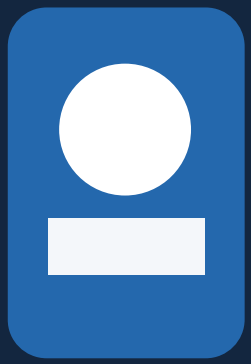


Stasera parliamo di FONIA DIGITALE

DMR | C4FM | D-STAR | NXDN | M17

I MODI DIGITALI DI FONIA

DMR • C4FM • D-STAR • NXDN • M17



Come funzionano, cosa cambia tra loro e dove si collocano nel mondo radioamatoriale

1. Che cosa significa «fonia digitale»?

La voce non viene trasmessa direttamente: viene trasformata in dati e poi ricostruita dal ricevitore.

VOCE
microfono

CODEC
compressione

FEC
correzione errori

MODULAZIONE
bit → RF

RF
canale radio

DECODER
ricostruzione

Vantaggio

La voce può essere accompagnata da ID, dati, GPS, messaggi e altre informazioni.

Limite

Quando il segnale scende sotto una certa soglia, l'audio digitale può degradare rapidamente o interrompersi.

Punto chiave

«Digitale» non identifica un solo sistema: ogni modo usa codec, modulazione e protocolli diversi.

2. Tre concetti da non confondere

Codec, modulazione e rete sono tre livelli diversi.

CODEC VOCALE

Riduce la voce a un flusso di bit.

Esempi:
- AMBE / AMBE+2
- Codec2
- altri codec proprietari

Il codec influisce molto sul carattere della voce digitale.

MODULAZIONE

Trasforma i bit in un segnale RF.

Esempi:
- 4FSK
- C4FM / 4-level FSK
- GMSK

Determina come i dati occupano il canale radio.

RETE / PROTOCOLLO

Stabilisce come le stazioni si identificano e come possono essere collegate.

Ripetitori, gateway, reflector, hotspot e reti IP possono essere componenti separati dalla modulazione RF.

RADIOCOMUNICAZIONI DIGITALI

DMR

Protocollo, TDMA e reti digitali

Una guida tecnica e divulgativa per radioamatori
Dalla modulazione alla rete IP



Obiettivi e mappa della presentazione

01 • Il segnale

Che cosa significa DMR

Modulazione 4FSK

Voce digitale e vocoder

02 • Il protocollo

TDMA a due slot

Trame, sincronismo e correzione d’errore

Color Code, Talkgroup e ID

03 • In pratica

Simplex e ripetitori

Hotspot, reti IP e reflector

Programmazione e diagnostica

Idea chiave: DMR non è soltanto una modulazione.

È uno standard digitale che definisce anche struttura del canale, segnalazione e trasporto della voce e dei dati.

Che cosa significa DMR?

Digital

La voce e i dati sono rappresentati come informazione digitale, non come variazioni analogiche continue dell'audio.

Mobile

Progettato per comunicazioni radio mobili e professionali, con gestione efficiente delle risorse.

Radio

Standard per ricetrasmettitori e infrastrutture radio, con profili e funzioni definiti.

DMR = Digital Mobile Radio • standard ETSI della famiglia di comunicazioni professionali.

Dalla voce al segnale RF: la catena digitale

1. Microfono
Audio analogico

2. Digitalizzazione
Campionamento e codifica

3. Vocoder
Compressione della voce

4. Trama DMR
Bit, controllo e protezione

5. 4FSK
Modulazione RF

In ricezione la catena viene percorsa al contrario.

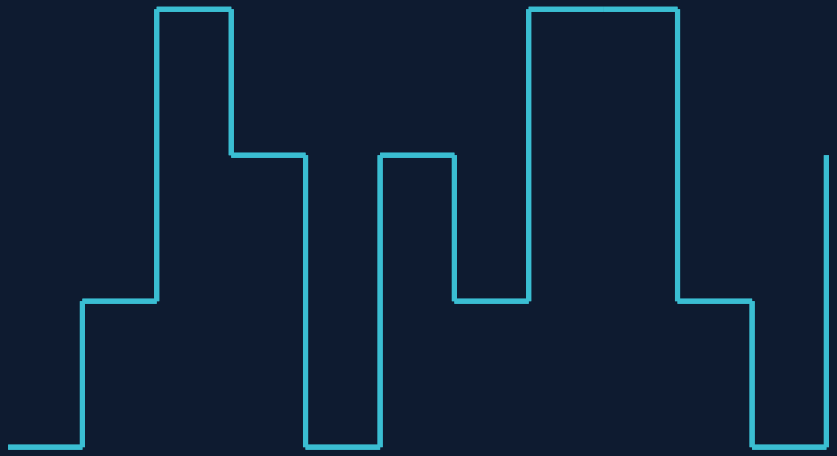
Il vocoder non è la modulazione; la modulazione non è il protocollo.

Modulazione 4FSK: quattro stati di frequenza

Nel DMR la modulazione tipica è la 4FSK:

- **00** — Simbolo 0
- **01** — Simbolo 1
- **10** — Simbolo 2
- **11** — Simbolo 3

Schema illustrativo dei livelli simbolici



Schema didattico, non una misura di spettro RF.

4FSK, TDMA e protocollo: tre concetti diversi

4FSK

Come i bit vengono rappresentati sulla portante: quattro stati di frequenza.

TDMA

Come più comunicazioni condividono il canale: intervalli temporali distinti.

Protocollo DMR

Come sono organizzati slot, sincronismo, voce, dati e segnalazione.

Una radio può usare 4FSK senza essere per questo compatibile con DMR.

TDMA: due slot temporali in 12,5 kHz

Un canale DMR da 12,5 kHz contiene due slot temporali alternati.



La trama TDMA si ripete: gli slot sono sincronizzati nel tempo.

Slot 1

Una comunicazione o gruppo logico

Slot 2

Un’altra comunicazione indipendente

Tempi e capacità: cosa significano i numeri

12,5 kHz

Larghezza nominale del canale radio DMR.

2 × ~30 ms

Due slot in una trama di circa 60 ms.

9.600 bit/s

Bitrate lordo della modulazione (4.800 simboli/s × 2 bit/simbolo), non bitrate vocale utile.

Due slot non significano il doppio della velocità per una singola conversazione: significano due risorse temporali sullo stesso canale.

Dentro una trama DMR: voce, controllo e protezione

Sincronismo

Permette al ricevitore di riconoscere la struttura temporale e distinguere i tipi di trama.

Payload

Trasporta blocchi vocali digitali o dati secondo il tipo di trasmissione.

Segnalazione e FEC

Identificativi, controllo e ridondanza aiutano a interpretare e proteggere il contenuto.

Il formato esatto dipende dal tipo di burst e dal servizio trasmesso.

Il vocoder: la voce digitale non è la modulazione

Codifica vocale

Il vocoder comprime la voce in parametri digitali a bitrate contenuto.

Codec DMR

Nel DMR è comunemente impiegata la famiglia AMBE+2, secondo profilo e apparato.

Decodifica

Il ricevitore ricostruisce l’audio dai dati ricevuti; errori e perdita di pacchetti possono degradarlo.

Vocoder, modulazione 4FSK e protocollo TDMA svolgono funzioni differenti.

FEC, BER e soglia digitale

FEC

Forward Error Correction: aggiunge ridondanza per correggere alcuni errori senza ritrasmissione.

BER

Bit Error Rate: rapporto tra bit errati e bit ricevuti.

Soglia

Oltre la capacità di correzione, l’audio può diventare frammentato o sparire.

Il digitale non è immune da rumore, fading, interferenze o multipath.

FM analogica e DMR: confronto realistico

CONFRONTO

Aspetto	FM analogica	DMR digitale
Audio con segnale forte	Naturale, con rumore residuo	Pulito se la decodifica è stabile
Segnale in calo	Il rumore cresce gradualmente	Artefatti e drop-out oltre la soglia
Efficienza canale	Una comunicazione per canale	Due slot sullo stesso canale
Compatibilità	Molto ampia tra apparati FM	Richiede apparati DMR configurati compatibilmente
Funzioni dati	Limitate o separate	ID, gruppi e dati secondo apparato/rete

Color Code: il parametro di accesso radio

Che cos’è

Un codice numerico DMR (CC 0–15) usato per distinguere sistemi o accessi che condividono una frequenza.

Come si usa

La radio deve essere programmata con il Color Code richiesto dal ripetitore o dal gruppo simplex.

Il Color Code non è un Talkgroup e non è una password di cifratura.

Talkgroup, Radio ID e contatti

Talkgroup (TG)

Identifica il gruppo logico a cui è indirizzata una chiamata di gruppo.

Radio ID

Identificativo numerico associato alla singola radio nel sistema.

Rubrica / contatti

Associa ID e nomi visualizzabili; non modifica da sola l’instradamento del traffico.

Per comunicare devono essere coerenti frequenza, slot, CC, TG e configurazione di rete.

Time Slot e Talkgroup: non sono la stessa cosa

Time Slot (TS)

È la risorsa temporale: TS1 o TS2. Determina in quale dei due intervalli trasmette la radio.

Talkgroup (TG)

È il gruppo logico destinatario della chiamata. Può essere instradato secondo le regole del ripetitore o della rete.

Il TG corretto sullo slot sbagliato può non raggiungere i destinatari previsti.

Simplex e ripetitore: due scenari d’uso

Simplex

Le radio comunicano direttamente sulla stessa frequenza; devono concordare CC, slot e TG/contatto secondo la configurazione.

Ripetitore

La radio usa frequenze di ingresso e uscita, shift e parametri previsti dal gestore.

Piano canali

Canali e parametri vanno coordinati e programmati nel codeplug.

Non copiare parametri da un altro ripetitore senza verificarli.

Ripetitore DMR: percorso del segnale



Il collegamento IP è opzionale: DMR funziona anche senza rete Internet.

Reti DMR: BrandMeister, DMR-MARC e reti locali

Reti interconnesse

Collegano ripetitori e hotspot via IP per consentire comunicazioni oltre la copertura RF locale.

Regole proprie

Talkgroup, slot, accesso e disponibilità dipendono dalla rete e dal nodo.

Non tutte uguali

La stessa radio può richiedere configurazioni differenti passando da una rete all'altra.

Il ripetitore o hotspot deve supportare e autorizzare il servizio scelto.

Hotspot personale: radio RF e rete IP

Ricetrasmettitore

Comunica via RF a bassa potenza con l’hotspot, usando un canale DMR programmato.

Hotspot

Converte/collega il traffico radio a un servizio digitale tramite software e rete IP.

Internet / server

Instrada il traffico verso la rete selezionata, se il servizio è disponibile.

L’hotspot non elimina la necessità di programmare correttamente frequenza, CC, slot e TG.

DMR Tier I, Tier II e Tier III

Tier I

Uso convenzionale a bassa potenza e senza infrastruttura complessa; profilo specifico previsto dallo standard.

Tier II

Funzionamento convenzionale con apparati e ripetitori; è il profilo più comune nel DMR radioamatoriale.

Tier III

Sistemi trunking, con gestione dinamica delle risorse e controllo centralizzato.

Tier indica una classe/profilo di sistema, non una versione del firmware.

Vantaggi e limiti del DMR

Punti di forza

- Due slot su un canale da 12,5 kHz
- Ampia scelta di apparati
- ID, gruppi e chiamate selettive
- Integrazione con reti IP e hotspot

Limiti

- Programmazione più complessa della FM
- Parametri da coordinare: CC, TS, TG, ID
- Audio soggetto a soglia digitale
- Funzioni e reti non sempre uniformi

Il DMR dà il meglio quando il codeplug è ordinato e le regole della rete sono chiare.

Uso pratico: checklist per un QSO DMR

- Verificare frequenze, offset e canale corretto.
- Impostare Color Code richiesto.
- Selezionare il Time Slot corretto (TS1 o TS2).
- Selezionare il Talkgroup/contatto previsto.
- Verificare Radio ID e rubrica nel codeplug.
- Ascoltare prima di trasmettere e rispettare le regole della rete.

Riepilogo: i concetti da ricordare

1 • Modulazione

DMR utilizza tipicamente la 4FSK.

2 • Accesso

TDMA organizza due slot su un canale da 12,5 kHz.

3 • Configurazione

CC, TS, TG e Radio ID svolgono funzioni diverse.

Il DMR unisce modulazione, protocollo, voce digitale e, quando disponibile, reti IP.

Domande e discussione

RADIOCOMUNICAZIONI DIGITALI

C4FM

Modulazione, protocollo e System Fusion

Una guida tecnica e divulgativa per radioamatori

Dalla forma d’onda alla rete digitale



Obiettivi e mappa della presentazione

01 • Il segnale

Che cosa significa C4FM

Come funzionano i quattro livelli

Differenza tra modulazione e protocollo

02 • Il sistema

FDMA e canale da 12,5 kHz

Voce, dati e correzione d’errore

Modalità DN, VW e Data FR

03 • In pratica

AMS e compatibilità FM

DG-ID, ripetitori e reti

Confronti, limiti e procedure

Idea chiave: C4FM non è sinonimo di tutto System Fusion.

È la modulazione su cui Yaesu costruisce il proprio sistema digitale radioamatoriale.

Che cosa significa C4FM?

C

Continuous

La fase del segnale è continua durante le transizioni di frequenza.

4

Four-level

Sono utilizzati quattro stati di frequenza distinti.

FM

Frequency Modulation

L’informazione è rappresentata da variazioni di frequenza, non di ampiezza.

C4FM = Continuous 4-level Frequency Modulation

In termini pratici: una modulazione digitale della famiglia 4-FSK.

Dalla voce al segnale RF: la catena digitale

1. Microfono
Segnale vocale analogico

2. Conversione
Campionamento e codifica

3. Vocoder
Compressione della voce

4. Trama digitale
Bit, dati e protezione

5. C4FM
Simboli e modulazione RF

In ricezione la catena viene percorsa al contrario.

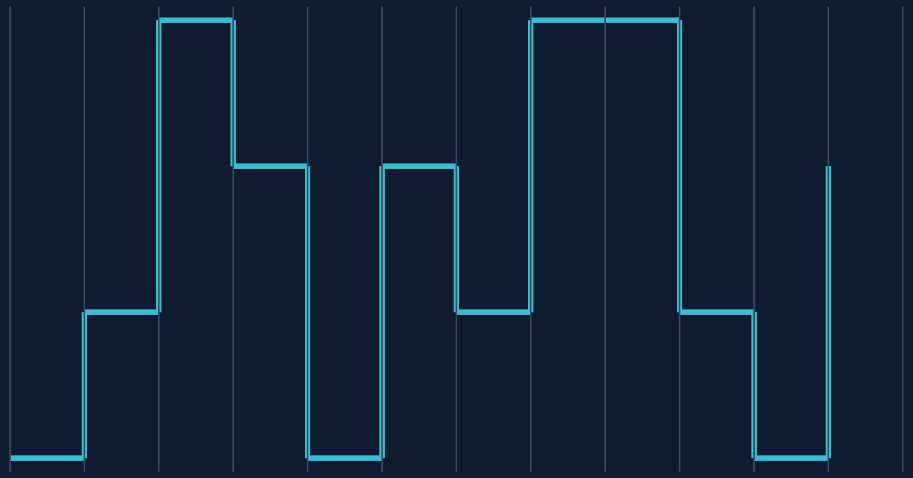
Il vocoder non è la modulazione; la modulazione non è il protocollo.

I quattro livelli: 2 bit per simbolo

Un simbolo può rappresentare una delle quattro coppie:

00	Livello 0
01	Livello 1
10	Livello 2
11	Livello 3

Esempio schematico di sequenza simbolica



Schema didattico: non è una maschera RF calibrata.

C4FM, 4-FSK, FDMA: tre concetti diversi

C4FM / 4-FSK

Come viene rappresentato il flusso digitale sulla portante: quattro livelli di frequenza.

FDMA

Come si condivide la risorsa radio: ogni collegamento usa il proprio canale in frequenza.

Protocollo

Come sono strutturati i bit: sincronismo, voce, dati, identificativi e controllo.

La stessa famiglia di modulazione può essere impiegata da sistemi diversi, non per questo interoperabili.

FDMA: un canale radio per una trasmissione

Schema concettuale di accesso al mezzo

Canale A	una trasmissione sul canale
Canale B	una trasmissione sul canale
Canale C	una trasmissione sul canale

C4FM System Fusion usa FDMA: non i due timeslot tipici del DMR.

Larghezza di canale e bitrate: come interpretarli

12,5 kHz

Larghezza di canale tipica del C4FM System Fusion.

Fino a 9,6 kbit/s

Velocità dati indicata da Yaesu per la modalità dati ad alta velocità.

Non confondere

Bitrate lordo, bitrate utile, velocità del vocoder e velocità percepita non sono la stessa cosa.

Il valore dipende dalla modalità: non tutte le trasmissioni C4FM trasportano la stessa quantità di voce o dati.

Le modalità principali di System Fusion

DN • V/D

Digital Narrow

Voce e informazioni digitali associate condividono la trasmissione; una parte è dedicata alla protezione della voce.

VW • Voice FR

Voce digitale Full Rate

Usa la capacità del canale per privilegiare la qualità vocale.

Data FR

Dati ad alta velocità

Per trasferimenti di dati e immagini sui modelli che supportano la funzione.

FM

FM analogica

Per interoperare con apparati analogici.

La disponibilità e i nomi dei menu possono variare secondo il modello e il firmware.

DN / V-D: voce più dati e protezione

Componente vocale

Voce digitale codificata dal vocoder; l'obiettivo è mantenere la conversazione intelligibile.

Informazioni ausiliarie

Dati di controllo e ridondanza per correggere alcuni errori e sostenere le funzioni digitali.

Il vantaggio non è "nessun errore": è una decodifica che può recuperare parte degli errori.

VW e Data FR: priorità differenti

VW • qualità della voce

La capacità disponibile è dedicata alla voce digitale. È utile quando la priorità è una conversazione con resa vocale più ricca.

Data FR • dati

La capacità viene usata per dati ad alta velocità. Su apparati compatibili può supportare immagini e altri contenuti.

La modalità corretta è quella supportata da entrambi gli apparati e dal servizio utilizzato.

Il vocoder: perché la voce digitale suona diversa

Codifica

Il vocoder descrive la voce con un flusso compatto di parametri digitali.

Ricostruzione

Il ricevitore sintetizza la voce a partire dai dati ricevuti.

Risultato

Voce pulita finché i dati sono decodificabili; possibili artefatti o drop-out vicino alla soglia.

Il codec vocale e la modulazione C4FM sono elementi distinti della catena.

FEC, BER e soglia digitale

FEC

Forward Error Correction: aggiunge ridondanza per correggere errori senza chiedere una ritrasmissione.

BER

Bit Error Rate: rapporto tra bit errati e bit ricevuti; aiuta a descrivere la qualità del collegamento.

Soglia

Quando il numero di errori supera ciò che il decoder può correggere, l’audio può crollare rapidamente.

Digitale non significa immune da rumore, fading, interferenze o multipath.

FM analogica e C4FM: confronto realistico

CONFRONTO

Aspetto	FM analogica	C4FM digitale
Audio vicino al segnale forte	Buono, con rumore residuo	Pulito e stabile se ben decodificato
Segnale in calo	Rumore cresce gradualmente	Artefatti/drop-out oltre la soglia
Compatibilità	Ampia con apparati FM	Richiede apparati compatibili o un ponte di conversione
Dati integrati	Limitati o tramite sistemi separati	Funzioni digitali, dati e identificativi
Consumi	Spesso inferiori in alcuni apparati	Dipendono da apparato e modalità

AMS: Automatic Mode Select

Segnale ricevuto

FM analogica oppure C4FM digitale

Riconoscimento

L’apparato identifica il modo ricevuto

Selezione del modo

Ricezione e/o trasmissione secondo l’impostazione AMS

AMS facilita la coesistenza con FM; non rende ogni apparato analogico capace di decodificare il digitale.

Ripetitore System Fusion: modi di funzionamento



La conversion tra digitale e analogico dipende dal modello e dalla configurazione del ripetitore.

DG-ID e DP-ID: identificazione e selettività

DG-ID • Digital Group ID

Identificativo di gruppo numerico che aiuta a selezionare il traffico di un gruppo, se supportato e configurato correttamente.

DP-ID • Digital Personal ID

Identificativo personale digitale usato da apparati compatibili per funzioni di chiamata/selettività.

Non sono cifratura: non rendono privata una comunicazione radio.

WIRES-X, nodi e sale: la rete oltre RF

Radio ↔ nodo

Il collegamento radio accede a un nodo o a un ripetitore collegato alla rete.

Nodo ↔ rete IP

L’infrastruttura collega nodi e sale/stanze secondo il servizio utilizzato.

Radio ↔ radio

Il traffico può raggiungere utenti lontani, se la rete e la configurazione lo consentono.

La rete estende la copertura, ma non elimina i vincoli radio locali né le regole del servizio.

YSF e reti di terze parti: attenzione alla compatibilità

System Fusion / WIRES-X

Ecosistema Yaesu e relativi nodi, sale e servizi.

YSF / reflector

Infrastrutture di terze parti che possono trasportare traffico compatibile tramite gateway o software.

Punti da verificare

Modalità DN, tipo di nodo, impostazioni ID, codec/framing e regole del reflector.

Compatibile non significa necessariamente identico o supportato ufficialmente.

Vantaggi e limiti: una valutazione equilibrata

Punti di forza

- Audio pulito entro la zona di decodifica
- Integrazione con FM analogica tramite AMS
- Identificativi, dati e funzioni di rete
- Uso intuitivo nelle configurazioni supportate

Limiti

- Compatibilità non universale con altri modi digitali
- Drop-out oltre la soglia digitale
- Funzioni diverse secondo modello/rete
- Dipendenza da configurazione e infrastruttura per servizi estesi

La scelta migliore dipende dal traffico, dalla copertura e dagli interlocutori.

Riepilogo: i concetti da ricordare

1 • Modulazione

C4FM è una modulazione digitale a quattro livelli di frequenza.

2 • Sistema

System Fusion combina C4FM, FDMA, framing, vocoder e funzioni operative.

3 • Modalità

DN, VW, Data FR e FM rispondono a esigenze differenti.

AMS facilita la convivenza con FM; DG-ID organizza il traffico; le reti estendono la copertura, ma non rendono C4FM universale.

Domande e discussione

RADIOCOMUNICAZIONI DIGITALI

D-STAR

Protocollo, routing e reti digitali

Una guida tecnica e divulgativa per radioamatori
Dalla modulazione GMSK alle reti gateway



Obiettivi e mappa della presentazione

01 • Il segnale

Che cosa significa D-STAR
Modulazione GMSK
Voce digitale e vocoder

02 • Il protocollo

Frame digitale e campi di controllo
Callsign, routing e indirizzamento
DV e DD

03 • In pratica

Simplex, ripetitori e gateway
Reflector e reti IP
Programmazione e diagnostica

Idea chiave: D-STAR non è soltanto una modulazione.

È un sistema radio digitale con regole di segnalazione, indirizzamento e collegamento in rete.

Che cosa significa D-STAR?

Digital

Voce e dati vengono rappresentati in forma digitale, con codifica e struttura di trama.

Smart

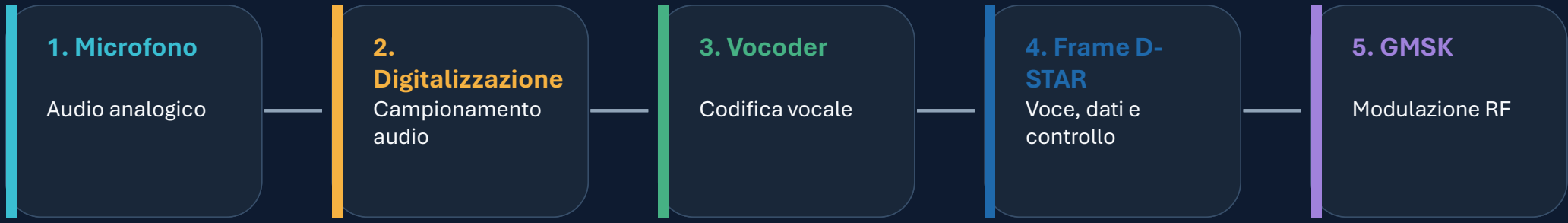
Il sistema include identificativi, indirizzamento e funzioni di routing.

Technologies

Tecnologie sviluppate per le comunicazioni radioamatoriali digitali, con profili e modi differenti.

D-STAR = Digital Smart Technologies for Amateur Radio

Dalla voce al segnale RF: la catena digitale



In ricezione la catena viene percorsa al contrario.

Il vocoder, la modulazione e il routing svolgono funzioni differenti.

Modulazione GMSK: che cosa significa

G • Gaussian

Un filtro gaussiano limita la banda del segnale prima della modulazione.

MSK • Minimum Shift Keying

Una forma di modulazione a fase continua, con indice di modulazione specifico.

Risultato

Spettro contenuto e transizioni regolari, adatti alla trasmissione digitale su canale stretto.

Nel modo D-STAR DV classico, la GMSK è la modulazione RF; non è il protocollo completo.

GMSK, protocollo e routing: tre livelli distinti

GMSK

Come il flusso digitale è trasmesso sulla portante RF.

Protocollo

Come sono organizzati frame, header, voce, dati e campi di controllo.

Routing

Come il sistema indirizza una chiamata a un ripetitore, un nominativo o una destinazione di rete.

Due radio possono usare una modulazione simile senza essere interoperabili se il protocollo è diverso.

Canale e velocità: DV e DD non sono la stessa cosa

DV • voce digitale

Nel modo DV classico, il collegamento RF è a 4.800 bit/s complessivi.

DD • dati digitali

Il modo DD usa un canale dati ad alta velocità, tipicamente su apparati e bande che lo supportano.

Dipende dall’apparato

Non tutti i ricetrasmettitori supportano DD; larghezza di banda e banda operativa cambiano secondo il modello.

DV = Digital Voice • DD = Digital Data

Dentro il frame D-STAR: header, voce e dati

Header

Contiene informazioni di instradamento e identificazione, tra cui campi di chiamata e destinazione.

Voice frames

Trasportano blocchi vocali codificati in sequenza durante la trasmissione.

Slow data

Una piccola capacità associata al flusso DV trasporta dati di servizio o testo, secondo le funzioni supportate.

Il frame D-STAR contiene sia contenuto vocale sia informazioni necessarie a gestire la chiamata.

Il vocoder: AMBE e la voce digitale

Codifica

Il vocoder converte la voce in parametri digitali compressi.

Codec D-STAR

Il D-STAR DV classico usa un codec della famiglia AMBE, con implementazioni che dipendono dalla generazione di apparato.

Decodifica

Il ricevitore ricostruisce la voce; errori e segnale marginale possono produrre artefatti o interruzioni.

Il codec vocale non è la modulazione GMSK né il protocollo di routing.

Errori, qualità RF e soglia digitale

Protezione

Il sistema usa codifica e ridondanza per aumentare la robustezza dei dati.

Errori RF

Rumore, fading, interferenze e multipath possono danneggiare i bit ricevuti.

Effetto sulla voce

Quando gli errori superano la capacità di recupero, l'audio può degradarsi o cadere.

Il digitale non è immune da interferenze: antenna, sito e propagazione restano fondamentali.

I campi di chiamata: MY, UR, RPT1 e RPT2

MY

Il nominativo della stazione che trasmette.

UR

La destinazione della chiamata: per esempio CQCQCQ o un nominativo/servizio.

RPT1

Il ripetitore locale o porta RF che riceve la trasmissione.

RPT2

Il gateway o ripetitore di destinazione secondo il routing richiesto.

I campi devono essere compilati in modo coerente con il percorso desiderato.

Routing D-STAR: locale, nominativo e gateway

Chiamata locale

UR impostato per chiamata generale; il traffico resta sul ripetitore locale, salvo configurazioni aggiuntive.

Routing per nominativo

Il sistema cerca di instradare la chiamata verso il ripetitore associato al nominativo di destinazione, se la rete supporta la funzione.

Gateway / rete

Il traffico viene inoltrato su IP a un altro ripetitore o sistema secondo le regole configurate.

La possibilità di raggiungere una destinazione dipende dal gateway e dalla rete attivi.

Ripetitore e gateway: dal collegamento RF alla rete IP

Radio A

Trasmette il segnale DV al ripetitore locale.

Ripetitore

Riceve e ritrasmette il traffico RF.

Gateway IP

Collega il ripetitore alla rete D-STAR.

Radio B

Riceve attraverso un altro ripetitore, se il routing è disponibile.

Il collegamento IP amplia la copertura; il tratto radio locale resta indispensabile.

Reflector e reti D-STAR

Reflector

Server o servizio di rete che collega più sistemi D-STAR in una stanza o gruppo virtuale.

Connessione

Un ripetitore o hotspot viene collegato a un reflector tramite gateway/software compatibile.

Regole di rete

Comandi, moduli, timeout e accesso variano secondo reflector e infrastruttura.

Un reflector non è una frequenza RF: è una destinazione logica raggiunta tramite la rete.

DD: Digital Data ad alta velocità

Finalità

Trasferimento di dati digitali senza privilegiare la voce; può consentire servizi di rete IP.

Apparati compatibili

Il modo DD è disponibile solo su determinati apparati e bande, con interfacce e configurazioni specifiche.

Da non confondere

DD non è semplicemente la funzione slow data associata alla voce DV.

DV è orientato alla voce digitale; DD è orientato al trasporto dati ad alta velocità.

FM analogica e D-STAR DV: confronto

Aspetto	FM analogica	D-STAR DV
Audio con segnale forte	Naturale, con rumore residuo	Pulito se la decodifica è stabile
Segnale in calo	Il rumore cresce gradualmente	Artefatti o drop-out oltre la soglia
Identificazione	Nominativo trasmesso secondo la prassi	Nominativo e campi di routing nel protocollo
Routing remoto	Richiede sistemi esterni	Routing e gateway previsti dall'ecosistema
Compatibilità	Ampia tra apparati FM	Serve un apparato D-STAR o gateway compatibile

D-STAR a confronto con C4FM e DMR

Caratteristica	D-STAR	C4FM / System Fusion	DMR
Modulazione tipica	GMSK (DV classico)	C4FM	4FSK
Accesso	Canale singolo nel DV classico	FDMA	TDMA, 2 slot
Identificazione	Campi nominativo MY/UR/RPT1/RPT2	Funzioni digitali Yaesu	Radio ID
Routing	Nominativi, gateway e reflector	WIRES-X e reti compatibili	Talkgroup e reti IP
Compatibilità nativa	Non interoperabile direttamente	Non interoperabile direttamente	Non interoperabile direttamente

Vantaggi e limiti di D-STAR

Punti di forza

- Routing basato su nominativi
- Integrazione tra RF e gateway IP
- Voce digitale e dati associati
- Modalità DD su apparati compatibili

Limiti

- Configurazione dei campi di routing
- Dipendenza dal gateway per collegamenti remoti
- Compatibilità non universale con altri sistemi
- DD non disponibile su tutti gli apparati

La qualità del collegamento dipende ancora da RF, antenna, copertura e configurazione.

Riepilogo: i concetti da ricordare

1 • Modulazione

D-STAR DV classico utilizza GMSK.

2 • Protocollo

Header, frame vocali e dati lenti trasportano contenuto e controllo.

3 • Routing

MY, UR, RPT1 e RPT2 aiutano a indirizzare le chiamate.

I gateway e i reflector estendono la comunicazione oltre la copertura RF locale, se disponibili.

Domande e discussione

SEZIONE A.R.I. DI MESSINA • IQ9MK

NXDN

Protocollo, modulazione e reti digitali

Una lezione tecnica per comprendere il sistema FDMA a banda stretta, le sue varianti e il suo impiego nelle radiocomunicazioni professionali e amatoriali.

MODULAZIONE

4-level FSK • 6,25 kHz

ACCESSO AL CANALE

FDMA • un canale per trasmissione

Obiettivi della lezione

- **Capire NXDN:** standard digitale a banda stretta per radio mobili terrestri.
- **Separare i concetti:** modulazione, accesso FDMA, codifica vocale e protocollo.
- **Leggere i parametri:** canalizzazione, ID, gruppi, colore/codici e segnalazione.
- **Conoscere le reti:** simplex, ripetitori, collegamenti IP e sistemi trunking.
- **Confrontare:** NXDN rispetto a DMR, D-STAR e C4FM.

MESSAGGIO CHIAVE

Il digitale radio non è una sola tecnologia: ogni sistema combina più livelli, che vanno analizzati separatamente.

Che cos’è NXDN?

STANDARD DIGITALE

Definisce come rappresentare e trasportare voce e dati via radio.

BANDA STRETTA

Pensato per canali radio stretti e uso efficiente dello spettro.

ECOSISTEMA

Apparati, ripetitori e reti dipendono dal costruttore e dalla configurazione.

NXDN non va confuso con DMR: entrambi sono digitali e a banda stretta, ma usano modalità di accesso al canale differenti.

I quattro livelli da non confondere

1 • MODULAZIONE

4-level FSK (4FSK): simboli a quattro livelli di frequenza.

2 • ACCESSO

FDMA: una trasmissione occupa un canale RF dedicato.

3 • VOCE

Vocoder: comprime la voce prima della trasmissione digitale.

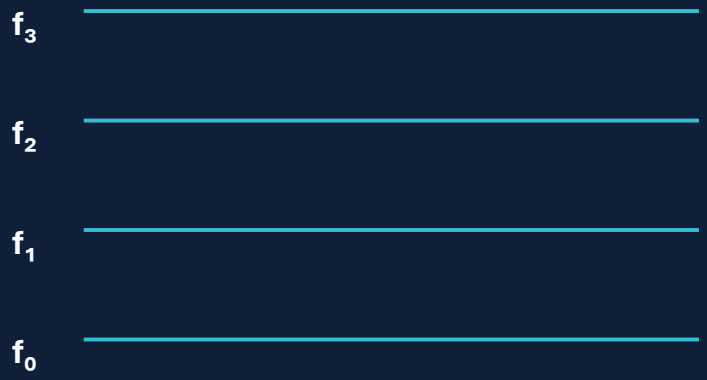
4 • PROTOCOLLO

Identità, chiamate, segnalazione e servizi dati.

Modulazione ≠ accesso al canale ≠ codec ≠ rete

Modulazione: 4-level FSK

Rappresentazione concettuale dei livelli



Quattro stati di frequenza

Nel caso ideale: 2 bit per simbolo.

La velocità utile dipende da symbol rate, codifica e overhead.

ATTENZIONE

La 4FSK è una tecnica di modulazione, non un protocollo completo.

Accesso al canale: FDMA



FDMA = separazione in frequenza

Ogni canale è una risorsa RF autonoma. La capacità cresce usando canali distinti, compatibilmente con lo spettro disponibile.

A DIFFERENZA DEL DMR

Non ci sono due slot TDMA da condividere sullo stesso canale RF.

Canalizzazione: 6,25 kHz e 12,5 kHz

6,25 kHz

Canalizzazione stretta; consente una maggiore granularità nella pianificazione delle frequenze quando autorizzata e supportata dagli apparati.

12,5 kHz

Canalizzazione più ampia, disponibile in alcune implementazioni; la configurazione deve corrispondere a quella della rete e degli apparati.

La larghezza di canale da sola non determina copertura, qualità audio o sensibilità.

Vocoder e qualità della voce



La qualità percepita dipende da codec, livello RF, interferenze, errori e implementazione.

DA RICORDARE

AMBE+2 è un vocoder; 4FSK è la modulazione; FDMA è l'accesso al canale.

Correzione degli errori e soglia digitale

FEC

Ridondanza aggiunta al flusso per correggere alcuni errori senza ritrasmissione.

BER

Rapporto tra bit ricevuti in errore e bit totali osservati.

SOGLIA

Sotto una certa qualità RF la voce può degradarsi rapidamente.

Valutare sempre con prove reali: stessa antenna, stessa posizione e confronto A/B.

Identità, gruppi e segnalazione

ID RADIO

Identifica un apparato o un utente nella rete, secondo le regole del sistema.

GRUPPI / CHIAMATE

La destinazione determina quali stazioni o gruppi ricevono la chiamata.

SEGNALAZIONE

Parametri e servizi vanno programmati in modo coerente fra radio e infrastruttura.

La compatibilità richiede più della stessa frequenza: protocollo, canale e parametri devono coincidere.

Simplex e ripetitore



Simplex: stessa frequenza, collegamento diretto



Ripetitore: coppia di frequenze e parametri concordati

PRIMA DI TRASMETTERE

Verificare autorizzazioni, piano di frequenze, canalizzazione e programmazione.

Reti IP, gateway e trunking



CONVENZIONALE

Canali assegnati in modo stabile.

TRUNKING

Risorse radio assegnate dinamicamente dalla rete.

IP / GATEWAY

Collegano siti e servizi, se previsti dal sistema.

Programmazione: checklist pratica

- **1. Frequenze:** RX/TX, eventuale offset e canale corretto.
- **2. Canalizzazione:** 6,25 o 12,5 kHz solo se supportata e autorizzata.
- **3. Modalità:** NXDN digitale, non FM analogica o altro protocollo.
- **4. Identità e chiamata:** ID, destinazione/gruppo e segnalazione coerenti.
- **5. Ripetitore:** parametri di accesso e impostazioni richieste dalla rete.
- **6. Test:** prima in simplex o su un sistema di prova autorizzato.

NXDN a confronto con DMR, D-STAR e C4FM

Sistema	Modulazione	Accesso / canale	Nota distintiva
NXDN	4-level FSK	FDMA; 6,25 / 12,5 kHz secondo implementazione	Banda stretta; ecosistema professionale
DMR Tier II	4FSK	TDMA 2 slot / 12,5 kHz	Due risorse temporali sul canale
D-STAR	GMSK (DV)	Struttura propria; canale tipico 6,25 kHz	Routing con campi MY/UR/RPT
C4FM / Fusion	C4FM / 4-level FSK	FDMA; canale tipico 12,5 kHz	DN/VW, DG-ID, WIRES-X

La compatibilità non deriva dal fatto che due apparati siano entrambi digitali.

Punti di forza e limiti

PUNTI DI FORZA

- Canalizzazione stretta
- Architettura FDMA
- Servizi voce e dati, secondo apparato
- Adatto a reti professionali

LIMITI / ATTENZIONI

- Non interoperabile automaticamente con altri standard
- Parametri dipendenti da modello e rete
- Ecosistema e strumenti di programmazione specifici
- La copertura non è garantita dal solo protocollo

La scelta corretta dipende dall'obiettivo operativo, non dall'etichetta “digitale”.

Glossario essenziale

NXDN

Standard di radiocomunicazione digitale terrestre

4FSK

Four-level Frequency Shift Keying

BER

Bit Error Rate

Trunking

Assegnazione dinamica dei canali

FDMA

Frequency Division Multiple Access

FEC

Forward Error Correction

Vocoder

Codifica/decodifica vocale compressa

Gateway

Interfaccia tra sistemi o reti

Conclusioni: cinque idee da ricordare

- NXDN è un sistema digitale, non una rete unica.
- 4FSK descrive la modulazione; FDMA descrive l'accesso al canale.
- La canalizzazione stretta è una caratteristica importante, ma non garantisce da sola maggiore portata.
- Identità, chiamate, ripetitori e trunking dipendono dalla configurazione.
- La compatibilità va verificata sul modello e sulla rete specifici.

Domande e discussione

SEZIONE A.R.I. DI MESSINA • IQ9MK

M17

Protocollo, voce digitale e reti open source

Una lezione tecnica sul sistema digitale progettato dalla comunità radioamatoriale: Codec 2, modulazione 4FSK, identificazione tramite nominativi e trasmissione di voce e dati.

VOCE DIGITALE

Codec 2 aperto

MODULAZIONE

4FSK • 4.800 simboli/s

Obiettivi della lezione

- Comprendere M17: protocollo digitale progettato per radioamatori.
- Separare i livelli: modulazione, codifica vocale, frame e rete.
- Conoscere Codec 2: codec vocale open source a basso bit rate.
- Leggere i campi: nominativo sorgente, destinazione e metadati.
- Esplorare l'ecosistema: radio, firmware, modem, hotspot, gateway e reflector.

IDEA GUIDA

M17 è sia una specifica radio sia un ecosistema di implementazioni aperte.

Che cos’è M17?

PER RADIOAMATORI

Progettato per il servizio di radioamatore e per sperimentazione tecnica.

OPEN SOURCE

Specifiche e software disponibili pubblicamente; possibilità di studiare e modificare.

VOCE + DATI

Supporta stream audio digitale e trasmissioni a pacchetto.

Non è un sistema proprietario legato a un solo costruttore.

La filosofia open source

SPECIFICA

Descrive formato dei frame, indirizzi, modalità e trasmissione.

SOFTWARE

Codec, librerie, decoder, gateway e strumenti SDR.

HARDWARE

Radio dedicate, modem aggiuntivi e piattaforme sperimentali.

Aperto non significa automaticamente plug-and-play: conta la compatibilità reale.

Architettura: dal microfono alla RF

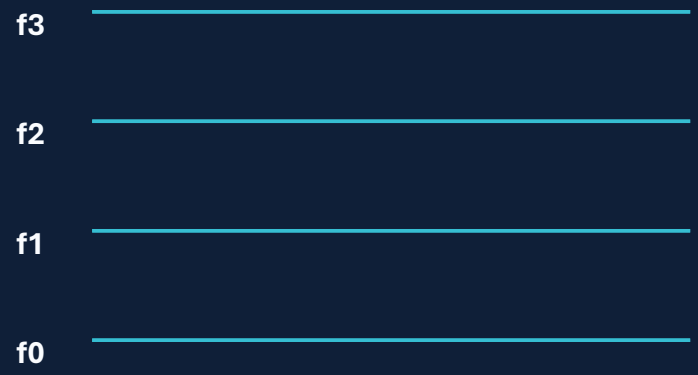


IN RICEZIONE

Demodulazione → sincronizzazione e decodifica → estrazione dei dati → Codec 2 → audio.

Modulazione 4FSK

Quattro stati di frequenza (schema concettuale)



4.800 simboli al secondo

Quattro simboli possibili → 2 bit/simbolo in condizioni ideali.

ATTENZIONE

9.600 bit/s non è il bit rate utile della voce.

Canale RF e banda occupata

SIMBOL RATE

4.800 simboli/s: velocità con cui si trasmettono i simboli della modulazione.

LARGHEZZA DI CANALE

La canalizzazione nominale e lo spettro effettivamente occupato sono grandezze diverse.

Per prove pratiche: verificare deviazione, filtraggio, livello audio e occupazione spettrale.

Codec 2: la voce digitale aperta

COMPRESSIONE

La voce viene rappresentata con un flusso di bit relativamente compatto.

CODICE APERTO

Codec 2 è libero e studiabile, senza i vincoli tipici dei codec proprietari.

TRADE-OFF

Qualità percepita, bit rate e robustezza sono legati al progetto del codec.

Codec 2 ≠ modulazione 4FSK ≠ protocollo M17.

Modalità Stream e Packet

STREAM MODE

Flusso continuo.

Voce digitale e, secondo la modalità, dati associati.

PACKET MODE

Pacchetti autonomi.

Adatto a messaggi e piccoli contenuti dati.

Entrambe le modalità utilizzano informazioni di setup e campi di protocollo.

Link Setup Frame (LSF)

SRC
sorgente

DST
destinazione

TYPE
tipo payload

META / controllo

Il setup dice al ricevitore chi trasmette, a chi è diretta la comunicazione e come interpretare i dati.

VERSIONE DELLA SPECIFICA

I campi e le opzioni possono evolvere: verificare V2 e gli sviluppi successivi.

Nominativi, indirizzi e destinazioni

SRC

La stazione che origina la trasmissione, normalmente il nominativo del radioamatore.

DST

Il destinatario: una stazione, una destinazione di rete o un indirizzo speciale.

BROADCAST

Destinazione speciale per trasmissioni non indirizzate a un solo destinatario.

L'indirizzamento M17 non è equivalente ai Talkgroup DMR o ai campi di routing D-STAR.

Protezione dagli errori e sincronizzazione

SINCRONIZZAZIONE

Aiuta il ricevitore a individuare l'inizio dei frame e il corretto allineamento.

CODIFICA

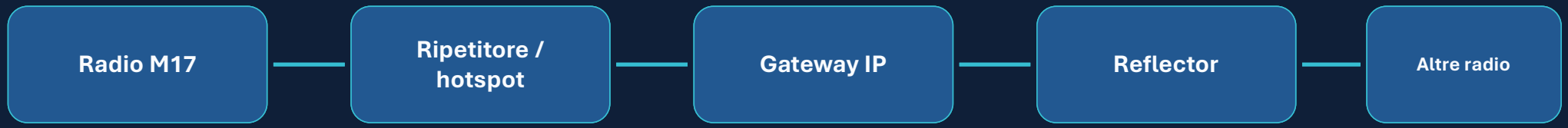
Ridondanza e decodifica aiutano a gestire parte degli errori di trasmissione.

SOGLIA DIGITALE

In condizioni marginali l'audio può degradarsi bruscamente o interrompersi.

Misurare con prove ripetibili: posizione, antenna, potenza e percorso costanti.

Reflector, gateway e reti M17



DA RICORDARE

Il protocollo radio e il servizio di rete sono livelli distinti: la copertura IP non è copertura RF.

Hardware e modalità di accesso

RADIO DEDICATE

Apparati con supporto M17 nativo o firmware compatibile.

SDR / SOFTWARE

Ricezione e trasmissione tramite piattaforme radio definite via software.

MODEM AGGIUNTIVO

Modulo compatibile che realizza la modulazione/demodulazione M17.

Un ricetrasmettitore FM analogico non supporta M17 senza hardware/software aggiuntivo.

M17 a confronto con DMR, D-STAR e C4FM

Sistema	Modulazione / accesso	Voce / filosofia
M17	4FSK • 4.800 simboli/s	Codec 2 • specifica open source
DMR Tier II	4FSK • TDMA 2 slot	Vocoder proprietario/standardizzato; reti diverse
D-STAR	GMSK in DV	Codec AMBE; routing con campi dedicati
C4FM / Fusion	C4FM / 4-level FSK	Modalità DN/VW e servizi del sistema

“Digitale” non significa “interoperabile”.

Specifiche: V2 e sviluppi successivi

V2

Base documentale consolidata, con revisioni e correzioni successive.

REVISIONI

Aggiornamenti possono correggere campi, unità e interpretazione dei metadati.

EVOLUZIONE

Le proposte successive possono non essere supportate da tutti gli apparati.

Verificare sempre versione della specifica, firmware e software utilizzati.

Glossario essenziale

M17

Protocollo digitale open source per radioamatori

Codec 2

Codec vocale open source a basso bit rate

SRC / DST

Indirizzo sorgente / destinazione

SDR

Software Defined Radio

4FSK

Four-level Frequency Shift Keying

LSF

Link Setup Frame

FEC

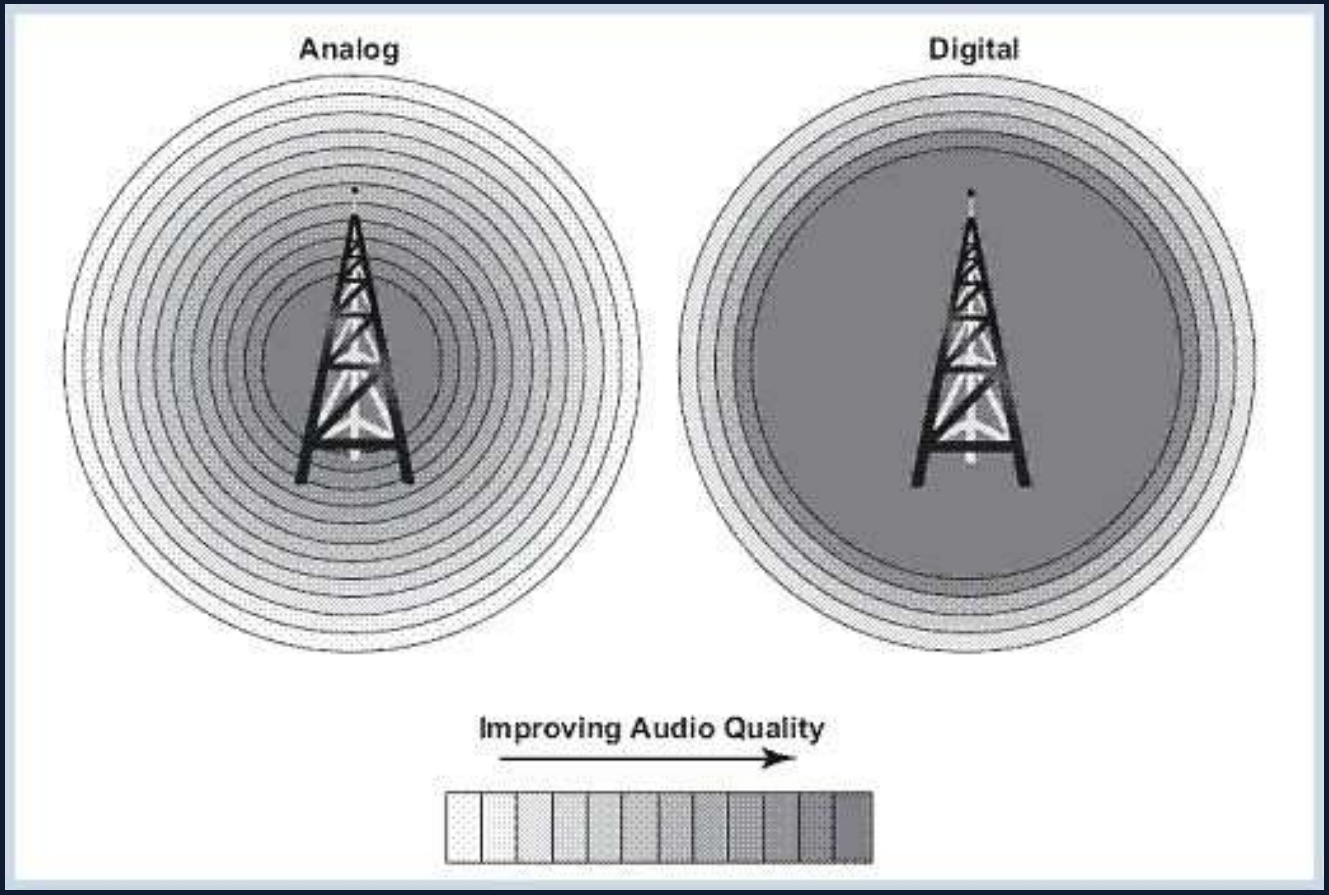
Forward Error Correction

Reflector

Servizio di rete per distribuire traffico M17

11. Come cambia l'audio quando il segnale peggiora?

Quando si confronta un sito analogico con un sito DMR, la regione relativa di copertura con paragonabile qualità audio è illustrata nella figura seguente



12. Come cambia l'audio quando il segnale peggiora?

Ci sono molte differenze tra il comportamento del segnale audio digitale e la percezione che si ha con la classica tecnologia analogica:

- Mentre il segnale analogico degrada lentamente come il ricevitore si allontana dal trasmettitore, il segnale digitale commuta più bruscamente da segnale “buono” a mancanza di segnale. In altre parole, proprio prima della zona di fine copertura, l’audio digitale è ancora chiaro e intelleggibile, mentre nella stessa condizione l’audio analogico ha un eccessivo rumore di fondo.
- Il processo di vocoding è progettato per fornire ottima qualità audio con un ridotto numero di bit. Siccome il processo di vocoding è orientato alla riproduzione del parlato umano, altri suoni quali musica e toni, non sono riprodotti fedelmente.
- Le prestazioni avanzate di vocoding nel DMR includono una riduzione del rumore di fondo. Riguardo quanto si sta sviluppando nell’ambito delle trasmissioni radio, solo la voce è riprodotta nella radio ricevente. Il rumore di fondo, quale il rumore veicolare, rumore del vento ed il rumore del traffico, non viene ricostruito. Questo è un vantaggio chiave della soluzione voce del DMR rispetto alla tecnologia analogica, perché ambienti rumorosi quali industrie, magazzini, aree ventose non degradano significativamente l’intellegibilità della comunicazione.



Grazie per l’attenzione ! 73

DMR C4FM D-STAR NXDN M17