibili:

- **modalità monocanale** (*channel-channel*): un programma audio monofonico;
- **modalità stereo** (*channel joint*): canali sinistro e destro di un programma audio stereofonico;
- **modalità a doppio canale** (*mono double*): in questa modalità i due canali audio possono essere o bilingue oppure due canali mono;
- **modalità stereo congiunta** (*stereo stereo*): in questa modalità, l'encoder sfrutta la ridondanza e l'irrelevanza dei segnali stereo per un'ulteriore riduzione dei dati, utilizzando la codifica stereo *Intensity* (ETSI TS 103 466).

Codici di correzione basati su Reed Solomon

Il DAB+ utilizza il codice Reed-Solomon RS(120, 110, $t = 5$) di tipo *shortened*, che deriva dal codice RS(255, 245, $t = 5$). Deve essere applicato a porzioni di 110 byte di ciascun *audio super frame* per generare un pacchetto protetto da errore.

Il codice Reed-Solomon *shortened* può essere implementato aggiungendo 135 byte, tutti impostati a zero, prima dei byte di informazione all'ingresso di un codificatore RS(255, 245, $t = 5$).

Dopo la procedura di codifica RS questi byte nulli devono essere scartati, rimanendo una parola di codice RS di $N = 120$ byte

Questo codice di Reed-Solomon consente la correzione di un massimo di 5 byte casuali errati ($t=5$) in una parola ricevuta di 120 byte.

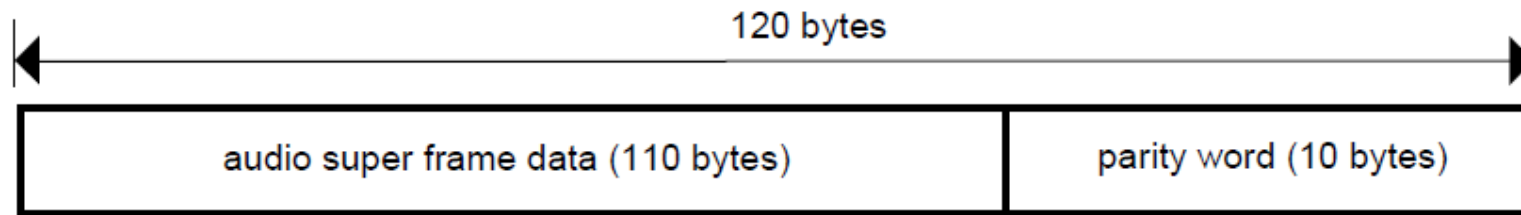


Figure 3: Error protected packet

Codici di correzione, bit rate e relativo C/N

FEC Code	Code rate	Sub-channels Total rate (kbps)	Bitrate x subchan (kbps)			C/N (ric. fissa) (dB)	C/N (ric.port. & mobile) (dB)
			6 progr	12 progr	18 progr		
1A	1/4	576	96	48	32	3.8	7.0
2A	3/8	864	144	72	48	4.4	9.3
3A	2/3	1536	192	96	64	5.7	11.8
4A	3/4	1728	(288)	144	96	8.6	17.3



72 Capacity Units (CUs)

Servizi multimediali aggiuntivi – *Programme Associated Data (PAD)*

Source: Gatesair

SlideShow (SLS) data



Immagini che rimangono fisse per ogni programma (ad es. logo)



Informazioni sul brano musicale in onda



Webcam in studio



SMS dagli ascoltatori

- Pubblicità durante la riproduzione delle canzoni;
- Bollettini del traffico e del tempo;
- Risultati sportivi e informazioni di borsa;
- Notizie locali, avvenimenti, eventi della comunità.

Dynamic Label Segment (DLS) data

In aggiunta all'SLS, la tecnologia digitale DAB+ permette la trasmissione di messaggi di testo brevi (DLS), fino a 128 caratteri.

I servizi DLS possono essere costituiti da un carosello di più messaggi testuali costantemente aggiornati che si alternano ad intervalli regolari (ad esempio ogni 15 secondi)

I contenuti testuali utilizzati riguardano, tra le altre, le seguenti categorie:

- News
- Informazioni sul programma in onda
- Traffico
- Informazioni sul brano musicale in onda

Informazioni sul traffico attraverso lo standard TPEG

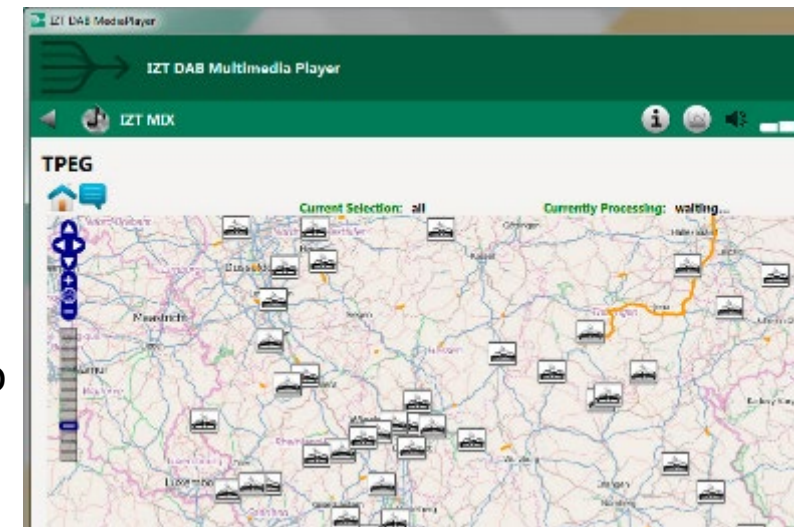
La Radio Digitale si presta anche al trasporto di informazioni sul traffico

Rispetto al protocollo TMC, utilizzato su FM RDS, TPEG permette di trasportare una quantità maggiore di dati

Gli standard TPEG sono pubblicati da ISO e sono disponibili a pagamento:

- ISO/TS 24530-1:2006, Traffic and Travel Information (TTI) – TTI via Transport Protocol Experts Group (TPEG) Extensible Markup Language (XML) – Part 1
- ISO/TS 18234-1:2013, Intelligent transport systems – Traffic and travel information via Transport Protocol Experts Group, generation 1 (TPEG1) binary data format – Part 1

TPEG ha grandi potenzialità, ma i servizi broadcast che lo trasmettono sono ancora pochi, e i ricevitori non sono ancora disponibili sul mercato Europeo.



Source. IZT GmbH

Considerazioni sull'uso dello spettro radio da parte del DAB/DAB+ in Italia

Spettro radio attualmente assegnato al DAB – Alcuni dati statistici

Copertura di popolazione:	86%
Copertura di territorio:	57%
Copertura autostrade:	95%
Operatori nazionali:	3
Operatori locali	50 (circa)
<i>Source Digitalradio (https://digitalradio.it/)</i>	
Numero di servizi:	136 DAB+, 7 Dati
Automobili con il sistema DAB/DAB+ :	28% circa
Numero di dispositivi venduti:	1,343,000
Penetrazione servizio in ambito domestico:	3% circa
<i>Source World DAB (Last update: 18.01.2018)</i>	



Source. IZT GmbH

Spettro radio assegnato al DAB – Ulteriori informazioni di rilievo

Come stabilito dalla Conferenza europea di Wiesbaden del 1995, il DAB puo' operare indifferentemente in banda VHF- III (174,0 MHz - 240,0 MHz) ovvero in banda UHF-L (1.452 MHz - 1.468 MHz)

In Italia viene recepito dalla Legge n.66 del 2001 (pubblicata su Gazzetta Ufficiale del 15/12/2001) che ha regolamentato la transizione alla tecnologia digitale

In Italia, la prima trasmissione autorizzata in DAB+ è del 2012 in Trentino-Alto Adige

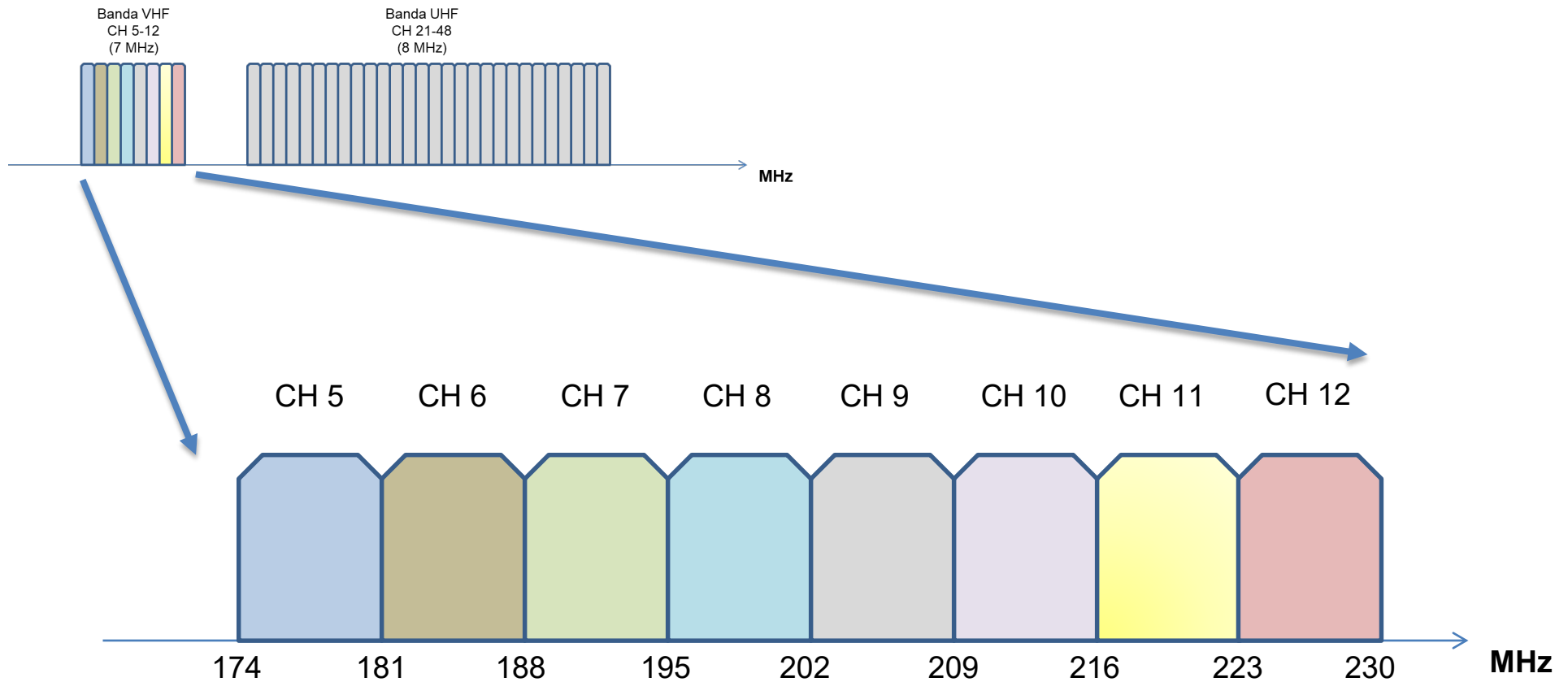
La dotazione di risorse frequenziali per il servizio di radiofonia in tecnica digitale, è stata successivamente limitata alla sola banda III in VHF poiché le frequenze in banda L (1.452 – 1.492 MHz) **sono state destinate ad altri servizi di comunicazione** (Cfr. delibera n. 259/15/CONS, recante “Procedure e regole per l'assegnazione e l'utilizzo delle frequenze disponibili nella banda 1452-1492 MHz per sistemi terrestri di comunicazioni elettroniche”)

Attualmente sul PNRF la banda 1.452 – 1.492 MHz è assegnata al servizio MOBILE (per collegamenti supplementari limitati alla trasmissione della stazione base);

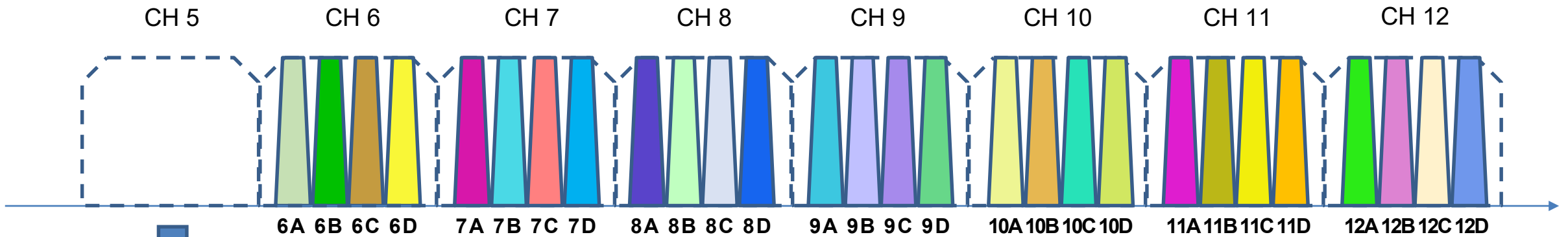
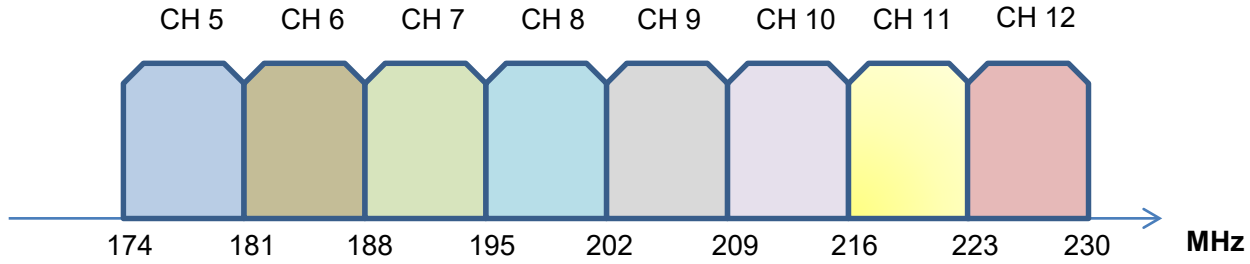
Inoltre, anche in banda VHF risultano indisponibili:

- Il canale VHF 13 utilizzato dal Ministero della Difesa
- Il canale VHF 5 utilizzato per la rete nazionale N.12 della televisione digitale terrestre (oltre ad altri canali VHF in aree geograficamente limitate)

Banda VHF radio digitale e televisiva

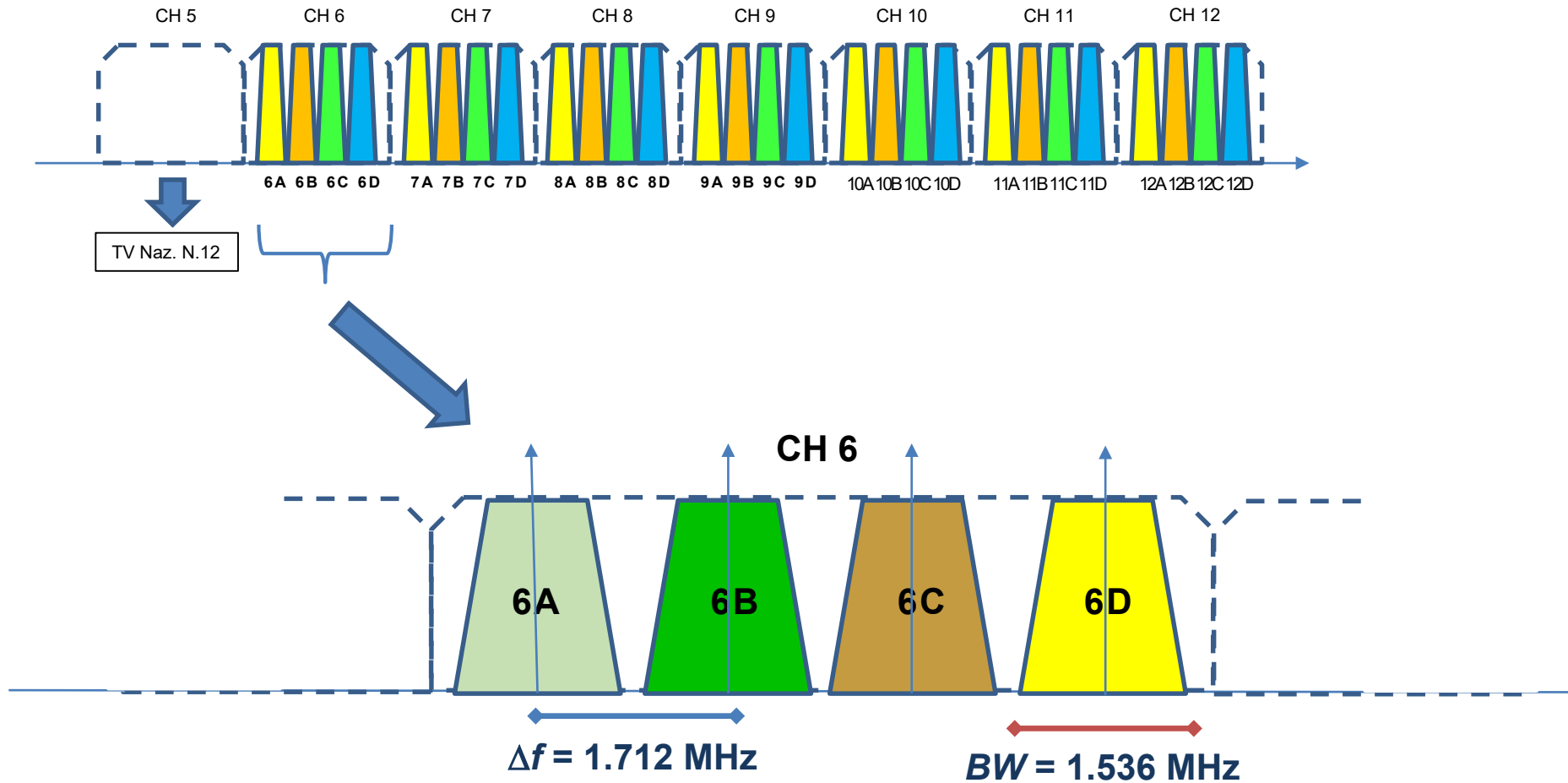


Banda VHF DAB



TV Naz. N.12

Banda VHF DAB





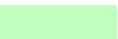



CANALE	FREQUENZA CENTRALE
6A	181.936 MHz
6B	183.648 MHz
6C	185.360 MHz
6D	187.072 MHz
7A	188.928 MHz
7B	190.640 MHz
7C	192.352 MHz
7D	194.064 MHz
8A	195.936 MHz
8B	197.648 MHz
8C	199.360 MHz
8D	201.072 MHz
9A	202.928 MHz
9B	204.640 MHz
9C	206.352 MHz
9D	208.064 MHz
10A	209.936 MHz
10B	211.648 MHz
10C	213.360 MHz
10D	215.072 MHz
11A	216.928 MHz
11B	218.640 MHz
11C	220.352 MHz
11D	222.064 MHz
12A	223.936 MHz
12B	225.648 MHz
12C	227.360 MHz
12D	229.072 MHz

**Pianificazione dell'uso delle frequenze
assegnate al servizio DAB:
PNAF-AgCom (delib.286/22/CONS)**

PNAF-DAB - Le 3 Reti Nazionali DAB






Rete Nazionale N.1



	7C		12A
	8B		10C
	9B		6D






Rete Nazionale N.2



	7D		10D
	8A		6B
	12B		

Rete Nazionale N.3



	9A		6A
	10A		7A
	8A		

Le Reti DAB in ambito locale

Per quanto riguarda la **pianificazione in ambito locale**, il PNAF-DAB ha definito **21 bacini d'utenza** nei quali è stata prevista la presenza, per uno stesso bacino, di reti a livelli di decomponibilità differenziati, in funzione del quadro di coordinamento internazionale e del tipo di copertura dei programmi da diffondere. In particolare sono state previste:

- **n. 54 reti in ambito locale con copertura regionale**, di cui 27 decomponibili su base sub-regionale;
- **n. 36 reti in ambito locale con copertura provinciale o pluri-provinciale.**

Layer pianificati:

- Un layer di reti regionali per la **diffusione solo a livello regionale**
- Altri tre layer sempre a copertura regionale ma decomponibili in sub-bacini per dare modo all'operatore, se vuole, **di differenziare la diffusione anche a livello provinciale.**
- Un ulteriore layer nel quale la diffusione è **solo a livello provinciale o pluri-provinciale**

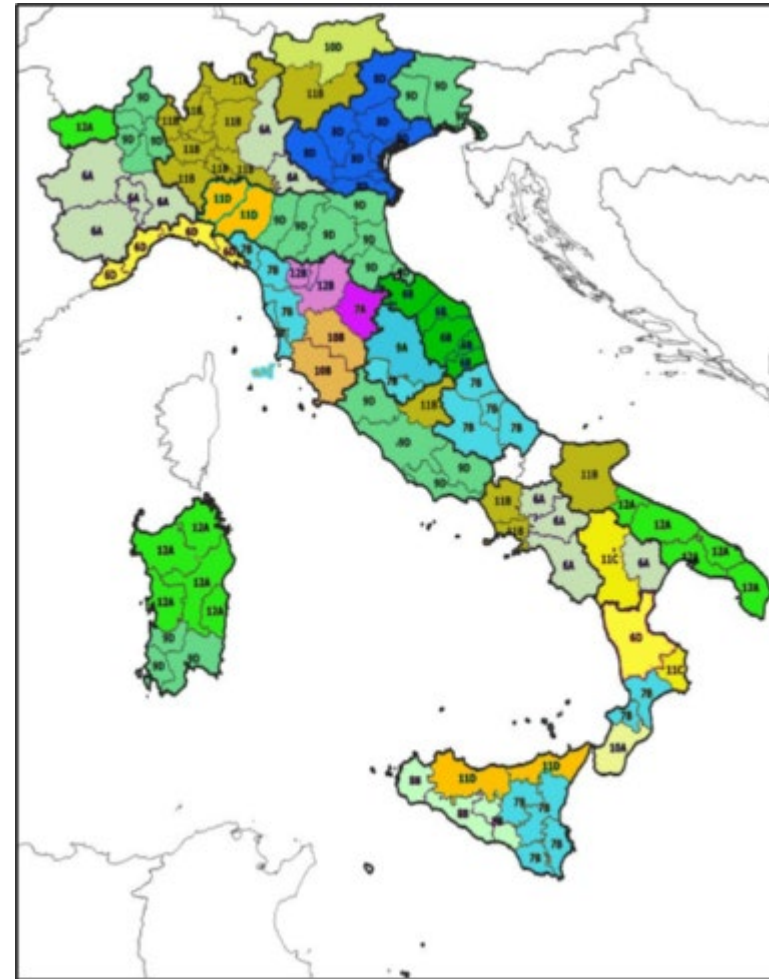
Le Reti Regionali DAB (1/2)

Rete Regionale N.1



- 12C
- 12B
- 12A
- 10B
- 11C
- 12D
- 9B
- 6B
- 7B

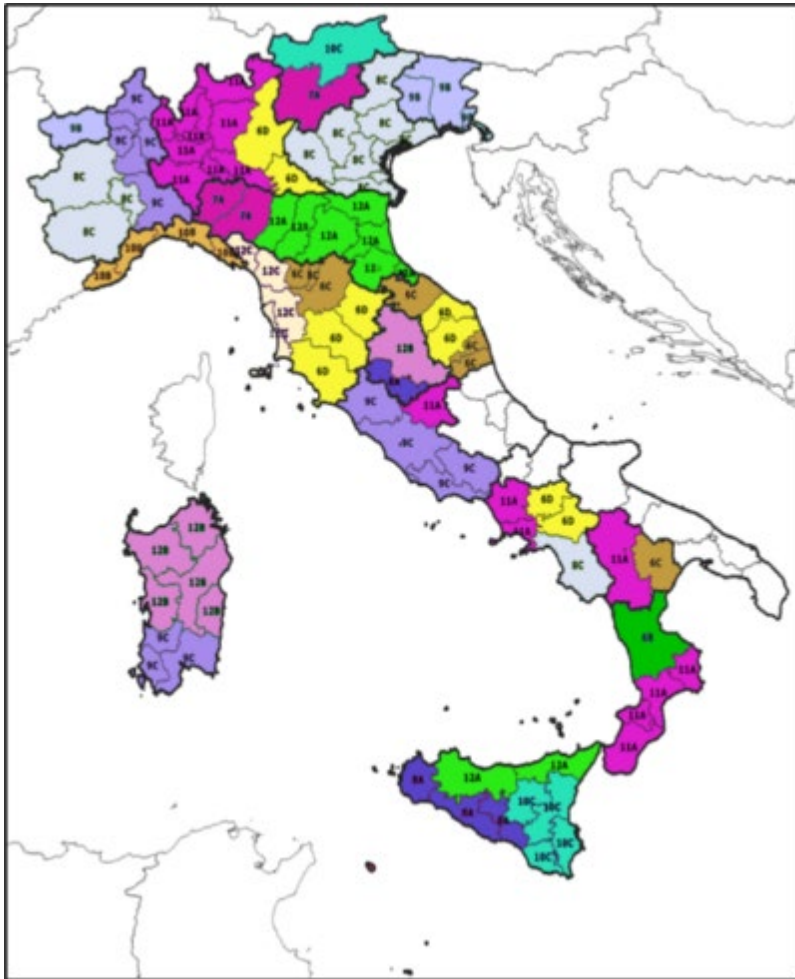
Rete Regionale N.2



- 9D
- 9A
- 8D
- 8B
- 7B
- 7A
- 6D
- 6B
- 10A
- 6A
- 12B
- 12A
- 11D
- 11C
- 11B
- 10D
- 10B

Le Reti Regionali DAB (2/2)

Rete Regionale N.3



- 7A
- 8C
- 9B
- 9C
- 10B
- 11A
- 6D
- 10C
- 12A
- 6C
- 12C
- 12B
- 8A
- 6B

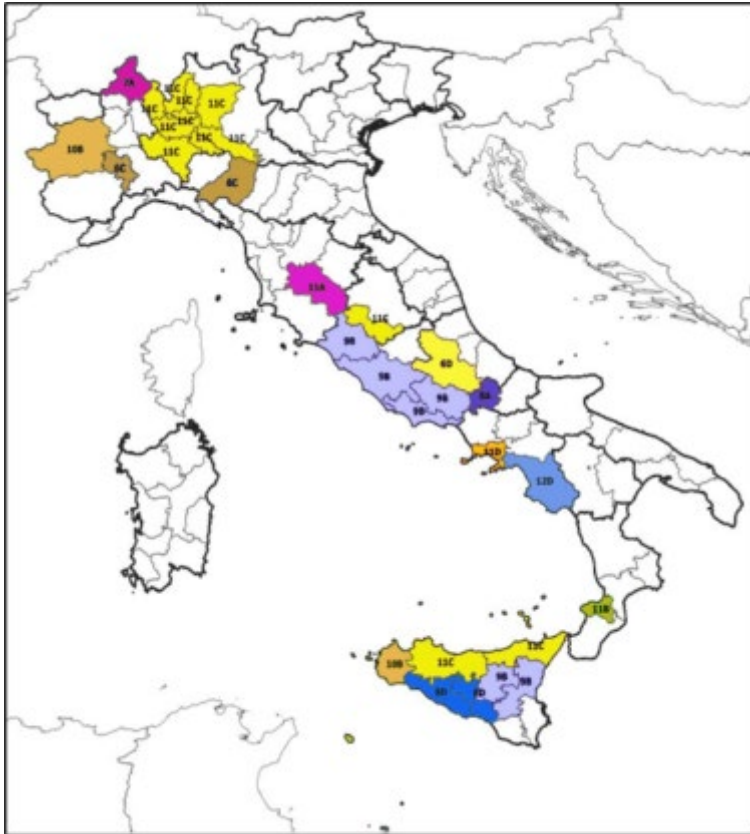
Rete Regionale N.4



- 8C
- 9A
- 10D

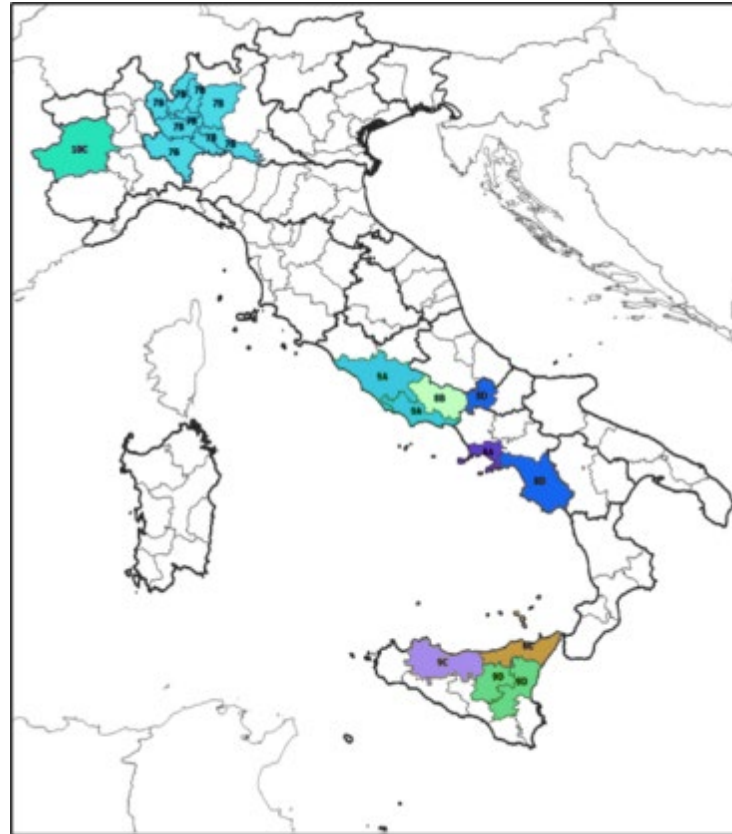
Le Reti Provinciali DAB

Rete Provinciale N.1



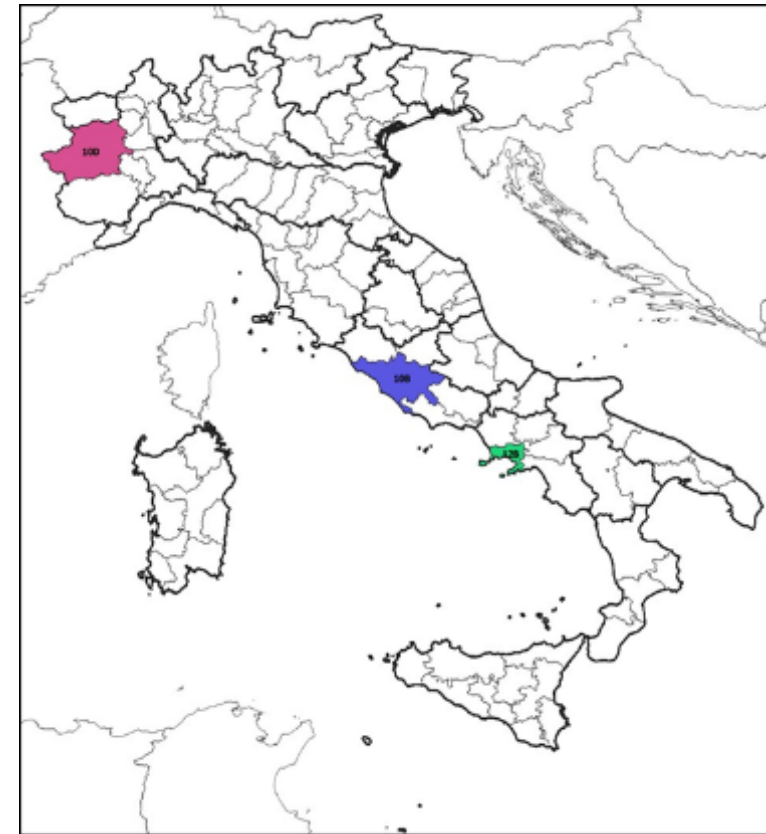
6C	11C	6D	12D
7A	11A	8A	11B
10B	9B	11D	8D

Rete Provinciale N.2



7B	8D	6C
10C	9A	9C
8B	8A	9D

Rete Provinciale N.3



10B
10D
12B

La Procedura di gara per attribuire le frequenze DAB

La procedura di gara

La procedura di assegnazione dei diritti d'uso, per ciascun bacino di utenza locale, si compone di due fasi:

- A) **manifestazione di interesse, con eventuale assegnazione diretta del diritto d'uso;**
- B) **procedura di selezione comparativa sulla base dei criteri previsti dall'art. 12-ter dell'allegato A** (aggiornato alla versione del novembre 2019) **alla delibera n. 664/09/CONS** (*Regolamento recante la nuova disciplina della fase di avvio delle trasmissioni radiofoniche terrestri in tecnica digitale*).

Chi può presentare la manifestazione di interesse?

Possono presentare domanda di partecipazione, per l'assegnazione dei diritti d'uso per le trasmissioni radiofoniche terrestri in tecnica digitale, in ambito locale, le “società consortili partecipate da almeno 12 emittenti legittimamente esercenti nello stesso bacino di utenza o sub bacino di utenza l'attività di radiodiffusione sonora in tecnica analogica in ambito locale, che siano anche titolari di autorizzazione per la fornitura di programmi radiofonici in ambito locale (ai sensi dell'art.3 comma 4 della delibera AgCom 664/09/CONS). Ogni emittente della società consortile deve svolgere servizio in analogico in almeno una delle province del bacino o sub-bacino di interesse, e che tale emittente è titolare di autorizzazione per la fornitura di programmi radiofonici in ambito locale.

Eventuali deroghe

In caso di impossibilità oggettiva di raggiungere il numero minimo di 12 emittenti eventuali deroghe alla soglia di partecipazione potranno essere valutate, caso per caso, dal Ministero.

La procedura di gara

La **fase A)** prevede l'assegnazione diretta del diritto d'uso di una determinata rete **nel caso in cui vi sia una sola società consortile interessata all'aggiudicazione.**

Al fine di verificare se sussistono le condizioni per l'assegnazione diretta le società consortili **dovranno esprimere una manifestazione di interesse**, le cui modalità verranno esplicitate con avviso pubblico sul sito istituzionale del Ministero, **indicando per quale bacino d'utenza e per quale rete esprimono la loro preferenza.**

Se in un determinato bacino d'utenza, il **numero delle società consortili concorrenti risultasse inferiore o pari al numero delle reti previste dal PNAF-DAB** e, contemporaneamente, **più di una società consortile fosse interessata a concorrere per la medesima rete** del relativo bacino d'utenza locale, il Ministero procederà a convocare le società concorrenti al fine di **verificare la possibilità del raggiungimento**, entro 10 giorni, **di un accordo** in relazione alla scelta della rete.

Nel caso in cui non si raggiunge l'accordo, per l'assegnazione del diritto d'uso **si procederà con la fase B).**

Nel caso ricorrono i presupposti per l'attivazione della fase B):

prima di procedere all'avvio delle procedure previste, entro un termine non superiore a 20 giorni dalla chiusura della fase di manifestazione di interesse, viene data la possibilità alle società consortili partecipanti alla fase preliminare di **presentare al Ministero una proposta condivisa per l'assegnazione diretta delle reti**.

Sia nella fase A) che nella (eventuale) fase B) di selezione comparativa, ognuno dei soggetti concorrenti dovrà costituire, a pena di esclusione, un **deposito cauzionale**, pari ad una percentuale del 3% del costo degli investimenti previsti per la realizzazione del piano tecnico e per garantire la piena operatività della rete.

I diritti d'uso rilasciati ad esito delle procedure sopra descritte diverranno operativi, in ciascuno dei bacini d'utenza locale, **secondo il calendario nazionale di attuazione del PNAF-DAB che sarà definito dal Ministero**

La procedura di gara

Fase B)

Il ricorso alla procedura comparativa (denominata anche “*beauty contest*”) è subordinata al caso di mancata assegnazione delle reti all’esito della manifestazione di interesse.

La selezione comparativa si baserà sui seguenti 4 criteri:

- a) progetto tecnico dell’infrastruttura di rete e piano di implementazione. Idoneità ed esperienza della società consortile alla gestione ed allo sviluppo di reti radiofoniche in tecnica digitale. Innovazione tecnologica della rete ed uso efficiente della risorsa frequenziale (totale massimo 50 punti);
- b) potenzialità economica della società consortile, valutata sommando le medie dei fatturati realizzati negli ultimi tre esercizi dai soggetti operanti nel bacino o sub bacino di riferimento e di cui si compone la società consortile. (totale massimo 23 punti);
- c) personale impiegato, occupato nel biennio precedente alla data della presentazione della domanda (totale massimo 25 punti)
- d) società consortili partecipate da almeno un concessionario per la radiodiffusione sonora in ambito locale a carattere comunitario (2 punti)

La procedura di gara

Fase B) (punteggi)

CRITERI		PUNTEGGI
A	i) Progetto tecnico dell'infrastruttura di rete e piano di implementazione. ii) Idoneità ed esperienza della società consortile alla gestione ed allo sviluppo di reti radiofoniche in tecnica digitale. iii) Innovazione tecnologica della rete ed uso efficiente della risorsa frequenziale	50
B	Potenzialità economica della società consortile, valutata sommando le medie dei fatturati realizzati negli ultimi tre esercizi dai soggetti operanti nel bacino o sub bacino di riferimento e di cui si compone la società consortile. Per fatturato si intende il volume di affari conseguito ai sensi dell'art. 20 del D.P.R. 26 ottobre 1972, n. 633 riferibile all'esercizio dell'attività radiofonica. Per la valutazione di tale punteggio verranno adottati i criteri stabiliti dal D.P.R. n. 146/2017	23
C	Personale impiegato alla data della presentazione della domanda per il conseguimento del diritto d'uso dalla società consortile operante nel bacino o sub bacino di riferimento, in regola con le vigenti norme in materia previdenziale, valutato anche sommando il personale impiegato allo svolgimento dell'attività radiodiffusiva dai singoli soggetti di cui si compone la società consortile, operanti nel bacino o sub bacino di riferimento	25
D	Società consortili partecipate da almeno un concessionario per la radiodiffusione sonora in ambito locale a carattere comunitario	2

Requisiti tecnici obbligatori da rispettare

L'operatore di rete radiofonica privato in ambito locale può fornire servizi di trasmissione e diffusione esclusivamente a fornitori di contenuti radiofonici in ambito locale ed è soggetto ai seguenti vincoli:

- a) **destinare ai fornitori di contenuti radiofonici in ambito locale autorizzati, partecipanti al capitale sociale delle società consortili, una capacità trasmissiva massima pari a 72 unità di capacità del blocco di diffusione (CU). La capacità trasmissiva non utilizzata dai partecipanti alle società consortili è resa disponibile ai fornitori di contenuti radiofonici in ambito locale autorizzati anche non partecipanti al capitale sociale delle medesime società;**

- b) **realizzare entro due anni dall'assegnazione dei diritti di uso delle frequenze, la copertura di tipo mobile di almeno il 40% della popolazione; entro quattro anni di almeno il 60% della popolazione ed entro cinque anni di almeno il 70% della popolazione** di ogni bacino o sub bacino di riferimento, valutata sulla base dei medesimi criteri tecnici stabiliti nei provvedimenti di pianificazione.

Inoltre, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lett. cc), del D.lgs. 208 dell'8 novembre 2021, la copertura massima raggiungibile dall'operatore di rete radiofonico **non potrà superare il 50% della popolazione nazionale.**

Requisiti tecnici obbligatori da rispettare

le reti di diffusione messe in esercizio dagli operatori, devono rispettare i criteri di seguito elencati:

- a) essere **conformi alle regole della pianificazione radioelettrica** in relazione ai c.d. PDV,
- b) gli **impianti trasmissivi** devono essere ubicati, salvo casi eccezionali, **all'interno del bacino assegnato**;
- c) i **debordamenti di segnale**, in una certa misura inevitabili, **devono essere minimizzati**.
- d) In particolare, alle reti pluri-provinciali e provinciali, in quanto pianificate per il servizio su un sottoinsieme di province del bacino d'utenza locale, **possono essere anche imposte dal Ministero restrizioni all'uso di siti** con copertura pluri-provinciale ove questa risultasse sovradimensionata rispetto alle reali esigenze di copertura del bacino assegnato;
- e) nei **casi eccezionali** in cui gli impianti della rete di diffusione debbano essere ubicati all'esterno del bacino assegnato (per insormontabili ragioni tecniche o per la particolare configurazione geografica/orografica di un bacino), **la scelta dei siti trasmissivi deve comunque seguire un criterio di ragionevole prossimità al bacino assegnato** allo scopo di minimizzare l'inevitabile estensione del bacino di servizio effettivo rispetto a quello assegnato/pianificato;
- f) in ogni caso, **non sono ammissibili impianti fuori bacino su frequenze non pianificate** (né pianificabili ai sensi della normativa vigente) in quanto oggetto di assegnazione ad altro Stato estero nella medesima area di coordinamento internazionale

Requisiti tecnici obbligatori da rispettare

Gli operatori di rete assegnatari dei diritti d'uso sono tenuti, ai sensi dell'articolo 2 del PNAF-DAB, a:

- I. **Rispettare l'insieme dei vincoli radioelettrici (PDV);**
- II. **Utilizzare siti ricompresi tra quelli assentiti dalle regioni interessate (contenuti nella delibera n. 15/03/CONS), ovvero altri siti, previo ottenimento delle necessarie autorizzazioni nel rispetto del principio di equivalenza;**
- III. **Utilizzare la configurazione più adatta al servizio, nel rispetto dei vincoli di coordinamento internazionale e nazionale, e nel rispetto del principio di uso efficiente della risorsa spettrale;**
- IV. **Utilizzare gli stessi codici identificativi dei programmi radiofonici trasmessi in simulcast sulla piattaforma digitale DAB+ e su quella analogica FM, rispettivamente denominati *Service Identifier* e *Programme Identification* (PI Code).**

La violazione dell'obbligo del rispetto di tali vincoli comporta la **sospensione dell'assegnazione**, fino a sei mesi; trascorso il periodo di sospensione, **l'eventuale reiterazione della condotta nei tre anni successivi** all'adozione del provvedimento di sospensione, determinerà la revoca, o la riduzione, del diritto d'uso

Redazione del Piano Tecnico

Il piano tecnico dovrà **specificare i dati di tutti gli impianti della rete di trasmissione e di distribuzione** (IP, ponti radio RF, satellite), eventualmente includendo una descrizione grafica, su mappa geografica

Gli impianti di trasmissione devono essere **forniti in formato elettronico**, specificando le loro caratteristiche tecniche utilizzando il **formato dati RD2** (vedi Allegato 2 alla delibera AGCom n. 566/13/CONS), eventualmente anche con una descrizione su mappa geografica, incluse le tempistiche di accensione ed in particolare:

- l'elenco degli impianti che garantiranno la copertura di **almeno il 40%** della popolazione entro due anni dal giorno di avvio delle operazioni di transizione nell'area geografica oggetto del presente bando;
- l'elenco degli impianti che garantiranno la copertura di **almeno il 60%** della popolazione entro quattro anni dal giorno di avvio delle operazioni di transizione nell'area geografica oggetto del presente bando;
- l'elenco degli impianti che garantiranno la copertura di **almeno il 70%** della popolazione entro cinque anni dal giorno di avvio delle operazioni di transizione nell'area geografica oggetto del presente bando;
- l'elenco di **tutti gli altri eventuali impianti** previsti dal piano tecnico

Redazione del Piano Tecnico

Formato RD2

- ❑ I dati tecnici delle stazioni di radiodiffusione sonora in tecnica digitale sono organizzati in file dati costituiti da uno o più record a lunghezza fissa strutturati secondo un formato prestabilito e separati da una coppia di caratteri “Ritorno a capo - Avanzamento linea” (*Carriage return-Line feed*).
- ❑ Ogni record è utilizzato per descrivere una e una sola stazione di radiodiffusione.
- ❑ Ogni record è costituito da 81 campi contenenti 1195 caratteri ASCII o Unicode UTF-8.
- ❑ I dati contenuti nei campi sono di tipo numerico (intero o decimale) o testo
- ❑ Alcuni dati sono obbligatori altri facoltativi

N.ro	Campo	Descrizione	Unità di misura	Valori validi	Tipo dato	Inizio campo	Dim. campo	Formato	Campo obbligatorio
1	Tipo Record	Codice identificativo del formato record (deve essere sempre "RD2")		RD2	Testo	1	3		SI
2	ID Operatore	Codice fiscale dell'operatore che esercisce l'impianto			Testo	4	16		SI
3	ID Impianto	Codice identificativo dell'impianto (attribuito dall'Autorità all'atto del primo inserimento dell'impianto nel Catasto Nazionale delle Frequenze)		v. Nota ¹	Testo	20	9	CNFmnnnn	SI
4	Nome Stazione	Nome, anche convenzionale, attribuito all'impianto dall'operatore; può assumere lo stesso valore del campo "Località/Indirizzo"			Testo	29	50		SI
5	Località/Indirizzo	Nome della località o indirizzo ove è ubicato il sito di emissione			Testo	79	50		SI
6	Comune	Denominazione ufficiale ISTAT del comune sul cui territorio è ubicato il sito di emissione (non sono ammesse abbreviazioni)		denominazioni ISTAT comuni italiani	Testo	129	50		
7	Provincia	Sigla della provincia sul cui territorio è ubicato il sito di emissione		Sigle province italiane	Testo	179	2		
8	Latitudine	Latitudine Nord del sito di emissione (sistema geodetico di riferimento: WGS84)	gradi, primi, secondi	35N3000 ÷ 47N0600	Testo	181	7	ggNppss	SI

Requisiti tecnici obbligatori da rispettare

Punti di Verifica (PDV)

I vincoli tecnici di coordinamento nazionale e internazionale utilizzati nella predisposizione dei Piani di assegnazione adottati dall'Autorità sono espressi in termini di soglie di campo elettromagnetico, espresse in dB μ V/m, da rispettare, per ciascuna frequenza pianificata, in un insieme di **Punti di Verifica** (PDV) posizionati sul territorio nazionale e sul territorio dei Paesi radioelettricamente confinanti.

Un PDV è definito come un punto di ricezione (o pixel) geograficamente definito, ubicato sul territorio nazionale o estero, al quale viene associata una soglia di campo elettromagnetico espressa in dB μ V/m destinata alla protezione di una frequenza pianificata

La raccolta completa dei 644.154 PDV nazionali ed esteri è riportata nell'Allegato 2 della delibera AgCom 286/22/CONS

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Regione	Provincia	Sito	Latitudine	Longitudine	Altitudine		
2	PIEMONTE	AL	ACQUI TERME LUSSITO	44N3918	08E2854	400		
3	PIEMONTE	AL	ACQUI TERME MADONNA	44N4104	08E2626	302		
4	PIEMONTE	AL	BRIC MONTALBANO	44N5735	08E4011	242		
5	PIEMONTE	AL	BRICCO DELL'OLIO	44N5819	08E3900	265		
6	PIEMONTE	AL	CANTALUPO	44N4415	09E0138	560		
7	PIEMONTE	AL	CARROSIO	44N3844	08E5033	460		
8	PIEMONTE	AL	CARTOSIO	44N3648	08E2542	475		
9	PIEMONTE	AL	CASTELLETTO D'ERRO	44N3712	08E2322	536		
10	PIEMONTE	AL	CASTELLETTO D'ERRO	44N3748	08E2342	510		
11	PIEMONTE	AL	CASTELLETTO D'ORBA	44N4031	08E4225	310		
12	PIEMONTE	AL	COSTA DI CELIO	44N4105	09E0356	749		
13	PIEMONTE	AL	GARBAGNA	44N4620	08E5853	516		
14	PIEMONTE	AL	GAVI	44N4045	08E4715	400		
15	PIEMONTE	AL	GODIASCO	44N5133	09E0347	450		
16	PIEMONTE	AL	GRONDONA	44N4152	08E5834	445		
17	PIEMONTE	AL	MERANA	44N3040	08E1733	434		
18	PIEMONTE	AL	MONTE GIAROLO	44N4342	09E0747	1455		
19	PIEMONTE	AL	MONTE SPINETO	44N4259	08E5311	455		
20	PIEMONTE	AL	MONTE SPINETO STAZZANO	44N4300	08E5310	460		

Requisiti tecnici obbligatori da rispettare

Punti di Verifica (PDV)

Sono da considerarsi rilevanti, ai fini della verifica, gli impianti italiani ricadenti nella medesima area di coordinamento internazionale dove ricade il PDV in esame e operanti sulla medesima frequenza.

Il campo interferente cumulativo è dato quindi dall'aggregazione dei valori di campo interferente individuale **prodotti nel PDV estero da ciascun impianto italiano rilevante**

Per la **verifica dei vincoli radioelettrici nazionali**, si considera una *Reference Planning Configuration* (RPC) ovvero di un insieme di parametri e opzioni di funzionamento specifici dello standard trasmissivo DAB+. Di seguito sono riportati i principali parametri considerati:

- Standard trasmissivo: DAB+ (ETSI EN 300 401; ETSI TS 102 563);
- Modo trasmissivo: 1 (terrestrial VHF; T_u : 1.000 μ s; T_g : 246 μ s);
- Tipo di ricezione: mobile;
- Error Protection: EEP-3A.

Requisiti tecnici obbligatori da rispettare

Rispetto dei Punti di Verifica esteri

In merito alle valutazioni finalizzate a verificare il rispetto dei PDV esteri, infine, va evidenziata l'opportunità di considerare i risultati con un certo **intervallo di confidenza** a mezzo del quale tenere conto delle approssimazioni che influenzano i risultati ottenuti con metodi di tipo simulativo.

Appare ragionevole ipotizzare l'applicazione di un **intervallo di confidenza dell'1% sul totale dei PDV afferenti a un determinato Stato estero** (rispetto del valore soglia in almeno il 99% dei PDV di ciascun Stato estero che ricade nella stessa area di coordinamento internazionale)

Requisiti tecnici obbligatori da rispettare

Rispetto dei Punti di Verifica nazionali

Un PDV nazionale è rispettato se nessuna delle reti potenzialmente interferenti (quelle, cioè, operanti negli altri bacini di servizio dove il Piano prevede il riuso della medesima frequenza) produce un campo disturbante cumulativo superiore al valore di soglia previsto nel PDV.

Ipotizzando un obiettivo di copertura potenziale pari al 90% del territorio, l'AgCom ha indicato che è possibile fissare il margine di non conformità ammesse pari al **10% dei PDV** complessivamente previsti in ciascuna provincia facente parte del bacino pianificato.

Ciò vale a dire che una rete operante su una determinata frequenza deve **garantire il rispetto della soglia almeno nel 90% dei PDV** di ciascuna provincia dove il Piano ha previsto il riuso della medesima frequenza

Alcuni Riferimenti di rilievo

- [1] J. Van Katwijk, *Digital Audio Broadcasting*, TASK QUARTERLY vol. 25, No 3, 2021, pp. 315–328
- [2] W. Hoeg and T. Lauterbach, *Digital Audio Broadcasting: Principles and Applications of DAB, DAB+ and DMB*, Third Edition, John Wiley & Sons, 2009
- [3] Marian Oziewicz, *Digital Radio DAB+ Broadcasting Multimedia System*, Springer, 2022
- [4] Eduardo Moreno Martinez, *Implementation of Digital Audio Broadcasting System on System C library*, Master Thesis in Electronics Systems, 2004
- [5] P. Casagrande, S. Ripamonti, F. Russo, G. Sigillo, *La Radio Digitale: evoluzione, servizi, regolamentazione e prospettive*, Elettronica e Telecomunicazioni N° 1/2014
- [6] EBU, *Report on frequency and network planning parameters related to DAB+*, Technical Report TR025, 2013
- L. Sabel, *Overview of the DAB+ System*, Technical Committee of World DMB – Defining the future of digital Radio, 2013
- [7] ETSI TS 102 563, *Digital Audio Broadcasting (DAB); DAB+ audio coding (MPEG HE-AACv2)*, V2.1.1, 2017
- [8] ETSI TS 102 693, *Digital Audio Broadcasting (DAB); Encapsulation of DAB Interfaces (EDI)*, V1.1.1, 2009
- [9] ETSI TS 103 466, *Digital Audio Broadcasting (DAB); DAB audio coding (MPEG Layer II)*, V1.1.1, 2016
- [10] AgCom, *Individuazione del mercato rilevante nel settore della radiofonia, ai sensi dell'articolo 43, comma 2, del decreto legislativo 31 luglio 2005, n. 177. (fase 1)*, Delib N. 506/17/CONS, 2017
- [11] Sito web <https://digitalradio.it/>
- [12] Sito web <https://www.worlddab.org/>
- [13] AgCom, *Piano nazionale provvisorio di assegnazione delle frequenze in banda VHF-III per il servizio di radiodiffusione sonora in tecnica digitale DAB+ (PNAF-DAB)*, Delib N. 286/22/CONS, 2022
- [14] Ministero delle Imprese e del Made in Italy, *Procedure di selezione per l'assegnazione dei diritti d'uso per le reti pianificate sui bacini di utenza locale ad operatori di rete – DAB +*, Linee Guida, 20/04/2023
- [15] ETSI TS 103 461, *Digital Audio Broadcasting (DAB); Domestic and in-vehicle digital radio receivers; Minimum requirements and Test specifications for technologies and products*, V1.2.2, 2020

Grazie per l'attenzione

Ing. Massimo Celidonio

Fondazione Ugo Bordoni
celi@fub.it
Tel. 06 5480 2127

