

LA RADIOFONIA NELL'ERA DIGITALE¹

Dopo una breve sintesi sull'evoluzione della fruizione radiofonica da parte degli utenti, l'articolo passa in rassegna i nuovi standard dei sistemi per la diffusione della radiofonia digitale che potranno interessare il nostro Paese. Questi nuovi sistemi prenderanno progressivamente il posto delle Onde Medie e della Modulazione di Frequenza nella banda UHF e sono caratterizzati da un'alta efficienza di occupazione spettrale e da una forte resistenza a tutti i disturbi di propagazione, prestazione particolarmente importante per l'ascolto, in continuo aumento, nella condizione di mobilità.

1. PREMESSA

La grande rivoluzione che le tecnologie digitali hanno portato in tanti settori non poteva non toccare anche la filiera radiofonica. L'area della produzione radiofonica è ormai digitalizzata da alcuni anni, mentre l'area della diffusione, almeno in Italia, è ancora sostanzialmente analogica. Nel seguito, sono brevemente descritte le principali nuove soluzioni proposte per la diffusione e si cerca di valutare quali fra esse siano le più adatte al nostro Paese².

Non va dimenticato che la convergenza dei *media* e dei terminali tende a favorire un'aggregazione di segmenti di mercato oggi differenziati (radio, TV, telefonia fissa e mobile ecc.) e conseguentemente una concentrazione nelle mani

dei *provider* più forti. Tale prospettiva può certamente costituire una minaccia per la tutela del pluralismo e del localismo e vanno pertanto adottate quelle soluzioni di diffusione che garantiscano i *provider* più deboli, senza peraltro frenare lo sviluppo tecnologico e di mercato. Prima di esaminare i nuovi sistemi di diffusione, si ritiene utile premettere un breve commento alle evoluzioni che hanno subito le tradizionali modalità di fruizione della comunicazione radiofonica nel più generale contesto del cammino che la Società sta percorrendo sulla strada sempre più pervasiva della multimedialità. Tale quadro è particolarmente utile per meglio inquadrare le specifiche caratteristiche che devono avere i moderni sistemi di diffusione.

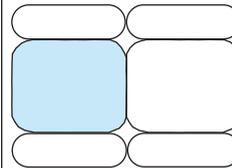
2. LO SCENARIO DEL MERCATO DI FRUIZIONE PER I SISTEMI RADIOFONICI

In sintesi, queste sono le principali considerazioni che si possono fare relativamente a tale tematica:

□ l'ascolto **stanziale** (casalingo) rimarrà una



Salvatore Morello
Guido Vannucchi



¹ Il presente articolo riprende ed aggiorna un Position Paper pubblicato nell'ottobre del 2005 dalla AICT (Associazione per la Tecnologia dell'informazione e delle Comunicazioni), struttura dell'AEIT (Federazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni).

² Si pensi, per esempio, alla situazione di affollamento dello spettro delle frequenze radiofoniche in Italia.

realità di notevole rilevanza, anche se con una duplice ed in un certo senso contraddittoria tendenza:

- ascolto di massima qualità (in modalità multicanale) in un unico punto concentrato della casa (spesso coincidente con la posizione del ricevitore TV);
- ascolto esteso ai vari ambienti all'interno della casa, risolvibile con reti LAN domestiche, *wired* o *wireless*, oggi molto economiche e realizzabili con buona qualità di ascolto per merito delle eccellenti prestazioni degli altoparlanti anche di piccola dimensione;
- l'ascolto in **mobilità (autoradio o dispositivi "handheld"**³) diventerà sempre più richiesto e sarà importante scegliere le soluzioni in grado di assicurare una buona ricezione dei segnali radiofonici su una percentuale molto alta del territorio;
- l'ascolto in **nomadicità** (tipico di chi usa il PC portatile collegato a reti WiFi in alberghi, stazioni, aeroporti ecc.) tenderà anch'esso ad aumentare sensibilmente;
- **nuove offerte di programmi**, in particolare tematici o locali, saranno rese possibili dal deciso miglioramento dell'efficienza spettrale conseguente all'impiego delle tecnologie digitali;
- il mix dell'utenza radiofonica, sempre più ricco di **giovani**, propenderà progressivamente verso forme di innovazione radicali, con nuovi paradigmi di servizio associati alle modalità della fruizione radiofonica, ciò che determinerà nel tempo lo scostamento dal concetto di "*radio classica*" ed in particolare tenderà a sviluppare:
 - integrazione del segnale audio con altri *media* (dati ed immagini);
 - interattività attraverso opportuni canali di ritorno;
 - modelli di *comunicazione* innovativi, *free* o *pay*, quali in particolare il multicast (da uno a molti) e l'*unicast* (da uno ad uno, ossia *on demand*), che supereranno il classico *broadcast* (da uno a tutti);
 - fruizione, oltre che in *real time*, anche in *shifted time* tra cui, in misura sempre più esplosiva, il servizio *PODcast* (*Personal-Option-Digital-cast*).

³ Con tale denominazione ci si intende riferire a tutte le classi di terminali portatili (cellulari, radio portatili, PDA ecc.).

3. LE TECNOLOGIE PER I SISTEMI DI DIFFUSIONE DI RADIOFONIA DIGITALE

Per seguire meglio il richiamo nel successivo paragrafo sulle caratteristiche tecniche dei vari standard proposti, è utile ricordare che la diffusione in forma digitale dei segnali radiofonici avviene attraverso i passaggi classici delle trasmissioni digitali e più precisamente:

a. Codifica di sorgente: è il processo attraverso cui il segnale audio analogico viene prima convertito in una sequenza numerica (digitalizzato) e quindi "**compresso**" secondo tecniche di riduzione di ridondanza che, preservando sostanzialmente la qualità soggettiva, riescono a ridurre sostanzialmente il *bit-rate* del segnale e ne consentono la trasmissione agli utenti con una sensibile efficienza spettrale, molto superiore a quella ottenibile in analogico (riquadro a p. 41, per qualche maggior dettaglio sulle tipologie di codifiche di sorgente nel caso dei segnali radiofonici).

b. Codifica di canale: è l'operazione con la quale il segnale digitale, dopo la codifica di sorgente, viene ulteriormente elaborato (con un moderato aumento del *bit-rate*) per difenderlo al meglio dalle possibilità di errore introdotte dal particolare canale di trasmissione impiegato. La parte più interessante dell'elaborazione consiste nell'introdurre i cosiddetti **codici a correzione di errore** (per eliminare cioè gli errori nel riconoscimento dei *bit*), sistemi rilevanti in ogni caso, ma indispensabili per i mezzi trasmissivi radio resi critici dai problemi di propagazione quali, in particolare, riflessioni, interferenze, evanescenze (*fading*) di tipo aleatorio e, per le frequenze alte, le attenuazioni da pioggia.

c. Modulazione: è il "blocco circuitale" della catena trasmissiva in cui il segnale, dopo le due precedenti elaborazioni, viene "**impresso**" su una "**portante**", rendendone possibile la trasmissione e/o la diffusione a grande distanza. Le metodologie di modulazione per segnali digitali sono scelte sulla base delle particolari caratteristiche del mezzo trasmissivo impiegato (radio terrestre, satellite, cavo, fibra), della specifica banda di frequenza adottata e delle relative caratteristiche di propagazione.

Un metodo di modulazione particolarmente efficace (in combinazione con i codici correttori) per combattere le anomalie di propagazione sopra citate (e perciò adottato nella dif-

La codifica di sorgente

La trasformazione di un segnale audio analogico, prodotto da un trasduttore elettroacustico, in un segnale **digitale** è un processo delicato e fondamentale al fine di garantire una qualità **sogettiva** di alta fedeltà.

Si agisce su parametri *analitici*, quali:

- la modulazione del segnale per trasformarlo in impulsi-**campione** per la quale, per i CD, si usa la *Pulse Code Modulation (PCM)* ad 1,4 Mbit/s;
- la **frequenza di campionamento** che, tipicamente, sempre per i CD, è di **44.100 kHz**;
- la **quantizzazione** di un campione che nei CD, ha ormai lo standard di riferimento con un valore di **16 bit per campione**;
- il ritardo di elaborazione (*processing delay*) che rappresenta la somma dei tempi impiegati da *encoder* e *decoder* per eseguire le rispettive operazioni di codifica (compressione) e decodifica (decompressione). Un ritardo di elaborazione superiore a qualche decina di millisecondi (ms) può creare problemi per la diffusione della trasmissioni in diretta; e inoltre si agisce su parametri *percettivi*, che tengono conto cioè delle complesse caratteristiche fisiche del sistema di percezione auditivo umano. In questo caso, si può eliminare dal segnale una certa quantità d'informazione, sapendo che essa sarebbe ininfluente ai fini della sensazione auditiva finale, sfruttando per esempio:
 - la **non linearità** della risposta del nostro orecchio medio ed interno;
 - il fenomeno del **mascheramento**, che "nasconde" un suono di basso livello, quando è presente un altro di livello elevato. Tra l'altro, questo processo è dipendente anche dalle frequenze dei due suoni e si ha anche se i due suoni non sono contemporanei, ma comunque molto ravvicinati nel tempo.

Poiché la banda necessaria a trasmettere o memorizzare un flusso di dati corrispondente ad un segnale audio della durata di 1 s (**bit rate**) è un elemento essenziale dal punto di vista del costo, negli ultimi decenni i maggiori studi del settore sono stati dedicati alla messa a punto di modelli di compressione sempre più elaborati, che qui ci si limita ad elencare:

- **MUSICAM: MPEG 1, Layer 2**, che è il primo ad aver avuto successo, con fattore di compressione di **7,3**;
- **MP3: MPEG2, Layer 3**, noto in particolare per l'uso diffusissimo in internet e nei moderni sistemi di *storage* (vedi *i-Pod*) con fattore di compressione di circa **11**;
- **AAC (Advanced Audio Coding): MPEG2 e 4 - AAC** con fattore di compressione di **14,7**;
- **AAC+** che con un processamento più evoluto dell' AAC raggiunge un fattore di compressione di **22**;
- **AAC+2**: ancora più avanzato, con fattore di compressione di quasi **30**.

fusione radio-televisiva terrestre) è la tecnica *multicarrier* **COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)**, in cui il flusso digitale dei *bit* da trasmettere viene distribuito, nell'ambito dello spettro a disposizione, su un numero elevatissimo di frequenze portanti. Il risultato di tale metodologia - che nella sua implementazione pratica è realizzata esclusivamente attraverso tecniche di *digital processing* del flusso nativo dei *bit* - è una trasmissione estremamente robusta, in grado di resistere a molti tipi di perturbazioni.

Gli specifici **vantaggi tecnologici conseguenti alla digitalizzazione** si possono così riassumere:

- **alto sfruttamento dello spettro**, con capacità di moltiplicare da quattro a sei volte il numero di programmi trasmessi nelle classiche bande analogiche della radiofonia (OC, AM, FM) e di utilizzare ad alta efficienza nuove bande di cui si parlerà nel seguito;
- **ottima qualità del servizio** all'utente, anche in situazioni di propagazione perturbata;
- capacità di **offrire servizi multimediali complementari** al segnale audio (dati, immagini, video lenti ecc.), ciò che ha giustificato per alcune applicazioni il termine di "*visual radio*";

□ **riduzione della potenza elettrica** necessaria alla diffusione a parità di area di servizio, con conseguente diminuzione delle emissioni elettromagnetiche.

Con tali vantaggi la transizione al digitale si presenta anche come elemento propulsore dell'economia dei *media*, non solo per lo sviluppo di nuovi apparati, ma per tutti i contenuti e servizi innovativi che si potranno creare.

4. GLI STANDARD DI DIFFUSIONE PROPOSTI PER LA RADIOFONIA DIGITALE

In questa sede, per brevità, si prenderanno in esame solo i sistemi che possono interessare la realtà italiana.

4.1. Sistemi terrestri

a. I sistemi T-DAB (Terrestrial -Digital Audio Broadcasting) e T-DMB (Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting)

Il **T-DAB (Terrestrial-Digital Audio Broadcasting)** è un sistema il cui studio è iniziato alla fine degli anni '80 ed è stato il primo standard di radiofonia digitale.

La denominazione originale di questo stan-



dard e dei successivi non introduceva il prefisso "T" che è stato introdotto di recente, per differenziarlo dalle soluzioni per satelliti che permettono la lettera "S".

La codifica di sorgente adottata è il *MUSICAM* (riquadro a p. 41), codifica di prima generazione che richiede 190 kbit/s per programma stereofonico.

La modulazione adottata è il sistema *multi-carrier COFDM* già richiamato. Le caratteristiche della modulazione consentono la realizzazione di reti SFN⁴ per una copertura nazionale o regionale.

Il sistema è caratterizzato dall'impiego di bande non appartenenti al normale spettro in uso per la radiofonia AM e FM, quali la **Banda VHF-III** (cioè la banda 174-240 MHz storicamente allocata per servizi televisivi VHF) e la porzione 1452-1469 MHz, della **Banda L** (storicamente per servizi punto-punto).

Le bande di frequenza assegnate vengono poi ripartite in "**canali DAB**" di circa 1.5 MHz. (nel caso VHF un canale televisivo da 7 MHz è in grado di portare 4 canali DAB). Ciascun canale DAB ospita un "**multiplex**" di 6 programmi radiofonici (detto anche "**blocco**") con qualità "*CD like*". Lo standard permette l'integrazione di servizi "dati" a banda stretta associati al programma audio. Lo standard è nato con l'obiettivo di ricoprire essenzialmente la ricezione "*outdoor*", ossia in mobilità, ed offre ottime prestazioni anche per velocità elevate di movimento contro l'effetto *Doppler* (ricezione garantita fino a 200 km/h). Per la ricezione "*indoor*", in assenza di antenne sulla sommità degli edifici, è necessario un progetto di rete a maggiore densità di trasmettitori e/o con potenze incrementate, per via delle ulteriori attenuazioni all'interno di un edificio. Analoga situazione si presenta anche per gli altri sistemi candidati per la radiofonia digitale (DMB e DVB-H) esaminati nel seguito.

Il T-DAB, pur adottando una modulazione di concezione molto valida, mostra tutti gli anni passati dalla sua ideazione. Offre, infatti, uno sfruttamento dello spettro non ottimale

sia per l'uso di una codifica di sorgente di prima generazione che richiede, per trasportare un programma, un *bit-rate* più che doppio delle codifiche attuali, sia per le tecnologie impiegate nella codifica di canale e nella modulazione che non permettono le flessibilità offerte dai sistemi più moderni⁵.

Per le limitazioni appena dette, tra il 2002 ed il 2003 nasce lo **standard T-DMB** (*Terrestrial-Digital Media Broadcasting*) per migliorare le caratteristiche del DAB e con l'obiettivo di estenderne le prestazioni anche alla diffusione di *Mobile TV*. Il sistema DMB è totalmente ispirato al DAB ed è compatibile con quest'ultimo in quanto adotta **stesse allocazioni spettrali ed identico tipo di modulazione**. La **codifica di sorgente** del segnale radiofonico impiega invece tecniche di compressione audio di **seconda generazione** (*MPEG4-AAC*)⁶ ed una **codifica di canale** più robusta. Aggiunge inoltre la possibilità di una codifica video a standard MPEG4. Se si desidera invece mantenere la compatibilità radiofonica con i terminali DAB esistenti, si perdono i vantaggi delle nuove codifiche audio e si sfrutta esclusivamente la potenzialità del sistema per la trasmissione di *Mobile TV*.

Per quanto detto, un sistema DMB può essere realizzato, ove sia preesistente o predisposta una rete DAB, con investimenti minimi e rappresenta pertanto la sua naturale evoluzione. Tralasciando i problemi di compatibilità, il DMB è certamente uno dei sistemi maggiormente candidato a fornire servizi radiofonici digitali di qualità su frequenze terrestri.

Per questo si parla oggi di **sistemi DAB/DMB** perchè per la radiofonia la prevalenza del primo o del secondo standard dipende dalla scelta strategica effettuata sulla base del numero dei ricevitori DAB preesistenti nel Paese. Questo standard ha avuto la prima implementazione completa in Corea con considerevoli investimenti. Sperimentazioni e prime installazioni sono in corso in Germania e in Italia ed altri Paesi europei.

⁴ **SFN = Single Frequency Network:** rete, per copertura nazionale o regionale, costituita da trasmettitori diffusi nel territorio funzionanti in modo sincrono alla stessa identica frequenza, senza problemi di interferenza. Tale soluzione è impensabile con le tecniche analogiche.

⁵ Il sistema, nel frattempo, non ha raggiunto un vero decollo commerciale in nessun Paese ad eccezione di UK e Corea.

⁶ *MPEG4-AAC = Moving Picture Experts Group-Layer 4-Advanced Audio Coding.*

b. Il sistema DVB-H (Digital Video Broadcasting- Handheld)

È uno standard europeo aperto del consorzio DVB (*Digital Video Broadcasting*), finalizzato nel Novembre 2004, **orientato alla diffusione di Mobile-TV**, in cui il termine “*Handheld*” indica che si tratta di un “componente” della famiglia di standard DVB studiato per trasmissioni verso ricevitori mobili alimentati a batteria (segnatamente cellulari, palmari e PC portatili). Il sistema cura, in particolare, la robustezza della codifica di canale per la ricezione da terminali mobili (il cui guadagno di antenna può anche essere minore dell’unità) ed il basso consumo del ricevitore al fine di una massima durata delle batterie.

Il DVB-H integra le funzionalità delle reti DVB-T (ossia l’ormai diffuso sistema televisivo digitale terrestre) cercando di migliorarne le prestazioni, dal momento che questo standard non è stato concepito per la ricezione TV in piena mobilità.

Il DVB-H, oltre servizi di mobile-TV, per le sue prestazioni a carattere multimediale, è **perfettamente adatto alla trasmissione broadcast di programmi radiofonici e dati**, mantenendo un alto grado di compatibilità con i servizi della rete DVB-T. Il basso consumo del terminale ricevente è ottenuto attraverso la cosiddetta tecnica del “*timeslicing*” che consiste nel tenere acceso il terminale solo quando riceve i dati di interesse (*burst*) del programma TV desiderato. Per i restanti *burst* di altri programmi il ricevitore rimane spento, consentendo un notevole risparmio di energia (fino a circa il 90% del consumo).

Il sistema non presenta limitazioni sulle codifiche di sorgente. In particolare, per la radiofonia, sono previste le codifiche audio-video di seconda generazione (*MPEG-AAC*) che realizzano la massima efficienza spettrale. Come modulazione, il DVB-H adotta, come il DVB-T, una modulazione *multicarrier COFDM* e può coesistere con il DVB-T nell’ambito dello stesso multiplex di programmi, come normalmente avviene. All’interno della propria “porzione di multiplex”, il sistema DVB-H migliora la codifica di canale aggiungendo un **ulteriore codice correttore**. Ciò rende la codifica più robusta nelle condizioni di mobilità con le antenne a stilo o integrate dei terminali portatili, in quanto il sistema DVB-T a cui si appoggia è

nato con l’obiettivo di una ricezione indoor tramite le classiche antenne televisive Yagi.

Lo standard DVB-H è stato promosso da costruttori di apparati e da operatori di rete come sistema di **diffusione per qualunque tipo di programma multimediale**.

c. Il sistema DRM (Digital Radio Mondiale)

Il sistema **DRM** è uno standard universale studiato espressamente per la diffusione sulle bande di frequenza inferiori ai 30 MHz delle **Onde Lunghe (LW), Medie (MW) e Corte (SW)** ed è in grado di trasportare un programma a qualità CD con il corredo dei relativi dati informativi. La codifica di sorgente adottata è, al solito, la cosiddetta “*MPEG4-AAC*” di seconda generazione, seguita da codifiche di canale molto potenti ed il sistema di modulazione è ancora una volta il COFDM. Particolari combinazioni di codifica di sorgente ed “*enhancers*” permettono di variare il *bit-rate* audio da 8 a 48 kbit/s, in funzione della qualità/ricevibilità del segnale trasmesso. Possono essere anche impiegate codifiche avanzate solo per la voce: la codifica CELP (*Coded Excited Linear Prediction*) per audio di alta qualità senza contenuti musicali e la codifica HVXC (*Harmonic Vector Excitation*) per il parlato che ha un *bit-rate* particolarmente basso.

Lo standard DRM consente anche di diffondere contenuti testuali e grafici.

Sono in corso gli studi per estendere l’applicabilità dello standard a bande di frequenza superiori ai 30 MHz e fino a 120 MHz, in modo tale da poterlo **utilizzare anche nelle classiche bande FM** della radiofonia (**DRM+**).

Il DRM non prevede il trasporto di multiplex, ma di **singoli programmi**, soluzione questa molto apprezzata dalle piccole emittenti locali (mono-programma) che preferiscano mantenere una loro immagine autonoma e non desiderano essere costrette a consorziarsi con altre emittenti per realizzare un multiplex di programmi come previsto dai precedenti standard. Dal punto di vista tecnico, il vantaggio di trasmettere un programma singolo invece di un multiplex, si paga in termini di prestazioni a radiofrequenza: infatti i sistemi a banda stretta non beneficiano della “diversità di frequenza” e risentono maggiormente delle evanescenze del segnale (dovute agli echi) che risultano molto selettive in frequenza.

La larghezza di banda proposta per ogni singo-

lo canale di questo sistema varia tra i 7 e i 10 kHz, con possibilità di raggruppare più canali.

4.2. Sistemi via satellite

a. I sistemi radiofonici da satelliti

È in corso di sviluppo un sistema satellitare puramente per radiofonia digitale spinto dalla Società Worldspace per la copertura dell'Europa e dell'Africa operante nella banda 1480-1492 MHz (banda L) che adotta lo **standard ESDR** (*ETSI Standard for Digital Radio*) di cui sono scarse le informazioni e che sembra orientato a ricevitori proprietari. Il sistema prevede un'**architettura ibrida di rete terrestre-satellitare**, fondata sull'utilizzo della medesima interfaccia radio, che potrebbe consentire in molti casi l'ottimizzazione tecnico-economica della distribuzione punto-multi-punto perché le frequenze impiegate per i relativi *gap-filler* terrestri siano rigorosamente le stesse di quelle usate nel satellite. Nell'attuale configurazione di questo progetto, la copertura prevista per l'Europa consiste in 6 fasce "linguistiche", che permettono la copertura integrale dei maggiori Paesi del continente, grazie anche alla componente ausiliaria di ripetitori terrestri che permettono di raggiungere i terminali in area urbana ed *indoor*.

b. Il sistema DVB-SH (*Digital Video Broadcasting - Satellite for Handheld receivers*)

In aggiunta alla soluzione sopra menzionata che nasce per radiofonia da satellite è in fase avanzata di studio, per impiego in banda 2170-2200 (banda S), il sistema di diffusione DVB-SH che è, in realtà, una nuova generazione del sistema DVB-H (aperto pertanto ad impieghi anche in altre bande oltre la S) con maggiore efficienza spettrale e, basato anche esso, su un'architettura satellite - *gap filler* terrestri. Tale sistema potrà svolgere un **ruolo importante per completare in tempi brevi la copertura DVB-H terrestre, anche in zone a scarsa densità abitativa** dove i limiti di natura economica impedirebbero verosimilmente uno sviluppo a breve della copertura terrestre. Un sistema di tale natura è ovviamente in grado di trasmettere la radiofonia, ma è maggiormente concepito per generiche applicazioni multimediali e più in particolare per Mobile-TV.

In generale le soluzioni satellitari possono consentire la fornitura di servizi diffusivi su

vaste aree territoriali con investimenti contenuti ed immediatezza nella realizzazione della copertura. Per quanto riguarda la copertura di popolazione concentrata soprattutto nelle città, una soluzione satellitare richiede assolutamente di essere integrata, come già detto, con piccoli trasmettitori terrestri (*gap fillers*) tenuto conto delle barriere al debole segnale satellitare costituito dagli edifici ed altri ostacoli (sottopassi, ponti ecc.).

Per le ragioni anzidette, le soluzioni radiofoniche satellitari vanno seguite con una certa attenzione anche se non è ancora chiaro quale possa essere il peso dei *gap-filler* rispetto ad una completa copertura da sistemi terrestri, con pericoli di raddoppio. Non c'è dubbio che, in ogni caso, i sistemi satellitari potranno giocare un ruolo complementare soprattutto per una vasta copertura del territorio.

4.3. Nuove evoluzioni e quadro riassuntivo

La tabella 1 riporta le principali caratteristiche e l'allocatione in frequenza delle soluzioni per diffusione radiofonica che, in linea di principio, possono interessare il territorio italiano.

Si sta completando la standardizzazione di **due nuove proposte**, che sono anche conseguenza dei conflitti tra costruttori e tra enti di standardizzazione, ma che si possono far ricadere per le loro prestazioni nei sistemi della tabella 1.

La prima proposta è il sistema *DAB-IP* caratterizzato dall'introduzione della codifica televisiva per Mobile-Tv (come il DMB) e che agli effetti dell'occupazione spettrale è pertanto equivalente al DMB, da cui si distingue solo per il più moderno uso del protocollo IP. La seconda proposta (in via di standardizzazione) è il sistema *DAB+*, esclusivamente radiofonico, con prestazioni superiori a quelle del DMB nel caso di impiego esclusivo per radiofonia.

Va notato che l'uso del termine DAB in questi due sistemi confonde (forse ad arte) le idee perché essi sono molto più vicini al DMB e come tali possono essere considerati e verranno considerati nel seguito: un loro eventuale successo o meno dipenderà solo dalla diffusione e politica dei relativi ricevitori. Ciò che invece è certo è che questi ultimi due sistemi decretano **definitivamente la morte del DAB propriamente detto** e dei corrispondenti ricevitori per quei Paesi, come l'Italia, che non hanno una storia pregressa. Non a

	T-DAB	T-DMB/DAB+	DVB-H & DVB-SH	DRM
Codifica Sorgente: <i>Audio</i>	MUSICAM	AAC <i>efficienza doppia</i>	AAC <i>efficienza doppia</i>	AAC+ <i>efficienza tripla</i>
<i>Video</i>	<i>Non Prevista</i>	MPEG-4	MPEG-4	<i>Non Prevista</i>
Canalizzazione per un Multiplo da:	1,5 MHz <i>(4 blocchi per canale TV)</i> 6 programmi stereo con qualità CD	1,5 MHz <i>(4 blocchi per canale TV)</i> 10 programmi stereo per DMB e 20 programmi con DAB+, con qualità CD	8 MHz 120 programmi stereo con qualità CD	1 Canale OM/AM/FM Singolo canale
Gamma Frequenza terrestre	• Banda III (200 MHz); • Banda L (1,5 GHz)	• Banda III (200 MHz); • Banda L (1,5 GHz)	• Banda III- IV (500-800 MHz); • Banda L (1,5 GHz)	• LW, MW, SW; • Banda II (FM: 88-108 MHz)
Satellite	• Banda L (1,5 GHz)	• Banda L (1,5 GHz)	• Banda S (2.2 GHz)	-----

caso il WorldDAB forum, che ha in carico gli standard della famiglia DAB/DMB, ha assunto recentemente il nome di WorldDMB.

5. CONSIDERAZIONI E CONFRONTI TRA I SISTEMI RADIOFONICI DIGITALI PER UN UTILIZZO IN ITALIA

Per tutto quanto detto in precedenza, per la diffusione terrestre, ci si può limitare all'esame dei soli tre sistemi **DMB/DAB+**, **DVB-H/DVB-SH** e **DRM**, almeno per le soluzioni di diffusione terrestre, avendo associato le soluzioni molto simili che possono coesistere. La prima importante osservazione da fare è che tali sistemi possono essere considerati non in concorrenza tra loro, ma **complementari** e per applicazioni di fascia diversa.

Il **DMB/DAB+** potrebbe diventare il **sistema principe con alta qualità (qualità CD o superiore) dei grandi e medi broadcaster radiofonici**, in analogia al ruolo svolto dai sistemi FM nel momento in cui si affiancarono ai programmi radiofonici trasmessi in Onde Lunghe, Medie e Corte. Inoltre la possibilità del DMB di trasmettere immagini in movimento (da cui la denominazione visual-radio) consentirebbe l'impiego di servizi interessanti, per esempio per il traffico, nel caso in cui si volessero trasmettere immagini in movimento anziché immagini fisse. La prestazione per la trasmissione contemporanea di radiofonia e video e la maggior protezione richiesta, limita peraltro il massimo di capacità nell'uso puramente radiofonico, ciò che ha in-

dotto all'introduzione del DAB+ al fine di ottenere il massimo sfruttamento spettrale e quindi il massimo di economicità. Sarebbe invece una politica sbagliata, usare in Italia tale sistema per trasmissioni di *Mobile-TV* (come avviene in Corea) in quanto per una tale applicazione l'Europa si sta tutta orientando all'impiego del DVB-H, per sua natura molto legato al sistema televisivo DMB-T ed all'uso delle relative gamme di frequenza. Inoltre, non è corretto andare ad occupare bande destinate alla radiofonia con trasmissioni di tipo televisivo.

Il **DRM** ha il grande vantaggio di operare la trasformazione in digitale del singolo canale radiofonico e tale tecnica può essere impiegata nelle Onde Corte, Medie ed in FM. La specifica tecnica per il DRM in banda FM non è tuttavia ancora pronta e così pure i ricevitori devono raggiungere uno stato di maturazione e di più vasto consumo di massa, risultando ancora costosi ed ingombranti.

Proiettandosi negli anni a venire il sistema DRM potrà rappresentare, in tecnica digitale, il corrispondente dell'Onda Media nella storia dell'analogico, mentre il DMB rappresenterebbe, come già detto, l'equivalente dell'introduzione della *Modulazione di Frequenza* (FM). Peraltro ambedue i sistemi sarebbero di qualità superiore ai parallelismi citati in quanto il DRM può avere la qualità dell'attuale FM, per di più senza interferenze, mentre il DMB avrebbe qualità notevolmente superiore.

Il DRM è pertanto un **sistema adatto ai piccoli gestori radiofonici con stazioni individuali**

TABELLA 1

Quadro riassuntivo dei vari sistemi di radiofonia digitale di interesse italiano

e come qualità è in linea con le teche disponibili dai piccoli gestori radiofonici.

Il processo di trasformazione sarà tuttavia lento e dovrà avvenire progressivamente con la possibilità di coesistenza con gli attuali canali analogici. In particolare tale trasformazione riuscirà a decollare in modo sostanziale solo dopo la migrazione delle trasmissioni radiofoniche al DMB. Il sistema **DVB-H/DVB-SH** ha tutte le potenzialità per trasmettere, oltre il *Mobile-TV*, anche radiofonia di alta qualità e con efficienza spettrale simile a quella del DMB. È tuttavia ormai accertato che il tipo di utilizzazione si concentrerà in Europa sul *Mobile-TV*. Ciò non esclude la possibilità di utilizzarlo con successo negli stessi cellulari per la televisione mobile anche per radiofonia, ma in ogni caso il suo uso si differenzierà da quello del DMB, orientandosi più a considerare i **canali musicali come "Servizi della Società dell'Informazione"** con servizi *premium* (eventualmente *"on demand"* ed a pagamento), ascol-

tabili tramite ricevitori integrati nei cellulari. È infine importante ricordare, come interessante possibilità applicativa, i **sistemi satellitari** che hanno il vantaggio di una rapida copertura del territorio ma che tuttavia nelle aree cittadine ed in presenza di edifici e altri ostacoli, troverebbero gravi difficoltà di funzionamento, non si sa bene quanto facilmente e compiutamente risolvibili attraverso le reti di *gap filler* terrestri operanti alle stesse frequenze. Sembra pertanto opportuno concepirli più in un'ottica di **integrazione delle reti terrestri**. Occorre inoltre fare attenzione che tali sistemi non vengano offerti in modalità non compatibile con la filiera principale DMB, riducendo le possibilità di efficienza spettrale e operando con numerosi *gap-filler* un raddoppio delle reti terrestri a diffusione DMB/DAB+.

Un'ultima considerazione: nel passaggio alla radio digitale, non ha senso parlare di quanti programmi attuali possono trovare allocazione in un multiplex quanto piuttosto è opportu-

Valutazioni economiche

Quali gli investimenti da affrontare e i costi dei ricevitori per una moderna rete radiofonica digitale?

Mentre in passato l'investimento per una rete radiofonica comportava un impegno economico di una certa consistenza oggi la presenza d'infrastrutture già esistenti a cui appoggiarsi (siti radiofonici e televisivi e rete trasmissiva a grande distanza) nonché la continua diminuzione dei prezzi per gli apparati elettronici anche professionali, rende le corrispondenti cifre abbastanza contenute.

Solo allo scopo di dare un grossolano ordine di grandezza degli **investimenti sorgenti** (escluso cioè i siti, le torri, i gruppi di continuità e la rete trasmissiva digitale in cui la capacità impiegata è trascurabile rispetto alle necessità della rete televisiva) si può innanzitutto valutare il costo di una rete trasmittente VHF a copertura nazionale in SFN (*Single Frequency Network*) per realizzare la diffusione di un blocco di un multiplex radiofonico da 1,5 MHz.

In tale banda si è in grado di ospitare 10 programmi radiofonici in tecnica DMB (con possibilità di associare ad ogni programma radio anche trasmissioni di servizio in video lento, il cosiddetto *visual radio*) e 20 programmi puramente radiofonici nel caso DAB+. In un multiplex possono coesistere i due tipi di standard poiché i ricevitori più moderni prevedono ormai il bi-standard.

Il calcolo verrà effettuato per una copertura in banda VHF, dal momento che la grande capacità in programmi dei moderni standard radiofonici DMB e DAB+, associata all'evoluzione in atto verso lo *switch-off* della rete televisiva analogica, permetterà man mano di avere disponibili, almeno per le reti a copertura nazionale, gli slot di banda VHF necessari per la radiofonia. Il più costoso impiego della banda L, per il maggior numero di trasmettitori necessari (da 2 a 2,5 volte), sarà confinato ad alcune programmazioni a copertura regionale o provinciale che potrebbero soffrire di interferenze se realizzate in banda VHF.

Nel caso di una rete nazionale, la codifica di sorgente dei singoli programmi e l'apparato di moltiplicazione degli stessi è effettuato a livello nazionale e pertanto l'investimento relativo (circa 20 k€ per ciascun codec di programma e 30 k€ per il multiplex) incide marginalmente sul costo complessivo della rete che è sostanzialmente legato ai trasmettitori per la diffusione.

Ciascun trasmettitore (inclusivo dei modulatori) di varia potenza, corrisponde ad un costo di investimento da 50 a 150 k€ a seconda delle necessità di potenza richiesta nella pianificazione dell'impianto.

Se, in prima battuta, si intende coprire in *"outdoor"* una percentuale della popolazione pari all'80% associata, per la ricezione *"indoor"*, ad una copertura probabilistica all'interno della casa (parametro denominato *"location probability"*) attorno all'85% dei locali, il numero medio di impianti trasmettenti necessario in banda VHF risulta attorno ai 70 di cui il 30% di bassa potenza (200 W) e la restante parte di alta potenza (2 kW). Con i parametri sopra richiamati, il costo complessivo d'investimento di tale rete risulta pertanto attorno agli 8,5 M€ che può arrotondarsi a 10 M€ se si ha in alcune zone necessità di *"gap filler"*. Se si tiene conto di un costo di installazione pari al 30% e delle parti centrali il costo di investimento complessivo per un multiplex a diffusione nazionale si aggira pertanto attorno ai 14 M€.

Per quanto riguarda i **ricevitori**, i prezzi tendono ormai ad essere particolarmente contenuti: un ricevitore fisso DMB semi professionale si aggira attorno ai 250 €, mentre un ricevitore portatile DMB/DAB+ ormai è sotto i 100 € e i prezzi sono ancora destinati a scendere quando aumenteranno i volumi.

no ragionare in termini di *bit-rate* e valore aggiunto rispetto al servizio attuale. In altre parole è importante capire cosa un gestore avrà necessità di dare per creare negli utenti un adeguato **“appeal”**. Ciò è una naturale conseguenza di come possa essere proficuamente **sfruttato il “Dividendo Digitale”** attraverso l'introduzione di servizi innovativi in grado di attirare l'interesse e quindi di fare mercato.

La risposta a questa domanda consentirà di capire se effettivamente si potrà costruire un'offerta interessante e quanti nuovi programmi (per esempio, di servizio) serviranno. Solo in tal modo si sarà in grado di **creare una vera pianificazione della transizione**.

Per concludere, infine, occorre tener presente che le considerazioni di tipo economico, essenziali nelle valutazioni concrete, sono al momento di difficile sintesi, perché non sono attualmente disponibili sufficienti dati certi. Tuttavia, si può trovare un minimo di elementi di riferimento nell'apposito riquadro.

Acronimi

- T-DAB:** Terrestrial-Digital Audio Broadcasting
T-DMB: Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting
DAB-IP: Digital Audio Broadcasting - Internet Protocol
DAB+: Digital Audio Broadcasting Plus o Version 2
DRM: Digital Radio Mondiale (standard europeo per OC, OM ed OL)
DRM+: Digital Radio Mondiale (standard allo studio per FM)
DVB-H: Digital Video Broadcasting- Handheld
DVB-SH: Digital Video Broadcasting- Satellite Handheld (standard di 2a generazione DVB-H)
ESDR: ETSI Standard for Digital Radio (standard per radiofonia digitale satellitare)

Bibliografia

- [1] Approvazione del programma per lo sviluppo in Italia della radiodiffusione sonora in tecnica di-

gitale. Decreto 14 novembre 2001 del Ministero delle Comunicazioni, *Gazzetta Ufficiale*, n. 291, 15 dicembre 2001.

- [2] DAB: ETSI ETS 300 401 *Radio broadcasting systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers* (recepita dall'ITU-R nella Raccomandazione BS.1114).
 REC. ITU-R BS.1114-5 *Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz*.
- [3] DMB: ETSI TS 102 428 *Digital Audio Broadcasting (DAB); DMB video service; User Application Specification*.
 S-DMB: ITU-R BO 1130-4 *'System E' Systems for digital satellite broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the bands allocated to BSS (sound) in the frequency range 1400-2700 MHz*.
- [4] DVB-H: ETSI EN 302 304 (DVB); *Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)*.
- [5] DRM: ETSI ES 201 980 *Digital Radio Mondiale (DRM) System Specification*.
 IEC PAS 62272-1 *Digital Radio Mondiale (DRM) - Part 1: System specification (published in 2002)*.
 Rec. ITU-R BS.1514 (04/01) *System for digital sound broadcasting in the bands below 30 MHz*.
- [6] <http://www.drm.org/system/universalstandard.php>
- [7] Approvazione del regolamento recante la disciplina della fase di avvio delle trasmissioni radiofoniche terrestri in tecnica digitale. Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni, Deliberazione 9 marzo 2005 (Deliberazione n. 149/05/CONS). *Gazzetta Ufficiale*, n.69, 24 marzo 2005.
- [8] *Report to the 61st DVB-TM meeting*. (Author: David Crawford, Rapporteur) 29.06.2005.
- [9] EBU Tech review: MPEG-4 HE-AAC v2- audio coding for today's digital media world (2006) http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_305-moser.pdf
- [10] An MPEGIF White Paper: Understanding MPEG-4: Technologies, Advantages, and Markets <http://www.m4if.org/public/documents/vault/MPEG4WhitePaperV2a.zip>

SALVATORE MORELLO, laurea in Ingegneria Elettronica all'Università di Napoli nel 1965. Corsi IRI post-universitari di Management e Business Administration. Vicedirettore ICT RAI fino al 1998, prima Dirigente Impianti e Tecniche di Produzione dell'Audio, radiofonico e televisivo, poi Direttore Telecomunicazioni. Dal 1998, Consulente libero professionista su Reti di Telecomunicazioni aziendali e relativi scenari di business. Docente in Corsi di Formazione e di Aggiornamento aziendali e nella P.A. Autore di pubblicazioni per riviste specialistiche e relatore in convegni pubblici e privati. È stato Vice Presidente dell'AES (Audio Engineering Society) per l'Italia.
 E-mail: salvatore.morello@tiscali.it

GUIDO VANNUCCHI, laurea in Ingegneria Industriale all'Università di Bologna nel 1958, “Master Science EE” alla Stanford University nel 1963, Libera Docenza in Comunicazioni Elettriche nel 1971. Direttore Generale Telettra dal 1983 al 1990, “Senior Consultant” di Olivetti Telemidia, Vice Direttore Generale della RAI dal 1996 al 1998. Attualmente è Docente al Politecnico di Milano di “Architetture per reti e sistemi multi-servizio”, membro ordinario del Consiglio Superiore delle Comunicazioni e Consigliere di Amministrazione dell'Agenzia Spaziale italiana. Laurea “ad honorem” in Ingegneria delle Telecomunicazioni, conferita dall'Università di Padova nel 1998, per i contributi scientifici e manageriali nel campo della trasmissione dei segnali.
 E-mail: guido.vannucchi@fastwebnet.it