



Il sistema di trasmissione digitale terrestre

Giuseppe Baruffa
DSPLab - Dipartimento di Ingegneria Elettronica e
dell'Informazione
Università degli Studi di Perugia

<http://dsplab.diei.unipg.it/>



Un po' di storia ...

- USA, fine anni '80
 - Le compagnie telefoniche reclamano lo spettro UHF non utilizzato dai broadcaster per realizzare le reti cellulari
 - I broadcaster rispolverano una vecchia idea per un nuovo servizio: adoperare lo spettro inutilizzato per la **TV digitale**
 - Nasce la *Grand Alliance*



Successo!

- Europa, fine anni '80
 - Sviluppo della piattaforma televisiva satellitare analogica (SDTV, FM)
 - Sperimentazione della alta definizione analogica (HD-MAC)



Insuccesso!

La riscossa europea

- Nel 1993 nasce il progetto **DVB - Digital Video Broadcasting**
 - Consorzio di broadcaster, industria, operatori di rete, organismi di standardizzazione
- Dedicato allo sviluppo della TV digitale via satellite e via cavo
- Intorno al 1995 sono definite le richieste commerciali per un sistema televisivo digitale terrestre
- La norma è ratificata da ETSI nel marzo 1997 → **DVB-T**

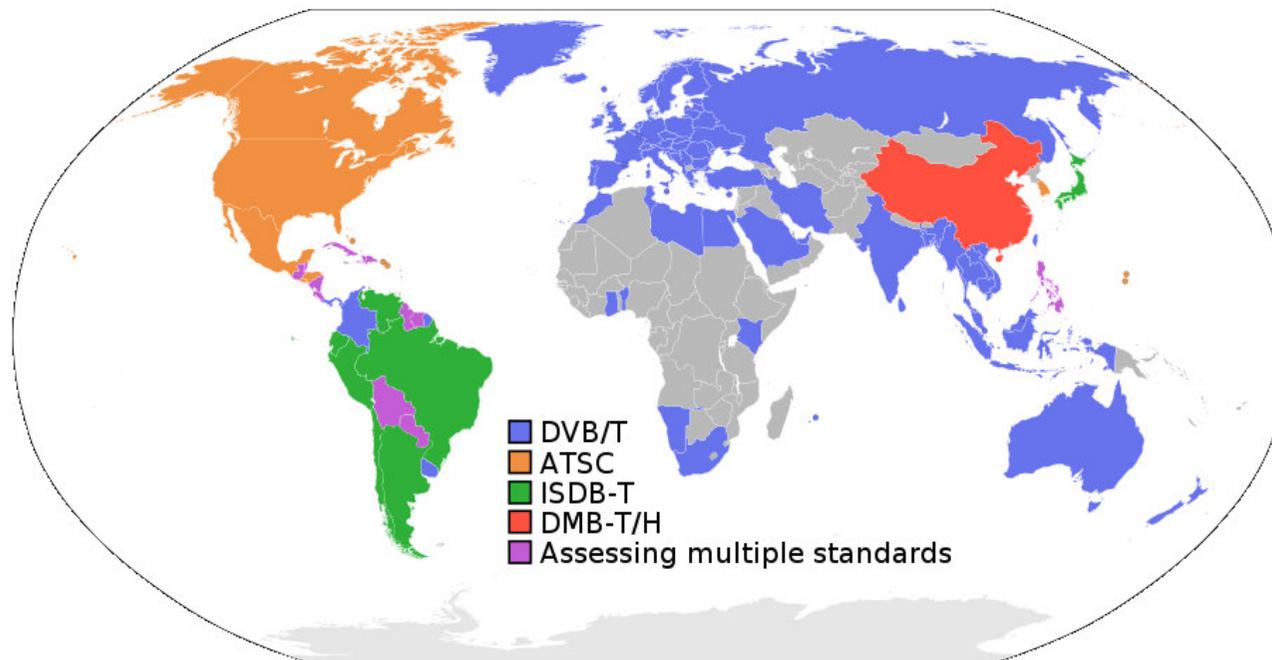
Country	Population (million)	DVB-T Services Launched	Receivers Sold (million to nearest 0.5)
United Kingdom	60	1998 (2002 Freeview)	40
Spain	45	2000	17.5
Italy	59	2004	11
France	64	2005	9*
Germany	82	2002	8
Australia	21	2001	2.5
Taiwan	30	2005	2.5



Fonte: dvb.org, luglio 2009

Nel mondo

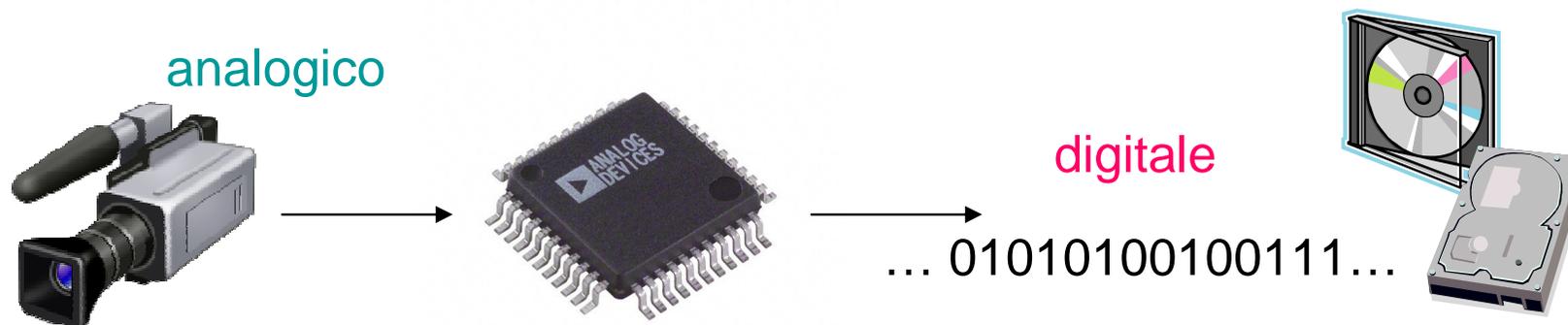
- Nascono diversi sistemi digitali terrestri
 - USA → ATSC
 - Giappone → ISDB-T
 - Cina → DMB-T
- I vari standard si contendono il mercato tecnologico in tutti i paesi interessati al switch-off



Fonte: dvb.org, en.wikipedia – dicembre 2009

Perché passare al digitale?

- Un segnale analogico è agevolmente trasformato in digitale da chip molto diffusi ed economici, gli ADC



- Un sistema digitale trasmette e manipola unità di informazione chiamate *bit*, grazie a circuiti integrati economici e potenti al tempo stesso
 - Il numero di bit trasmessi o manipolati ogni secondo è detto *bit rate*
- Si arriva agevolmente a 6 bit al secondo trasmessi per ogni Hz di banda trasmissiva occupata
- Generalmente, un sistema digitale richiede **minore potenza** ed è più **immune al rumore** ed alle imperfezioni del canale di trasmissione

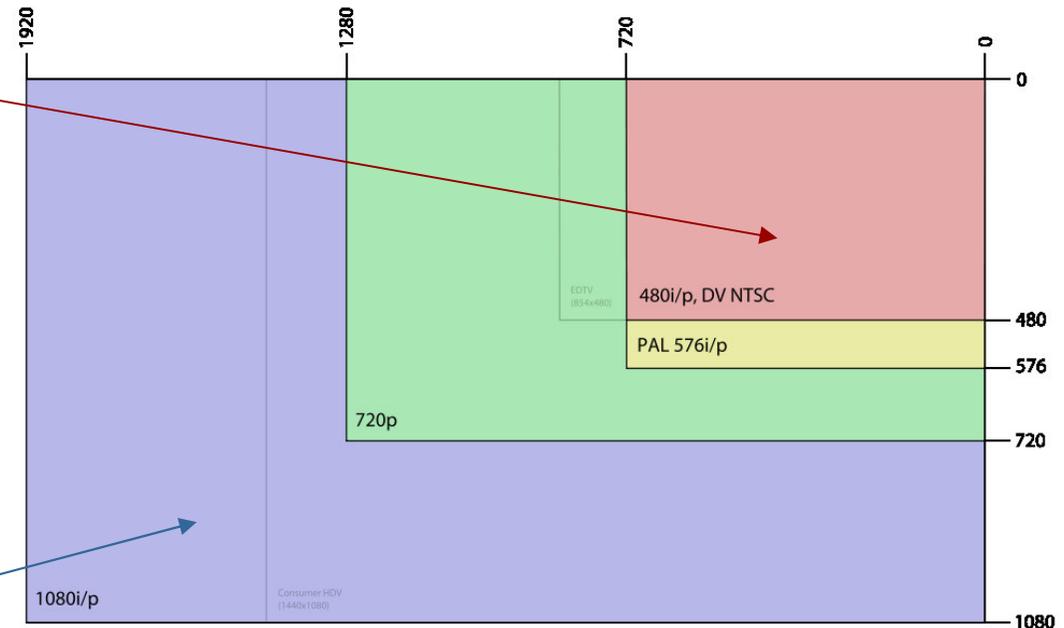
I pilastri della trasmissione televisiva digitale

- **Comprimi adeguatamente le immagini TV**
 - Lo spettro VHF/UHF è una risorsa preziosa
- **Proteggi efficacemente i dati compressi**
 - Gli errori verificatisi durante la trasmissione sul canale possono essere irreparabili
- **Spedisci opportunamente sul canale i dati protetti**
 - Modula una portante con efficienza



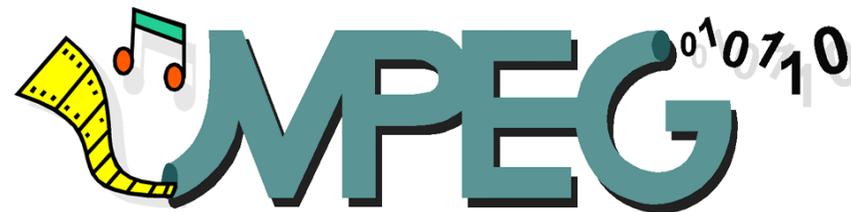
Comprimi

- Quanto pesa una trasmissione a **definizione standard (SDTV)**?
 - 720 × 576 pixel per immagine
 - 25 immagini complete al secondo
 - 10 Mpixel al secondo
- Analogico: da 5 a 8 MHz di banda
- Digitale (24 bit): 250 Mbit al secondo
 - Con 6 bit al secondo per Hz, sono necessari circa 40 MHz di banda
- E una in **alta definizione (HDTV)**?
 - 1920 × 1080 pixel per immagine
 - 25 immagini complete al secondo
 - 52 Mpixel al secondo
- Analogico: da 25 a 40 MHz
- Digitale (24 bit): 1.2 Gbit al secondo
 - Necessari circa 200 MHz di banda!



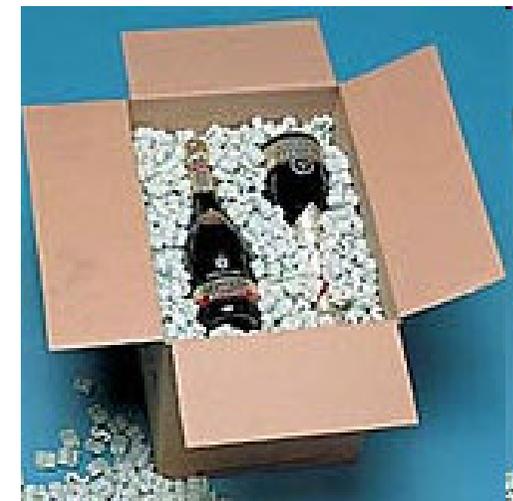
Comprimi!

- La soluzione è l'uso di un *codec* (compressore/decompressore)
 - Il contenuto informativo dell'immagine viene ridotto in maniera tale che l'occhio umano non si accorge della differenza rispetto all'immagine originale
- Si dovrebbe ottenere un rapporto di compressione di **50:1!**
- I codec utilizzati nel sistema digitale terrestre sono due
 - MPEG-2
 - Sviluppato negli anni '90
 - Usato anche nei DVD
 - SDTV a 5-6 Mbit/secondo
 - MPEG-4 AVC
 - Sviluppato negli anni '00
 - Usato anche nei Blu-Ray
 - SDTV a 2-3 Mbit/secondo
 - HDTV a 12-15 Mbit/secondo



Proteggi!

- Il canale introduce degli errori durante la trasmissione
- Gli errori possono essere visivamente di grande disturbo
- **Soluzione:** si aggiungono dei bit utilizzati esclusivamente per proteggere dagli errori
- *Codifica a correzione d'errore* **FEC** (Forward Error Correction)
- Aumentare la capacità di correzione significa diminuire lo spazio a disposizione per i dati compressi (a pari banda disponibile)





FEC e interleaving

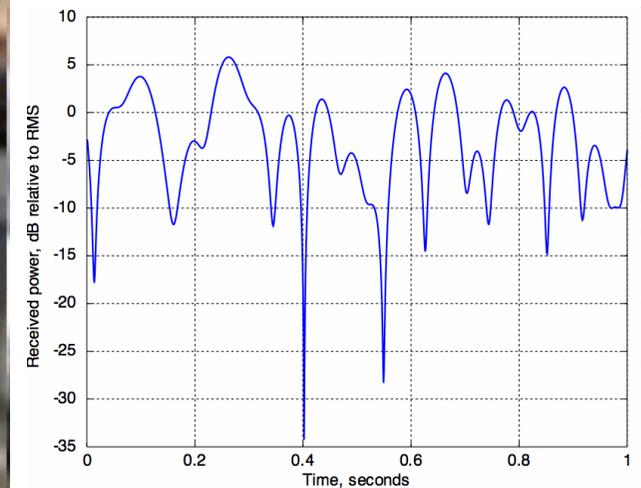
- Il DVB-T usa un codice di *Reed-Solomon* e un codice *convoluzionale*
- Il digitale terrestre offre 5 FEC diversi, con capacità di correzione decrescenti

1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
<i>più protetto</i>				<i>meno protetto</i>

- Inoltre, si adopera una doppia tecnica di *interleaving*
- L'interleaving permette di sparpagliare gli errori e di renderli + facilmente correggibili

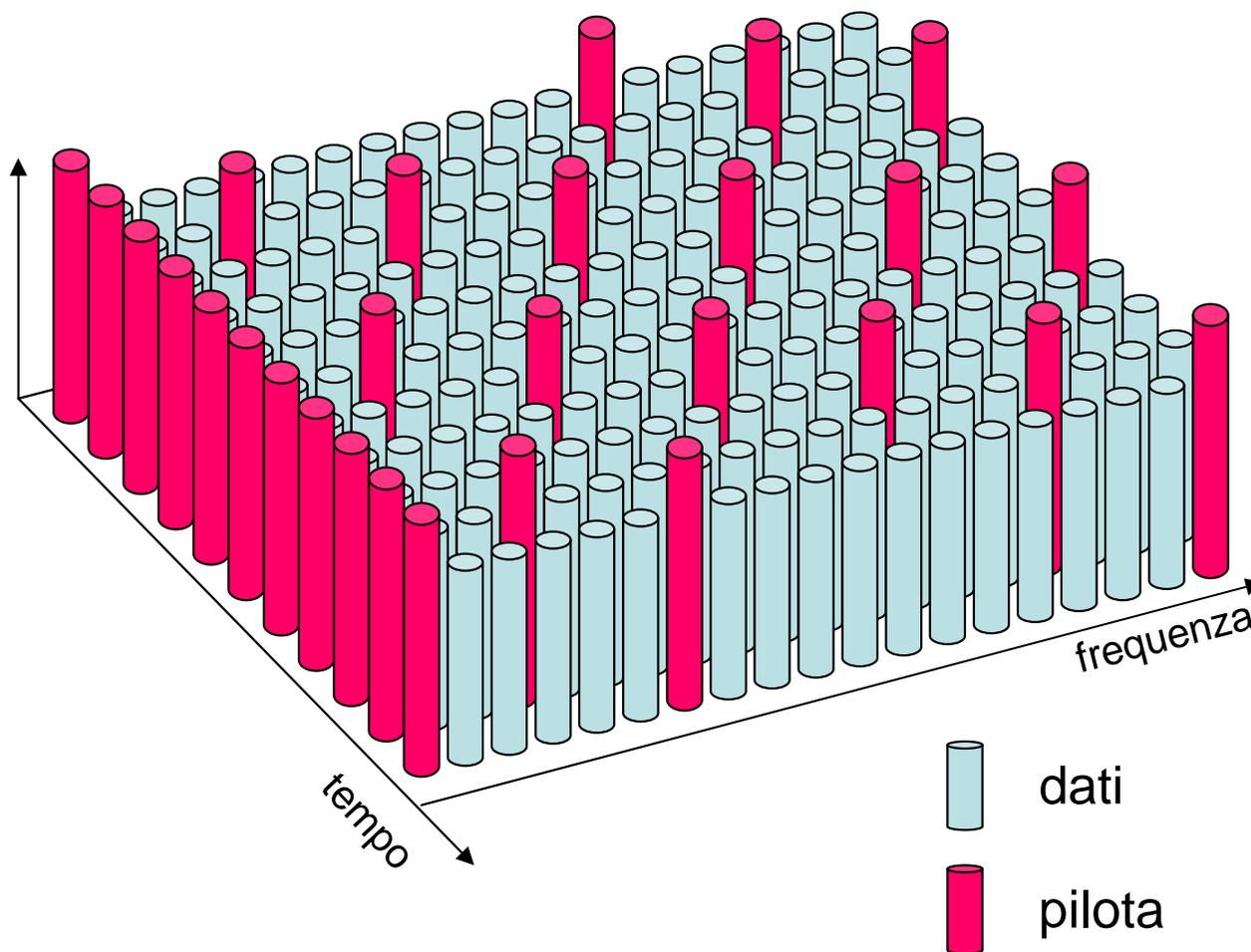
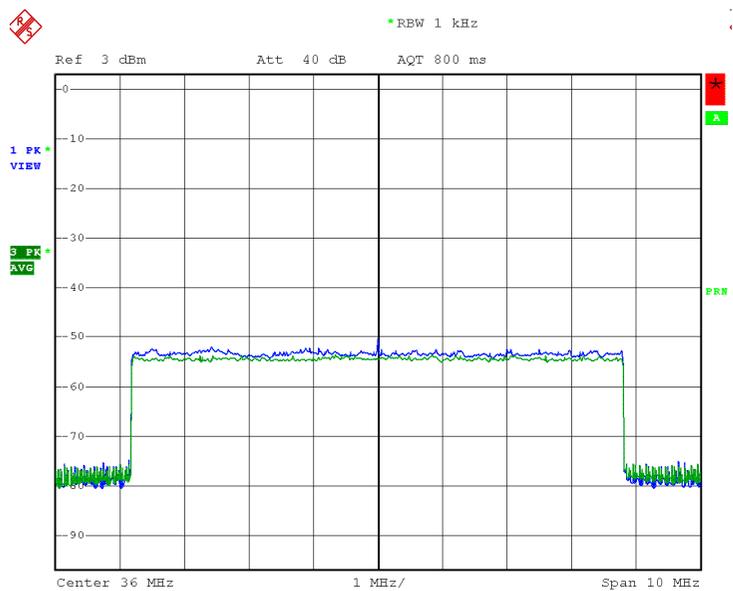
Trasmetti!

- Il canale di trasmissione terrestre è affetto da diversi problemi, tra cui
 - Rumore termico o impulsivo
 - Percorsi multipli (*ghosting*)
 - Fading / shadowing



Il segnale OFDM in frequenza

- Le sottoportanti sono utilizzate anche per sondare il canale di trasmissione (*pilota*)
- Distanza interportante
 - 2k: 4 kHz
 - 8k: 1 kHz
- Lo spettro TX è piatto
 - Banda: 7.6 MHz

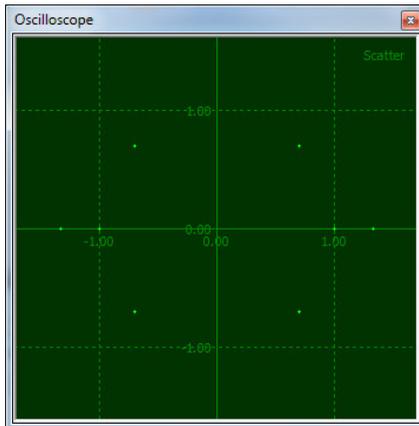


Date: 6.OCT.2004 13:54:17

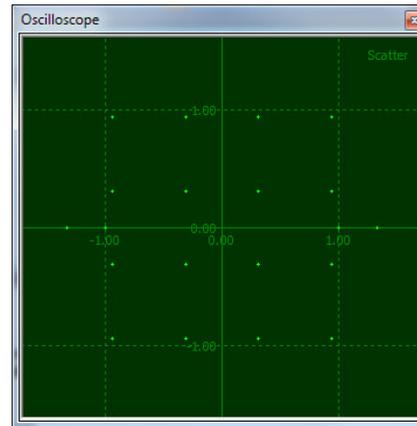
Costellazioni

- Ciascuna portante è modulata dai simboli di una cosiddetta *costellazione*
- L'efficienza spettrale nel DVB-T è di 2, 4 o 6 bit al secondo per Hz di banda occupata

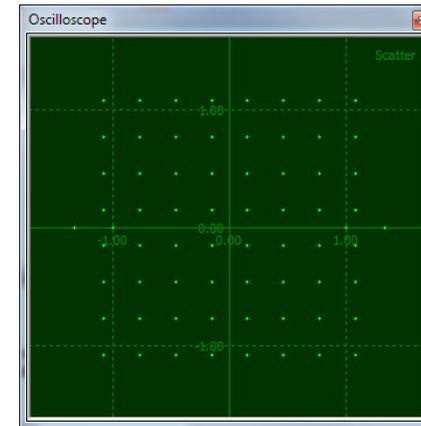
QPSK = 2



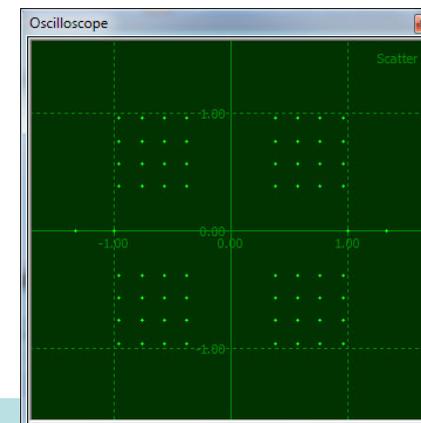
16QAM = 4



64QAM = 6



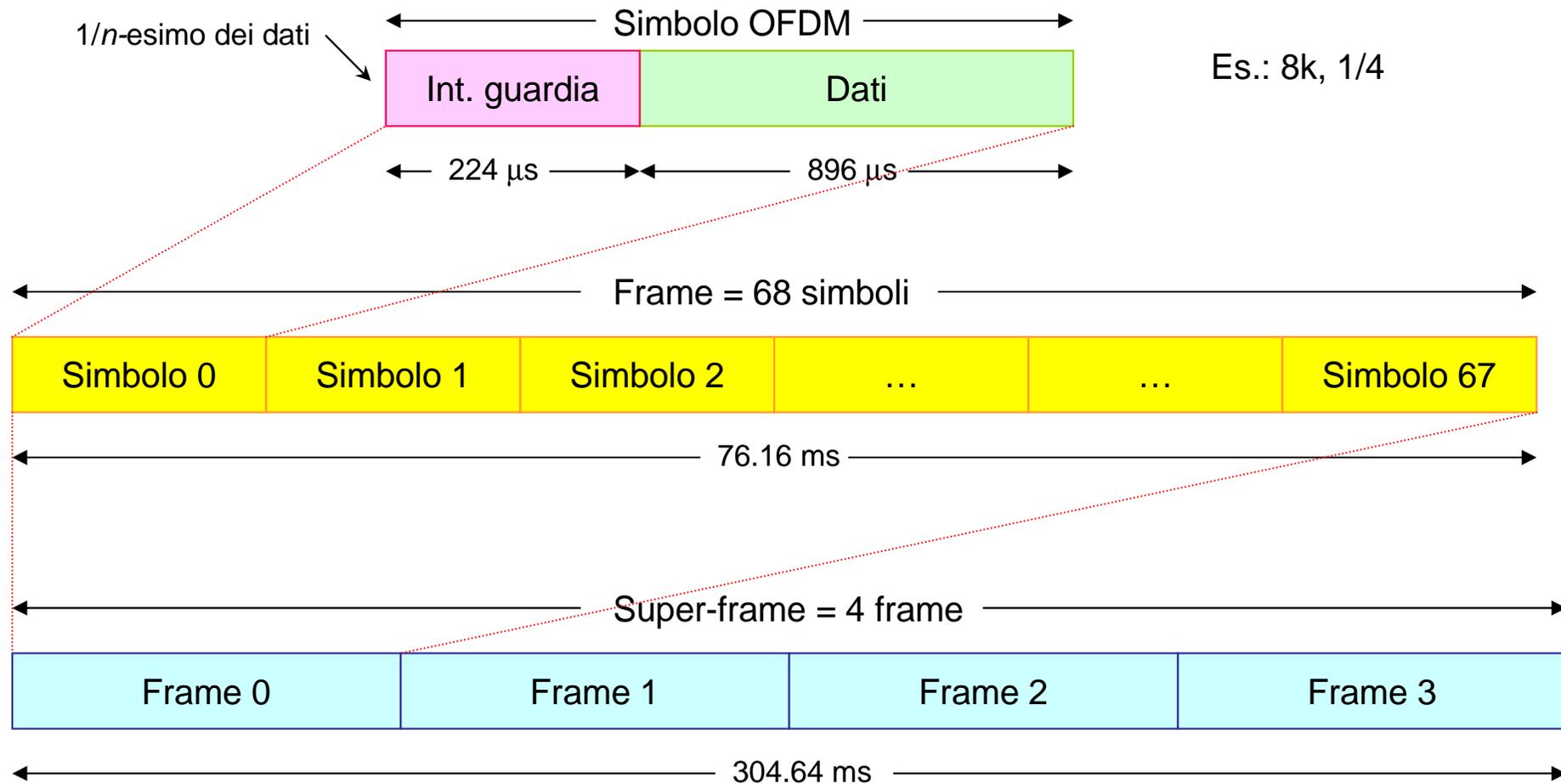
- Esistono anche costellazioni gerarchiche (poco usate, invero) utilizzabili per differenziare i servizi a seconda della distanza dalla torre TX





Il segnale OFDM nel tempo

- Si usa un intervallo di guardia (contro il *ghosting*) e una suddivisione in trame



Bit rate disponibili

- Variando i parametri di modulazione, si ha una corrispondente variazione nella bit rate disponibile e nell'efficacia della protezione dei dati

Efficienza di modulazione	FEC	Intervallo di guardia			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK (2 bit/s/Hz)	1/2	4.976	5.529	5.855	6.032
	2/3	6.635	7.373	7.806	8.043
	3/4	7.465	8.294	8.782	9.048
	5/6	8.294	9.216	9.758	10.053
	7/8	8.709	9.676	10.246	10.556
16QAM (4 bit/s/Hz)	1/2	9.953	11.059	11.709	12.064
	2/3	13.271	14.745	15.612	16.086
	3/4	14.929	16.588	17.564	18.096
	5/6	16.588	18.431	19.516	20.107
	7/8	17.418	19.353	20.491	21.112
64QAM (6 bit/s/Hz)	1/2	14.929	16.588	17.564	18.096
	2/3	19.906	22.118	23.419	24.128
	3/4	22.394	24.882	26.346	27.144
	5/6	24.882	27.647	29.273	30.160
	7/8	26.126	29.029	30.737	31.668

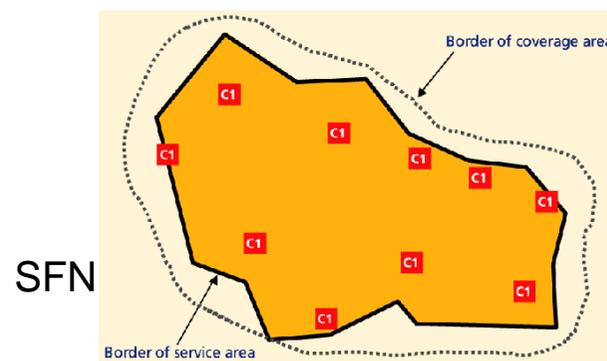
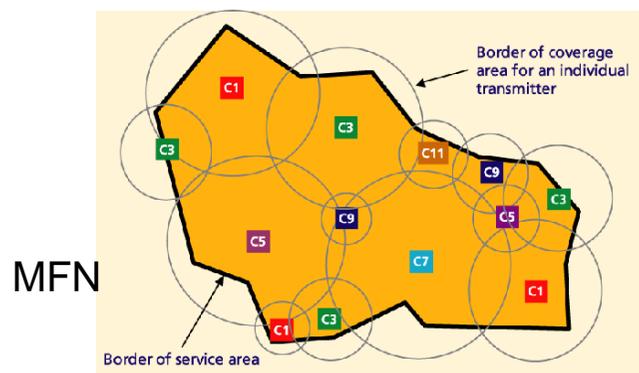
+ Protezione rumore
-

1 programma
- Canale da 8 MHz
- Bit rate in Mbit al secondo
← 6 programmi

+ protezione ghosting -

Economie di scala

- Si possono trasmettere 5 - 6 programmi contemporaneamente occupando la stessa larghezza di banda di un vecchio canale analogico (7-8 MHz)
- Si potrebbe usare una rete a frequenza singola (SFN, Single Frequency Network) per coprire l'intero territorio



- Si possono trasmettere contemporaneamente programmi a definizione standard e ad alta definizione, anche sfruttando codec diversi
- Si possono gestire problematiche di canale trasmissivo diverso, usando un'opportuna combinazione di FEC e modulazioni

Modalità di ricezione facilitate

- Stessa canalizzazione spettrale → minore impatto sulle eventuali modifiche all'impianto d'antenna

- Set top box esterno



- Decoder interno



- Chiavetta USB + PC



Spettro libero = nuovo standard

- Dopo il switch-off sarà disponibile dello spettro UHF, che in parte sarà usato per introdurre il ...



- Miglioramenti apportati rispetto a DVB-T
 - Studiato per il trasporto di segnali HDTV
 - Norma pubblicata da ETSI nel 2009
 - Incremento del 30-40% di bit rate offerta a pari larghezza di banda
 - Nuovi sistemi FEC, più efficienti e potenti (*LDPC, Low Density Parity Check*)
 - FEC differenziati per ogni programma
 - **T1 incompatibile con T2**
- In uso su Freeview HD (UK) da febbraio '10
 - Usa MPEG-4 AVC
 - HDTV fino a 1080i
 - Decoder Humax





DVB-T2 vs. DVB-T

	DVB-T	DVB-T2
FEC	Convoluzionale + Reed-Solomon 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Efficienza	QPSK, 16QAM, 64QAM (2, 4, 6 bit/s/Hz)	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM (2, 4, 6, 8 bit/s/Hz)
Intervallo di guardia	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128
Portanti OFDM	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Portanti Pilota	10.6%	1.35%, 2.35%, 4.35%, 8.35%

- In uno scenario SFN tipico si potrebbe arrivare ad avere
 - DVB-T (64QAM, 8k, FEC 2/3, guardia 1/4) → 20 Mbit al secondo
 - DVB-T2 (256QAM, 32k, FEC 3/5, guardia 1/16) → 33 Mbit al secondo → **+66%**



In conclusione

- Soluzione completa, efficiente e flessibile
- Possibilità di introdurre nuovi servizi con vaste economie di scala
- Semplificazione nell'uso dello spettro TV

Collegamenti utili e approfondimenti

- <http://www.dvb.org/> → DVB Project
- <http://www.etsi.ch/> → ETSI, standardizzazione
- <http://www.digitag.org/> → Disseminazione e divulgazione
- <http://www.dgtvi.com/> → Disseminazione e divulgazione in Italia