

IL RADIODATA: nuovo servizio in radiofonia MF

MARIO COMINETTI (*)

SOMMARIO — L'evoluzione tecnologica dei ricevitori radiofonici consente di associare, ai normali programmi, speciali segnali codificati che offrono vaste possibilità, sia per la ricezione domestica che in automobile. L'interpretazione dei codici di identificazione di Rete e di Programma, ad esempio, facilita notevolmente la sintonia manuale del ricevitore attraverso la visualizzazione della « sigla » di rete o del tipo di programma in onda, e consente di effettuare la sintonia automatica senza conoscere la frequenza della stazione emittente. Questa possibilità è particolarmente interessante, per la ricezione in automobile, perché assicura la ricezione continua del programma prescelto senza necessità di interventi manuali durante il viaggio. Per queste ed altre applicazioni è stato recentemente definito dall'Unione Europea di Radiodiffusione (UER) un sistema di diffusione dati basato sull'impiego di una sottoportante a 57 kHz, inserita nel multiplex stereofonico dei programmi a modulazione di frequenza, e denominato « Radiodata (RDS) ». In questo articolo si esaminano in dettaglio le caratteristiche tecniche e applicative di tale sistema che, rispetto a quelli attualmente esistenti (ARI, Carfax), presenta concrete prospettive di impiego generalizzato in Europa. Si accenna quindi alle caratteristiche principali dei ricevitori per Radiodata, con particolare riferimento alle autoradio. Si illustra il piano di sperimentazione della RAI per valutare le prestazioni del Radiodata nelle atipiche condizioni di ricezione del nostro paese, spesso degradate a causa dell'occupazione incontrollata della banda VHF/MF. Si riportano infine i risultati di una prima campagna di misure effettuata dal Centro Ricerche RAI e si accenna ai problemi operativi connessi con l'eventuale introduzione di questo sistema nelle reti radiofoniche della RAI.

SUMMARY — **Radiodata: a new FM sound broadcasting service.** The recent evolution of radio-receiver technology allows the introduction of interesting features in sound broadcasting, through the use of additional data signals inaudibly inserted in the radio programme. The use of Network and Programme identification codes, for instance, significantly simplifies the receiver manual tuning by showing the network and programme service names on a small display. In addition these codes can be used to enable automatic tuning of the receiver even if the transmitting station frequency is unknown. This feature is particularly interesting for car reception. In fact, it allows the motorist to get the car-radio continuously tuned on the chosen programme, while driving, without any manual intervention. For this and many other applications, for car and domestic reception, the EBU (European Broadcasting Union) has recently defined a Radiodata system (RDS) using a 57 kHz digital subcarrier inserted in the stereo multiplex. The paper examines the features of this system, which, compared with other systems already existing (e.g. ARI, Carfax) shows better perspectives of general introduction in the European context. The main characteristics of Radiodata receivers are then briefly outlined, with particular attention to car-radio. A description is given of the RAI investigation programme to assess Radiodata performance in our country, particularly as regards the reception problems due to interferences from local radio stations in VHF/FM band. Finally, the results of a first field test carried out by the RAI Research Centre are given and the operational problems associated with the introduction of this system in the RAI radio network are briefly discussed.

1. Introduzione

Si assiste attualmente in Europa ad un crescente interesse, sia da parte dell'industria che degli Enti di radiodiffusione, per sistemi informativi che utilizzano un canale dati addizionale inserito nel programma radiofonico (bibl. 1). L'interesse per questi nuovi sistemi è inoltre accresciuto dalla continua evoluzione tecnologica dei ricevitori radiofonici che, con l'introduzione dei circuiti integrati a larga scala e del microprocessore, ha consentito di semplificare alcune funzioni operative ed offrire nuove possibilità.

Ad esempio, con l'introduzione della sintesi di frequenza è possibile sostituire la scala convenzionale

con un'indicazione numerica della frequenza del canale ricevuto, facilitando la selezione delle varie stazioni mediante preselezione a pulsante, e migliorare la precisione e la stabilità della sintonia stessa. Nei ricevitori domestici più sofisticati il microprocessore viene inoltre impiegato per gestire sequenze operative, memorizzate in precedenza, ed attuate al momento desiderato.

Gran parte delle nuove possibilità si sviluppano nel campo della radiofonia a modulazione di frequenza dove, grazie alla larghezza di banda disponibile, è possibile inserire un canale dati addizionale in sottoportante in modo compatibile con la trasmissione stereofonica, ossia completamente inudibile.

Attraverso l'interpretazione dei « codici » di identificazione di rete e di programma, trasmessi nel canale addizionale, è possibile facilitare la sintonia manuale del ricevitore, esigenza questa particolarmente sentita in radiofonia a modulazione di frequenza per

(*) Dott. Mario Cominetti del Centro Ricerche RAI di Torino.

Dattiloscritto pervenuto il 7 marzo 1985.

il numero elevato e continuamente crescente di stazioni ricevibili, o addirittura renderla automatica, consentire la ricezione tempestiva di notiziari sul traffico ed espletare altre interessanti funzioni.

Inoltre, in futuro, quando nell'autoradio verrà incorporato il sintetizzatore vocale, sarà possibile trasmettere notiziari sul traffico (od altre informazioni) oltre che nel normale programma, come avviene attualmente, anche nel canale dati addizionale, in modo continuo e del tutto indipendente dal programma principale.

Quali sono dunque le linee di sviluppo, sul piano tecnico, riguardanti l'introduzione in Europa entro gli anni '80 di nuovi sistemi per la diffusione di informazioni addizionali orientate in particolare agli automobilisti? Nell'analisi che segue si considerano separatamente i due aspetti principali: le possibilità di sfruttamento coordinato delle frequenze disponibili e l'impatto delle tecnologie avanzate nello sviluppo dei nuovi ricevitori.

2. Le risorse nelle bande di radiodiffusione

Per quanto riguarda questo aspetto, si fa riferimento ai risultati del lavoro della Commissione Tecnica dell'UER, che coordina l'attività degli Enti di radiodiffusione per la introduzione di nuovi sistemi e servizi (bibl. 2). Particolare attenzione sarà rivolta ai nuovi sistemi informativi associati ai servizi per gli automobilisti, che vanno riscuotendo crescente interesse in ambito europeo.

Come è noto, le varie bande di frequenza usate per la radiodiffusione circolare hanno differenti proprietà fisiche, dettate essenzialmente dalle condizioni di propagazione prevalenti.

Le « Onde Lunghe », per esempio, forniscono servizi a lungo raggio con possibilità di coprire, con trasmettitori di elevata potenza, un'intera nazione. Programmi per automobilisti su queste lunghezze d'onda sono piuttosto comuni in alcuni paesi europei ma, proprio a causa dell'estensione dell'area di servizio, tendono ad avere un carattere nazionale o « super-nazionale » ed essere quindi principalmente indirizzati ai viaggiatori su lunghe distanze.

Un problema tecnico, in questa banda di frequenze, è la scarsità di canali disponibili (appena 15), che contrasta con l'esigenza di ciascun paese europeo di averne al minimo uno per il proprio uso, e può facilmente portare ad una certa congestione, a spese della qualità.

Nelle « Onde Medie », con i 120 canali disponibili, si effettuano normalmente servizi destinati agli automobilisti in tutti i paesi europei. Un esempio è il programma « Onda Verde » effettuato dalla RAI ed irradiato anche in modulazione di frequenza.

Attualmente sono allo studio sistemi per la diffusione di informazioni addizionali nella radiodiffusione in onde lunghe e medie con modulazione di ampiezza. Sulla base dei risultati preliminari degli studi effettuati dalla BBC (bibl. 3, 4) sembra che tali sistemi, basati sull'impiego di una modulazione angolare della portante, consentano una capacità di trasmissione piuttosto limitata (dell'ordine di 25

bit/s) onde garantire la compatibilità col programma principale. Di conseguenza, in tali bande, sarebbe possibile introdurre solo alcune delle applicazioni dei sistemi informativi a più larga capacità previsti per la banda VHF/MF, ossia l'identificazione di rete e di comunicati sul traffico.

Tralasciando la banda delle « Onde Corte », chiaramente non adatta ai servizi per automobilisti, in quanto le condizioni di ricezione sono estremamente variabili nell'arco della giornata, si passa alla banda VHF/MF, o banda II, che impiega la modulazione di frequenza.

Come le onde lunghe e medie, questa banda è largamente impiegata per detti servizi, ma più delle altre, grazie alla maggiore larghezza del canale fonico, è aperta alle future innovazioni tecnologiche. Inoltre la ripianificazione di tale banda, conseguente alla Conferenza Radio Amministrativa del 1979 (WARC '79), dovrebbe portare ad un miglioramento della qualità tecnica di ricezione, oggi fortemente compromessa dall'occupazione incontrollata delle frequenze.

Per completare il quadro, restano da considerare le possibilità consentite dalla radiodiffusione da satellite nella banda dei 12 GHz, secondo il piano stabilito dalla Conferenza Amministrativa Mondiale per le Radiodiffusioni nel 1977 (WARC '77) (bibl. 5). Tale piano, pur essendo formulato per la televisione, consente l'impiego per la radiodiffusione sonora di uno o più dei cinque canali assegnati a ciascuna nazione.

Dal punto di vista tecnico, impiegando un sistema di modulazione numerico sarebbe possibile irradiare contemporaneamente più di 20 programmi audio stereofonici, come avviene con il sistema sviluppato nella Germania Federale (bibl. 6). Purtroppo il dimensionamento del sistema, che richiede per la ricezione domestica antenne di diametro piuttosto elevato (60-100 cm) orientate verso il satellite, non consente di effettuare trasmissioni dirette agli automobilisti.

L'idea di realizzare via satellite emissioni per gli automobilisti nella gamma dei 1000 MHz è stata dibattuta alla WARC '79, ma è stata purtroppo respinta per l'impossibilità di trovare una appropriata banda di frequenze da assegnare a questi servizi. Il problema è attualmente all'esame del CCIR e si pensa che la prossima Conferenza sull'utilizzazione dell'orbita geostazionaria fornisca l'opportunità di riesaminare la proposta.

3. Sistemi per la diffusione di informazioni addizionali e comunicati sul traffico

I sistemi considerati in Europa sono i seguenti:

- il sistema ARI tedesco
- il sistema CARFAX britannico
- il sistema Radiodata (RDS) sviluppato dall'UER

Si descrivono nel seguito le principali caratteristiche di tali sistemi, dedicando una particolare attenzione al terzo che presenta le più vaste possibilità di impiego, su base europea, sia per la ricezione domestica che in automobile.

3.1. IL SISTEMA ARI

Il sistema ARI (1), introdotto nella Germania Federale nel 1974 ed attualmente in esercizio anche in Austria e in Svizzera, utilizza un canale dati ausiliario in sottoportante a bassa capacità, inserito nei programmi radiofonici a modulazione di frequenza utilizzando una porzione di spettro non occupata dal multiplex stereofonico (bibl. 7).

Scopo dell'ARI è di garantire agli automobilisti l'ascolto tempestivo di comunicati sul traffico trasmessi nel canale principale. Tutte le stazioni trasmettenti che forniscono tali informazioni irradiano in permanenza un segnale di « identificazione di stazione », che modula una sottoportante a 57 kHz inserita nel multiplex stereofonico.

L'utilizzazione di tale segnale è particolarmente importante nella fase di ricerca della sintonia, quando l'utente viaggia entro la zona servita da una stazione ARI la cui frequenza non gli è nota: la rivelazione di tale segnale accende nel ricevitore una spia luminosa che attira l'attenzione dell'automobilista.

Oltre al segnale di identificazione di stazione viene irradiato un codice di « identificazione di zona », modulando d'ampiezza la sottoportante a 57 kHz con una nota di frequenza diversa a seconda della zona interessata.

In Germania tale codice viene usato per identificare, all'interno della rete di radiodiffusione, ciascuna delle sei zone geografiche in cui è stato suddiviso il territorio nazionale. In tali zone, contraddistinte dalle prime sei lettere dell'alfabeto (A, B, ... F) i programmi per gli automobilisti ed i comunicati sul traffico normalmente si differenziano.

Poiché l'area servita dai trasmettitori MF è limitata, lo stesso codice di identificazione di zona è utilizzato da varie stazioni in modo da garantire la copertura del territorio nazionale. Per consentire all'automobilista di sintonizzarsi sulla frequenza della stazione che è abilitata all'emissione dei comunicati sul traffico, lungo le autostrade vengono posti cartelli segnaletici con l'indicazione della frequenza della stazione ARI e del codice di identificazione di zona.

L'emissione di un comunicato sul traffico nel canale principale è preceduta dalla trasmissione di un codice di « identificazione del comunicato », ottenuto modulando d'ampiezza la sottoportante a 57 kHz con una nota a 125 Hz. La ricezione di tale codice determina automaticamente il passaggio dall'ascolto eventuale del registratore a cassetta all'ascolto del comunicato, ripristinando il corretto livello del volume, nel caso fosse stato abbassato.

Le specifiche del sistema ARI sono sintetizzate in tabella 1.

L'introduzione nelle reti radiofoniche di un servizio come l'ARI richiederebbe di apportare alcune modifiche agli attuali impianti trasmettenti. Ogni trasmettitore MF dovrebbe essere equipaggiato con un modulatore a 57 kHz che inserisce il segnale di identificazione di stazione ed il codice di zona, generati localmente ed irradiati in permanenza, e riceve, tra-

(1) ARI = Autofahrer Rundfunk Information (Radiodiffusione di informazioni sul traffico automobilistico).

Tabella 1

CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL SISTEMA ARI

1.	Frequenza della sottoportante (f_s): 57 kHz \pm 6 Hz	
2.	Deviazione portante RF: 4 kHz (\pm 5%)	
3.	Tipo di modulazione: AM (modulazione di ampiezza)	
4.	Identificazione comunicato di traffico	
4.1.	Frequenza di modulazione: 125 Hz	
4.2.	Indice di modulazione: $m = 0.3$ (\pm 5%)	
5.	Identificazione area di traffico	
5.1.	Frequenze di modulazione (f_m) derivate dal 57 kHz	
	Area di traffico	f_s/f_m
	A	2400
	B	2016
	C	1632
	D	1440
	E	1248
	F	1056

5.2. Indice di modulazione $m = 0,6$ (\pm 5%)

mite un opportuno collegamento, il codice di identificazione del comunicato, generato presso il Centro di Produzione radiofonico al momento della messa in onda.

La semplicità dell'ARI e la sua buona compatibilità con i segnali radiofonici (mono e stereo) ne hanno favorito il rapido sviluppo. In Germania, tutte le autoradio di recente produzione hanno già incorporato il decodificatore ARI.

Questo sistema, concepito più di dieci anni fa, non ha trovato tuttavia un interesse generale in Europa da parte degli enti di radiodiffusione, in quanto non soddisfa alle esigenze di identificazione di rete e di programma radiofonico ormai largamente sentite in vari paesi.

3.2. IL SISTEMA CARFAX

Si tratta di un sistema espressamente dedicato agli automobilisti, concepito dalla BBC (bibl. 8) e largamente sperimentato in Gran Bretagna. A differenza dell'ARI esso è stato concepito per emissioni specializzate di annunci sul traffico nell'ambito di una area di servizio relativamente circoscritta.

Il sistema impiega un « singolo » canale in Onde Medié ed interessa una rete di trasmettitori di piccola potenza che irradiano gli annunci su base locale operando a divisione di tempo.

Per la ricezione del Carfax, si richiede un sintonizzatore addizionale, incorporato o esterno al normale ricevitore radio. Tale sintonizzatore riceve il canale dedicato alle informazioni sul traffico e lo sostituisce al canale principale normalmente ricevuto dall'autoradio, ogni qual volta viene decodificato il « codice » che precede l'annuncio di traffico. Tale codice è trasmesso modulando di frequenza, per la durata di 0,5 secondi, la portante RF del canale dedicato con una nota a 125 Hz. Alla fine del messaggio un

segnale analogo, con nota a 200 Hz, ripristina le condizioni iniziali del ricevitore.

L'impiego di un canale radio dedicato è chiaramente vantaggioso per l'automobilista che si sposta da una area di servizio ad un'altra.

Il maggiore inconveniente di questo sistema consiste nella difficoltà di trovare le frequenze per la sua realizzazione. Un tentativo, purtroppo infruttuoso, fu fatto alla WARC '79. Da allora le possibilità del Carfax furono confinate all'impiego in Gran Bretagna e cadde praticamente l'interesse a livello europeo. Anche gli studi successivi effettuati per valutarne le possibilità di impiego nella banda VHF/MF non furono coronati da successo.

Recentemente la BBC, a conclusione della lunga fase di sperimentazione del sistema in area di servizio (bibl. 9), sembra intenzionata ad abbandonare il Carfax per orientarsi verso il Radiodata (RDS).

3.3. IL RADIODATA (RDS)

Questo sistema per la radiodiffusione di informazioni aggiuntive nei programmi mono/stereofonici della banda VHF/MF (87,5-108 MHz), rappresenta attualmente la soluzione tecnicamente più avanzata e, per la vasta gamma di applicazioni possibili, l'unica che abbia reali possibilità di essere adottata su base europea. Esso soddisfa ai vari requisiti richiesti ai sistemi per la diffusione di informazioni aggiuntive nei programmi radiofonici, ossia:

- compatibilità con il programma principale, mono e stereofonico;
- assenza di interferenza addizionale verso i canali MF adiacenti;
- area di copertura possibilmente superiore a quella del servizio monofonico;
- compatibilità con altri sistemi di identificazione, eventualmente già in esercizio (come l'ARI).

Il Radiodata è il risultato del lavoro effettuato da un gruppo di lavoro specialistico dell'UER sulla base di cinque proposte formulate da Svezia, Olanda, Gran Bretagna, Finlandia e Francia.

I cinque sistemi concorrenti potevano essere raggruppati in due famiglie, a seconda della parte dello spettro del multiplex stereofonico utilizzata per l'inserzione della sottoportante numerica, ossia nell'intorno della pilota stereo a 19 kHz o in prossimità dei 57 kHz.

Dopo due campagne di ricezione in area di servizio, effettuate nel 1980 e nel 1982 in Svizzera, ed integrate da accurate prove comparative di laboratorio, la scelta si orientava verso il sistema proposto dalla Amministrazione svedese, che utilizza una sottoportante a 57 kHz. La superiorità di tale sistema risultava soprattutto dalla buona protezione contro gli errori di trasmissione, indispensabile per la ricezione in automobile, dalla facilità di recuperare la sincronizzazione di trama, dall'elevata capacità trasmissiva, aperta ad applicazioni future, e dalla flessibilità di impiego.

I parametri di modulazione e la codifica di banda base erano derivati dal sistema di Radio-paging

(MBS), adottato in Svezia sin dal 1978 nel servizio pubblico di « cercapersone ».

Le specifiche basi del Radiodata (bibl. 10) venivano approvate dalla Commissione Tecnica dell'UER nell'aprile 1983 e presentate al CCIR (l'Organismo internazionale per la normalizzazione nel campo della diffusione radio-televisiva) nel settembre successivo per essere incluse nel Rapporto 463-3 (bibl. 1).

Nel frattempo venivano introdotte lievi modifiche ai parametri di modulazione per migliorare la compatibilità con alcuni ricevitori ARI della prima generazione e con la ricezione stereofonica. Le successive prove di ricezione, effettuate essenzialmente nella Germania Federale, portavano a risultati sostanzialmente soddisfacenti. Il sistema si può quindi ritenere compatibile con l'ARI e, quando saranno disponibili i ricevitori commerciali, potrà essere progressivamente introdotto in tutta Europa.

Un primo significativo passo in tale direzione è stato fatto recentemente in Svezia con l'introduzione di un servizio Radiodata, pre-operativo su due delle tre reti radiofoniche nazionali, mentre sulla terza rete viene regolarmente effettuato il servizio di Radio-paging (MBS). I primi ricevitori Radiodata commerciali saranno prodotti da una industria giapponese, che già sviluppa i ricevitori per Radio-paging, e dovrebbero essere disponibili entro il corrente anno.

Allo scopo di favorire l'introduzione del Radiodata negli altri paesi e facilitare lo sviluppo di ricevitori economici anche da parte dell'industria europea, l'UER ha recentemente costituito un Gruppo ad hoc che lavora in stretta cooperazione con l'industria.

Sul piano della normativa, alle riunioni finali del CCIR del prossimo autunno l'UER proporrà di convertire l'attuale rapporto 463-3 che descrive i vari sistemi attualmente in discussione, in una raccomandazione basata sul Radiodata (RDS).

3.3.1. Caratteristiche tecniche principali

In tabella 2 sono indicate le caratteristiche principali del sistema, con riferimento al sistema di radiodiffusione stereofonica a tono pilota, adottato in Europa e descritto nel Rapp. 300-5 del CCIR (bibl. 11). Per informazioni più complete si rimanda alla bibl. 12.

Tabella 2

CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL SISTEMA RADIODATA (RDS)

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Frequenza della sottoportante numerica: 57 kHz \pm 6 Hz 2. Deviazione portante RF da parte della sottoportante numerica: \pm 2 kHz 3. Tipo di modulazione: AM con soppressione di portante 4. Velocità di trasmissione dati: 1187,5 bit/s 5. Spettro del segnale RF: larghezza di banda di circa \pm 2,4 kHz, determinata dalla codifica bifase in banda base 6. Protezione contro gli errori di trasmissione: codice ciclico accorciato (26,16) 7. Possibilità di impiego simultaneo con il segnale ARI |
|--|

In figura 1 è rappresentato il multiplex stereofonico contenente il segnale dati. Tale segnale è irradiato modulando di ampiezza a portante soppressa una sottoportante numerica della frequenza di 57 kHz (3 volte la pilota a 19 kHz) con una deviazione di ± 2 kHz della portante RF, ferma restando la deviazione massima di ± 75 kHz del multiplex composto audio/dati.

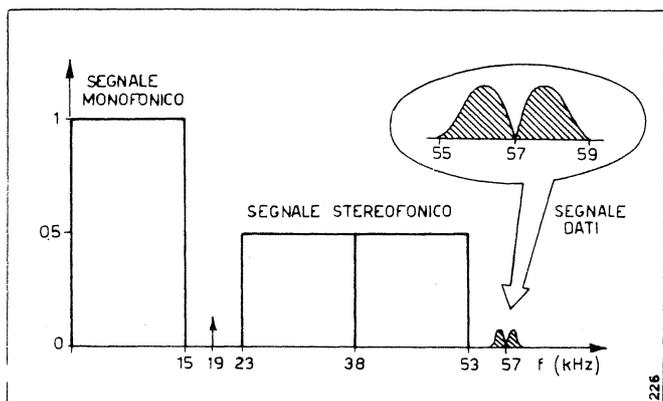


Fig. 1. — Inserimento del segnale RADIODATA nel canale radiofonico.

La velocità di trasmissione dati è di 1187,5 bit/s (57000/48).

Il segnale dati modulante utilizza la codifica bifase che conferisce allo spettro del segnale irradiato una larghezza di banda di circa ± 2 kHz e basso contenuto intorno ai 57 kHz. Quest'ultima caratteristica è indispensabile per consentire la compatibilità con l'ARI, il cui spettro è concentrato intorno ai 57 kHz, e migliorare la compatibilità con la ricezione stereofonica.

Le forme d'onda più significative del processo di modulazione sono rappresentate in figura 2. Per evitare l'ambiguità di fase nel recupero della sottopor-

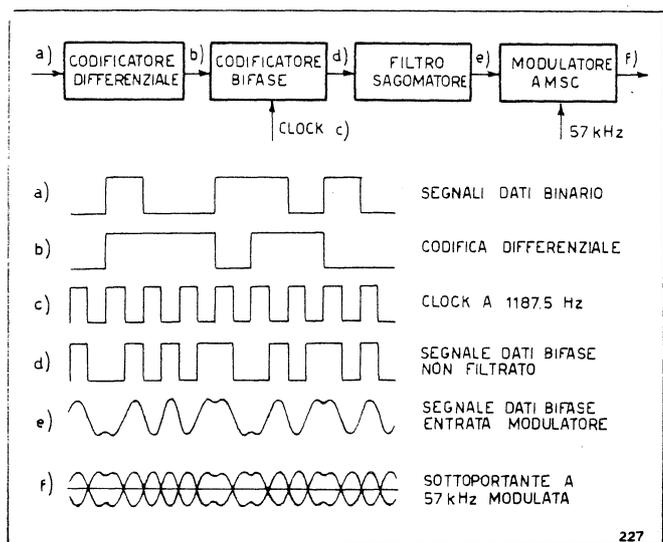


Fig. 2. — Metodo di modulazione impiegato nel Radiodata (RDS). In alto è mostrato il dispositivo di modulazione, in basso le forme d'onda più significative.

tante a 57 kHz, nel caso si adotti la demodulazione coerente, il segnale dati binario viene preventivamente sottoposto a codifica differenziale e successivamente codificato in bifase.

La forma d'onda del simbolo bifase e lo spettro del segnale modulante sono mostrati in figura 3, mentre in figura 4 è visibile un particolare della sottoportante a 57 kHz modulata dal segnale dati.

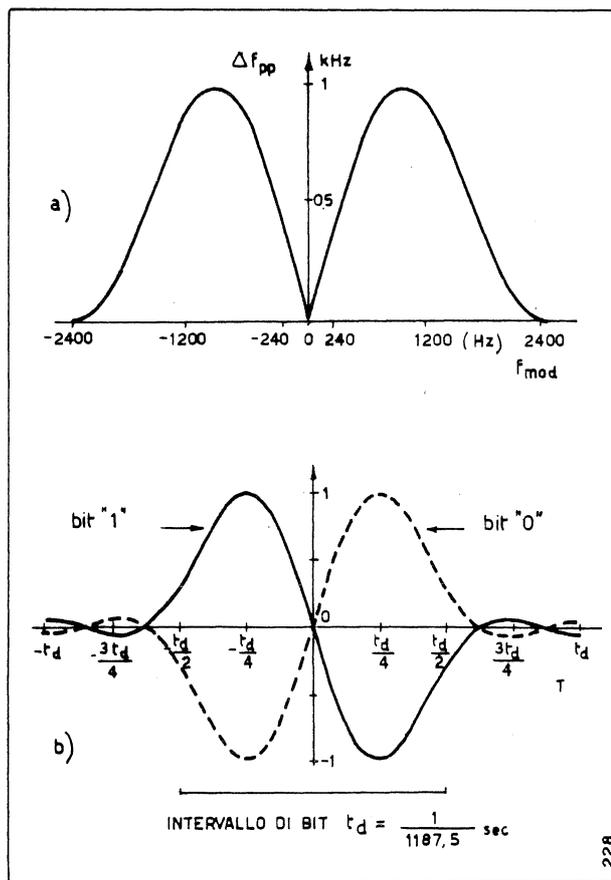


Fig. 3. — a) spettro del segnale Radiodata con codifica bifase Δf_{pp} = deviazione di picco della portante f_{mod} = frequenza del segnale modulante b) forma d'onda del singolo bit di informazione con codifica bifase.

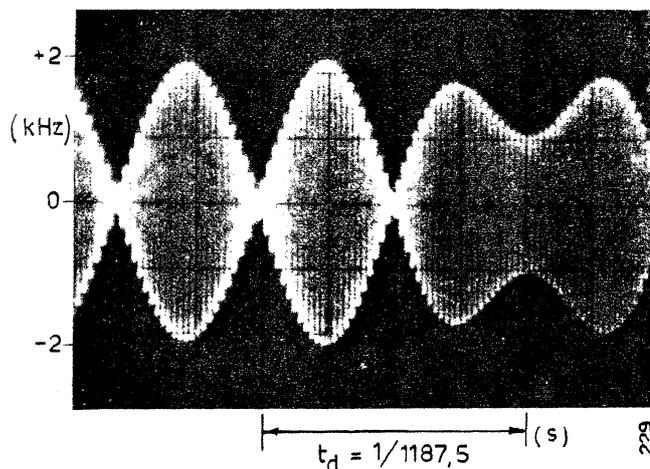


Fig. 4. — Sottoportante a 57 kHz modulata dal segnale dati a 1187,5 bit/s. Sulle ordinate è riportata la deviazione nominale di picco della portante a RF.

Il sistema soddisfa ai rapporti di protezione specificati dal CCIR (Racc. 412-3) per le emissioni mono e stereofoniche.

La figura 5, mostra le curve dei rapporti di protezione relative ai tre servizi.

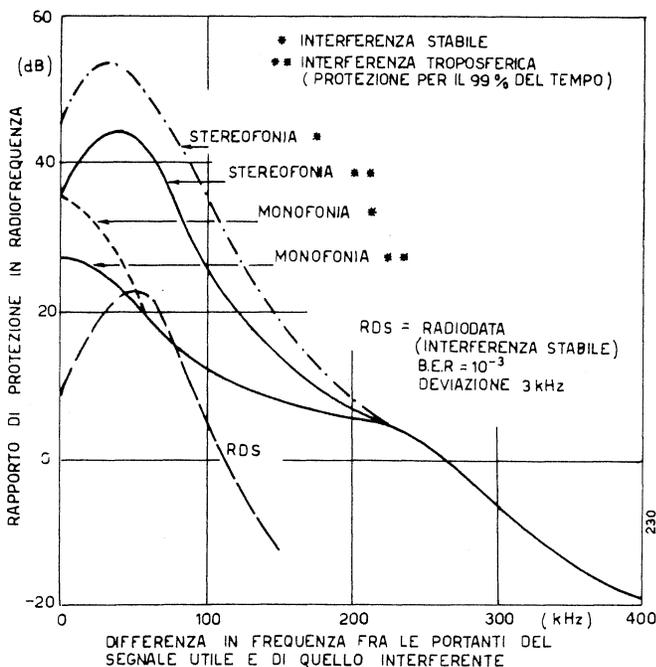


Fig. 5 — Rapporto di protezione per la radiofonia a modulazione di frequenza (deviazione max di frequenza: ± 75 kHz).

La struttura di trama del segnale dati è mostrata in figura 6.

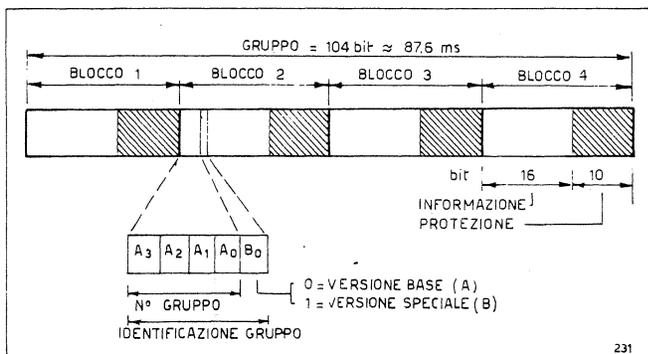


Fig. 6. — Struttura di banda base del Radiodata.

L'elemento base è il « gruppo » contenente 104 bit. Ciascun gruppo comprende quattro « blocchi » di 26 bit ciascuno, di cui 16 sono di informazione e 10 di protezione.

Ciascun blocco è identificato direttamente tramite una specifica parola di 8 bit che viene sommata, modulo due, in trasmissione ai 10 bit di protezione.

La trasmissione è totalmente sincrona e non esistono interruzioni fra gruppi e blocchi consecutivi. Ogni blocco è protetto mediante codice ciclico accor-

ciato (26, 16), autosincronizzante, avente le proprietà principali seguenti :

- rivela tutti gli errori singoli e doppi
- rivela pacchetti di errore di lunghezza uguale o inferiore a 10 bit
- rivela circa il 99,8% dei pacchetti di errore di lunghezza superiore a 10 bit.

Il codice (26, 16) possiede inoltre buone capacità di correzione degli errori a pacchetti, che si presentano frequentemente nella ricezione in automobile. Possono infatti essere corretti tutti i pacchetti d'errore con lunghezza massima di 5 bit.

Come è noto, l'effettuazione nella correzione degli errori in ricezione, implica una certa probabilità di accettare come corretto un messaggio affetto da errori, non rivelati da codice. Si pone quindi il problema di scegliere fra una strategia a semplice rivelazione degli errori, con scarto del messaggio, o a correzione diretta degli errori, ed accettazione del messaggio.

Dai risultati delle prove di ricezione effettuate in Svezia (bibl. 12) sembra che la strategia ottima di decodifica, sia per la ricezione domestica che in automobile, richieda la correzione degli errori singoli e degli errori doppi adiacenti e la rivelazione degli errori a pacchetti di ordine superiore.

Lo sfruttamento delle caratteristiche del codice per la rivelazione o per la correzione degli errori è lasciato comunque alla scelta dei costruttori di ricevitori.

3.3.2. Applicazioni e codifica del messaggio

Il Radiodata (RDS) è stato sviluppato principalmente per trasmettere informazioni destinate alla sintonia, come l'identificazione della rete radiofonica, e al controllo delle funzioni base dei ricevitori radio della nuova generazione, ma svolge anche le funzioni base dell'ARI per la ricezione in automobile, ed offre numerose interessanti possibilità per la ricezione domestica.

È prevista, ad esempio, la possibilità di trasmettere informazioni di commento al programma principale, sotto forma di messaggi Radiotext, ossia di un testo composto di caratteri alfanumerici (ASCII) da rappresentare su un visore economico integrato nel ricevitore, ed eventualmente da utilizzare per il controllo di sintetizzatori vocali, applicazione questa particolarmente interessante per le future autoradio.

In futuro sarà possibile utilizzare il Radiodata anche per servizi di telematica radiodiffusa, come la diffusione ciclica di « programmi » per calcolatori domestici (Radiosoftware), attualmente effettuata dalla RAI sulla terza rete radiofonica nel programma principale.

Sarà così possibile superare gli inconvenienti delle attuali emissioni che richiedono l'interruzione del programma principale, talvolta per un tempo piuttosto lungo, in modo da consentire la registrazione da parte dell'utente dei programmi per i vari computer, trasmessi in sequenza.

Tabella 3
TIPI DI GRUPPI E RELATIVE APPLICAZIONI

Tipo di gruppo		Applicazioni
N°	A ₃ A ₂ A ₁ A ₀	
0	0 0 0 0	Sintonia e commutazione del ricevitore
1	0 0 0 1	Identificazione singole componenti del programma
2	0 0 1 0	Radiotext
3	0 0 1 1	Informaz. su altre reti
4	0 1 0 0	Ora e data
5	0 1 0 1	Canale dati trasparente (radio-software, ecc.)
6	0 1 1 0	Informazioni di servizio
7÷14	Non ancora definite
15	1 1 1 1	Sintonia rapida

Le applicazioni del Radiodata finora definite in ambito UER sono indicate in tabella 3. Si tratta in sostanza di informazioni intese a:

- facilitare la sintonia del ricevitore su una rete o su un determinato programma;
- migliorare la qualità di ricezione, specialmente in automobile, attraverso l'uso di una lista di frequenze alternative, relative allo stesso programma;
- consentire la ricezione tempestiva di particolari comunicati (notiziari sul traffico, notizie lampo, messaggi di allarme, ecc.);

- controllare varie funzioni del ricevitore (controllo separato di volume per musica e parlato, registrazione pre-programmata del programma, funzionamento mono/stereo del ricevitore, ecc.);
- rendere più gradevole l'ascolto del programma, nella ricezione domestica, tramite commento Radiotext visualizzato.

Le varie informazioni sono trasmesse attraverso la diffusione ciclica dei gruppi da 107 bit. È possibile utilizzare fino a 16 gruppi diversi anche se attualmente è previsto l'impiego dei soli 8 gruppi relativi alle applicazioni finora definite. Resta quindi una considerevole capacità disponibile per applicazioni future.

È importante esaminare più in dettaglio le informazioni destinate al controllo della sintonia del ricevitore e trasmesse nel gruppo 0 (tab. 3).

La struttura di codifica di tale gruppo è mostrata in figura 7, mentre in figura 8 è mostrata la codifica del gruppo 2 riservato alla diffusione dei messaggi Radiotext.

Per la ricerca manuale nella sintonia viene utilizzato il « nome (o sigla) della rete » (PS), trasmesso con otto caratteri alfanumerici da visualizzare su un visore.

Per la sintonia automatica possono essere utilizzati i seguenti codici (tab. 4):

- identificazione di rete (PI), eventualmente integrata dalla lista di frequenze alternative (AF)
- identificazione del tipo di programma (PTY)
- identificazione di programmi per automobilisti (TP)

Il codice di *identificazione di rete (PI)* opera su base internazionale, identificando la nazione (con un numero o una lettera dell'alfabeto), indicando l'area

Tabella 4
ASSEGNAZIONE DEI CODICI E DEI GRUPPI PER LE FUNZIONI BASE DI SINTONIA E CONTROLLO DEL RICEVITORE

Funzioni	Codici	Gruppi interessati	Frequenza minima di ripetizione (gruppi/sec.)
Sintonia	Identificazione di rete (PI)	tutti	11
	Tipo di programma (PTY)	tutti	11
	Programma di traffico (TP)	tutti	11
	Nome della rete (PS)	0	1
	Frequenze alternative (AF)	0	4
Controllo ricevitore	Annuncio di traffico (TA)	0; 15	4
	Controllo musica/parlato (M/S)	0; 15	4
	Identificazione decodificatore (DI)	0; 15	1

I ricevitori domestici più sofisticati potrebbero anche essere preprogrammati per ricevere e registrare una determinata componente del programma, ad esempio i giornali radio, utilizzando il codice relativo (PIN).

Nei ricevitori portatili, il costo ed il consumo energetico giocano un ruolo importante. Questi ricevitori potrebbero ad esempio incorporare un piccolo ed economico visore a cristalli liquidi, per visualizzare il nome della rete. Sarebbe però molto utile introdurre anche un metodo semplificato di sintonia automatica.

Nella ricezione in automobile l'esigenza più sentita è quella di sintonizzarsi rapidamente sul programma prescelto e di mantenere l'autoradio continuamente sintonizzata, senza bisogno di alcun intervento manuale durante il viaggio.

Alcuni ricevitori radio della nuova generazione, controllati da microprocessore, in effetti offrono già questa possibilità (bibl. 13). Infatti, è possibile memorizzare all'inizio del viaggio la lista delle frequenze relative allo stesso programma ed utilizzate dalle stazioni radio che si incontrano lungo il percorso. Durante il viaggio, un secondo sintonizzatore RF cerca continuamente la frequenza che dà il segnale più forte e sintonizza automaticamente, in modo quasi inudibile, il ricevitore su di essa.

L'inconveniente di questa soluzione consiste nella necessità di programmare il ricevitore all'inizio del viaggio. Questa operazione è normalmente noiosa e complicata per ovvie ragioni. L'uso dei codici di identificazione del Radiodata (PI, PTY, AF, ecc.) elimina questo inconveniente e permette una sintonizzazione continua del ricevitore senza alcun intervento manuale.

Nelle autoradio l'impiego di un visore a bordo è sconsigliabile per ovvie ragioni di sicurezza (procura disattenzione nel guidatore). Tuttavia, la trasmissione di messaggi Radiotext, multiplati nel tempo con altre informazioni e opportunamente immagazzinati nella memoria del ricevitore, può essere usata per comandare un sintetizzatore di voce (Vocoder) che effettua la conversione dal testo scritto in parlato.

Una interessante applicazione di queste tecniche può riguardare la diffusione di notizie sul traffico, senza dover interrompere il programma principale, come avviene attualmente. È evidente, tuttavia, che l'emissione dei comunicati non potrà essere effettuata in modo continuo, ma dovrà essere aggiornata ad intervalli in modo da consentire la memorizzazione del messaggio nel ricevitore.

Dal punto di vista tecnico si devono considerare due aspetti:

- la limitata capacità disponibile nel canale dati (circa 600 bit al secondo)
- la qualità del parlato (che dipende dalle caratteristiche del sintetizzatore e dalla qualità di ricezione del segnale dati).

Una qualità accettabile, con una capacità di trasmissione ridotta a 100-200 bit/s, è ottenibile con gli attuali sintetizzatori vocali a « fonemi » (specifici per ogni lingua), che consentono inoltre di controllare l'inflessione della voce, il volume, le pause, ecc.

È presumibile che le caratteristiche dei sintetizzatori vocali a fonemi possano essere migliorate sensibilmente in futuro con l'evoluzione della tecnologia, senza bisogno di modificare la velocità ed il formato della trasmissione. Tenendo conto delle prevedibili riduzioni di costo dei componenti, tale applicazione sarà probabilmente possibile verso la fine degli anni '80.

L'influenza degli errori di trasmissione sulla qualità della ricezione può essere minimizzata ripetendo la trasmissione di ciascun messaggio Radiotext da 32 caratteri, facente parte del « comunicato sul traffico », e usando una appropriata strategia di correzione degli errori nel ricevitore. Per esempio, un comunicato di 480 caratteri, costituito da 15 messaggi Radiotext, ripetuti tre volte, richiede 30 secondi circa per la trasmissione.

La ricerca di un soddisfacente compromesso tra capacità di trasmissione e qualità di ricezione è uno degli argomenti attualmente allo studio.

Come si è detto il Radiodata consente di effettuare la sintonia automatica del ricevitore. Si vedono, allo scopo, due modi principali di funzionamento:

a) Ricerca della rete radiofonica

Il ricevitore scandisce in modo continuo la banda individuando le frequenze delle stazioni che portano lo stesso codice di identificazione della rete selezionata (PI) e si sintonizza sulla stazione più forte. Il nome della rete desiderata, o più semplicemente il codice corrispondente, viene introdotto ad esempio tramite tastierina alfanumerica.

Con un'estensione di questo metodo è possibile migliorare la qualità di ricezione. Ogni trasmettitore circolare irradia allo scopo la lista delle frequenze alternative (AF) relative allo stesso programma ricevibili entro l'area geografica interessata. Questa lista di frequenze (al massimo 25), trasmessa nel « gruppo 0 », viene memorizzata nel ricevitore ed utilizzata per consentire con continuità la migliore ricezione, analogamente a quanto detto in precedenza (bibl. 13).

b) Ricerca di un determinato tipo di programma

È possibile sintonizzare automaticamente il ricevitore su un particolare programma (ad es. notizie, previsioni del tempo, musica classica, ecc.), in modo cioè indipendente dalla rete radiofonica. In tal caso si introduce da tastiera il codice di identificazione del programma prescelto (PTY).

Nel caso di un programma contenente informazioni sul traffico si introduce direttamente il codice di identificazione (TP), la cui decodifica accende nel ricevitore una spia luminosa che conferma la avvenuta sintonia. Analogamente all'ARI, l'automobilista, in attesa del comunicato sul traffico, potrà continuare l'ascolto della cassetta o abbassare il livello del volume. La commutazione del ricevitore sull'ascolto del comunicato verrà infatti comandata direttamente dal codice di annuncio (TA), irradiato qualche istante prima.

L'impiego di un sintonizzatore ausiliario, oltre a migliorare la qualità di ricezione (come nel caso (a)), consente all'automobilista di passare tempe-

stivamente dall'ascolto di un generico programma all'ascolto del comunicato sul traffico, all'istante della sua messa in onda.

La scelta della configurazione del ricevitore è evidentemente lasciata ai costruttori. È possibile infatti concepire diverse gamme di ricevitori, dai più sofisticati, che sfruttano le numerose possibilità del sistema, ai più economici, che utilizzano solo le funzioni base, quali l'identificazione di rete e di programma.

A conclusione di questa breve panoramica si esamina la struttura di un generico ricevitore radiofonico per Radiodata, il cui schema di principio è mostrato in figura 10.

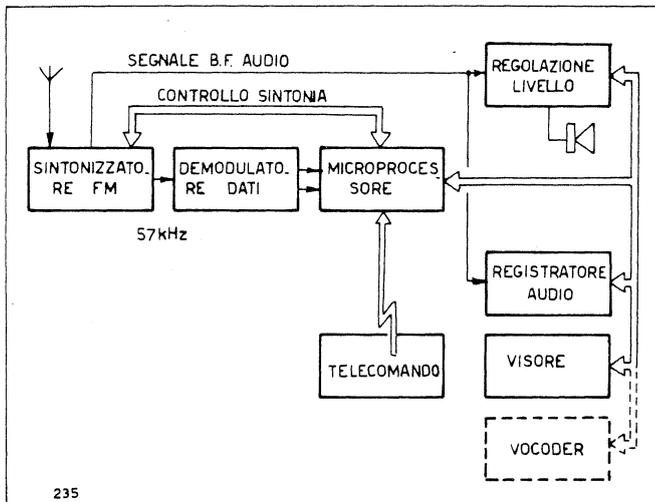


Fig. 10. — Esempio di ricevitore domestico per Radiodata.

Il segnale del multiplex audio/dati in uscita dal discriminatore MF viene applicato al demodulatore/decodificatore Radiodata che esegue la demodulazione della sottoportante dati a 57 kHz e genera il clock a 1187,5 bit/s.

Questi due segnali logici vengono inviati al microprocessore che, oltre a recuperare il sincronismo di gruppo e di blocco ed eseguire la rivelazione e la correzione degli errori, decodifica il messaggio trasmesso e gestisce le funzioni relative, quali la visualizzazione del nome della rete, dei messaggi Radiotext, ecc.

La demodulazione della sottoportante a 57 kHz può essere effettuata secondo due principi base:

- con demodulazione « coerente », mediante PLL del tipo « Costas » classico;
- con demodulazione « differenziale », secondo il circuito di principio mostrato in figura 11.

La prima soluzione, più complessa dal punto di vista realizzativo, offre prestazioni superiori di circa 2 dB in funzione del rapporto segnale/rumore, per un determinato valore del tasso d'errore di bit (BER = Bit Error Rate) sul canale dati. Essa è quindi particolarmente adatta per i ricevitori domestici.

Nel caso della ricezione in automobile, invece, la seconda soluzione, più semplice ed economica, è

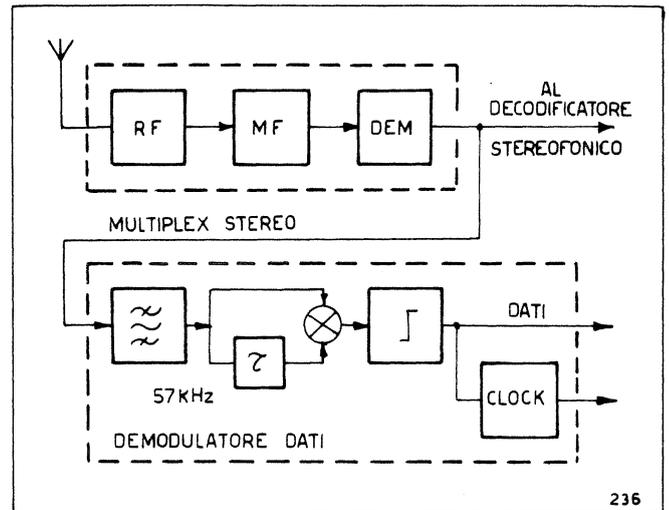


Fig. 11. — Schema di principio di un demodulatore dati economico per Radiodata.

preferibile in quanto meno sensibile del circuito di Costas alle variazioni rapide di fase della sottoportante a 57 kHz dovute alla presenza di riflessioni multiple sul segnale ricevuto.

In figura 12 è mostrata la relazione BER — tensione di entrata V_e (dB μ V) rilevata su un tipico ricevitore per Radiodata con cifra di rumore di 7 dB e demodulazione coerente (bibl. 14). Il degradamento rispetto alle prestazioni teoriche è contenuto entro 1 ÷ 2 dB.

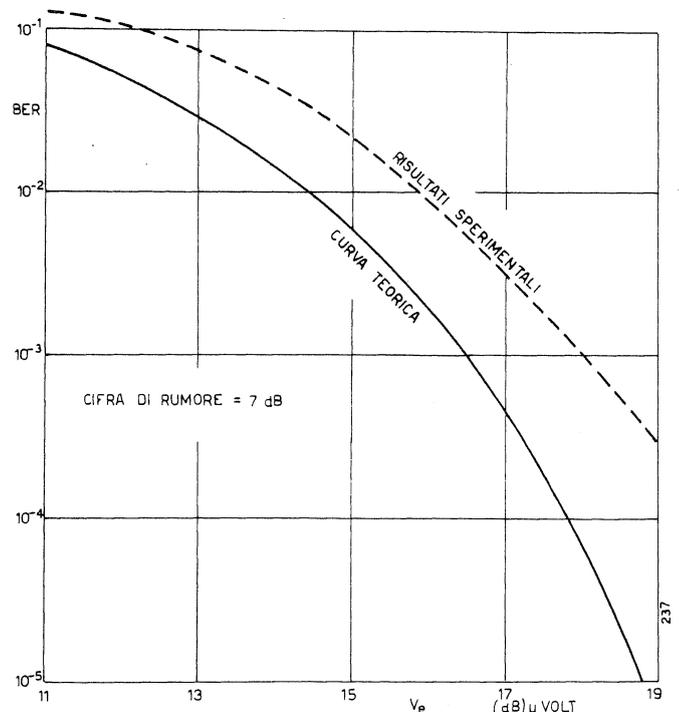


Fig. 12. — Radiodata (RDS): Probabilità di errore sul bit (BER), con demodulazione coerente, in funzione della tensione all'entrata del ricevitore.

L'andamento della curva dimostra la notevole protezione del sistema nei confronti del rumore. Infatti,

in assenza di altre cause di degradamento, è possibile avere un servizio dati accettabile ($BER \leq 10^{-3}$) anche con valori della tensione di entrata al ricevitore molto inferiori a quelli corrispondenti al valore minimo del campo elettromagnetico richiesto per una qualità monofonica accettabile.

4. Piano di sperimentazione della RAI

Studi ed esperimenti sul Radiodata sono in corso presso il Centro Ricerche della RAI, in collaborazione con l'industria nazionale (ANIE) (2), nel quadro dei lavori del gruppo R1/RDS dell'UER, ponendo particolare attenzione agli aspetti seguenti:

- requisiti e applicazioni del sistema per la ricezione domestica e in automobile;
- prestazioni nei confronti della ricezione mono/stereofonica,
- implicazioni tecniche e operative per l'introduzione in servizio,
- compatibilità con i ricevitori stereofonici,
- struttura e funzioni base del ricevitore Radiodata.

Le applicazioni più importanti, almeno nella fase iniziale del servizio, riguarderanno essenzialmente la sintonia del ricevitore, sia manuale, tramite la visualizzazione del nome della rete (PS), che automatica, tramite il codice di identificazione di rete (PI), eventualmente integrato dalla lista delle frequenze alternative (AF) relative alla rete medesima.

I codici relativi a queste informazioni, che non dipendono dal programma irradiato, possono infatti essere inseriti direttamente alla stazione emittente tramite il modulatore dati a 57 kHz senza la necessità di introdurre particolari modifiche agli apparati di trasmissione esistenti.

In una seconda fase potranno essere irradiate anche le informazioni che richiedono un frequente aggiornamento, quali:

- il tipo di programma
- l'identificazione dei comunicati di traffico
- i messaggi di radiotext, ecc.

Tali informazioni verranno generate nel Centro di Produzione radiofonico ed inviate, tramite opportune linee di comunicazione, ai vari centri trasmettenti.

Per valutare le prestazioni globali del Radiodata nella ricezione in automobile, rispetto alla qualità di ricezione del programma principale, si sono effettuate prove preliminari, nel maggio 1984, limitatamente all'area di servizio del trasmettitore MF di Torino-Eremo della terza rete radiofonica della RAI.

Particolare attenzione è stata rivolta alla ricezione nell'area metropolitana, nei sobborghi e nella campagna circostante, lungo le arterie di elevato traffico e sulle autostrade, tenendo anche conto dell'influenza della velocità del veicolo.

Per le prove di campo è stato usato un demodulatore MF stereo professionale. Il segnale Radiodata, all'uscita del demodulatore veniva registrato su nastro magnetico e successivamente analizzato in laboratorio.

Le prestazioni del sistema sono state valutate misurando, dapprima, il tempo di acquisizione della sintonia di un'autoradio Volvo a «ricerca continua di sintonia» (equipaggiata con decodificatore RDS per l'elaborazione dei codici PI e PTY) e quindi il tempo medio di acquisizione di un messaggio Radiotext di 32 caratteri, regolarmente trasmesso ogni due secondi.

Dai risultati delle prove si sono tratte le seguenti conclusioni:

a) escludendo i casi di ricezione affetta da interferenze, le prestazioni del Radiodata sono risultate globalmente soddisfacenti;

b) nell'area metropolitana la ricezione è risultata in generale soddisfacente. L'influenza delle riflessioni multiple e del rumore impulsivo non ha aumentato in modo significativo il tempo di acquisizione dell'informazione, anche in condizioni di traffico molto intenso;

c) l'influenza della velocità del veicolo sul tempo di acquisizione del messaggio Radiotext è stata valutata su un'autostrada nei sobborghi di Torino. In assenza di interferenze e con intensità di campo medio/alta l'aumento del tempo di acquisizione rispetto al caso ideale (2 secondi) è risultato dell'ordine del 25% intorno a 70 km/h, e del 50% al di sopra di 100 km/h;

d) il punto debole del Radiodata è risultata la sensibilità alle interferenze da stazioni radio locali; tali interferenze si sono occasionalmente riscontrate nei sobborghi di Torino e più frequentemente nella campagna circostante, lontano dai trasmettitori RAI. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, la ricezione del Radiodata è risultata critica quando anche la qualità del suono era scadente;

e) in assenza di interferenze la ricezione del Radiodata è risultata soddisfacente anche con valori di campo piuttosto deboli, con un accettabile aumento del tempo di acquisizione.

Questi risultati preliminari, confermano sostanzialmente quelli ottenuti in altri paesi europei. Tuttavia, essendo relativi ad una area di servizio molto limitata, non permettono di trarre conclusioni definitive sulle prestazioni effettive del Radiodata nel nostro paese.

Prove di ricezione più estese sono programmate per il prossimo futuro, per valutare in particolare l'influenza delle interferenze provenienti dalle stazioni radio locali e delle riflessioni multiple nella ricezione in automobile. Prove di laboratorio saranno inoltre effettuate, in collaborazione con l'industria nazionale, per valutare la compatibilità del Radiodata con gli attuali ricevitori stereofonici.

Gli studi copriranno, inoltre, anche gli aspetti di pianificazione (quali l'assegnazione delle frequenze alternative) e gli aspetti operativi riguardanti le modalità di generazione ed emissione delle informa-

(2) ANIE = Associazione Nazionale Industrie Elettriche ed Elettroniche.

zioni, in particolare quelle che richiedono frequenti aggiornamenti (quali il Radiotext, gli annunci dei comunicati sul traffico, ecc.).

Nel frattempo, la RAI continuerà l'emissione dei codici di identificazione associati agli annunci di « Onda Verde », per la diffusione di notizie sul traffico e delle previsioni sul tempo effettuate dalla prima rete radiofonica (GR1). Ciò permetterà ai costruttori italiani di completare le prove di ricezione e definire le caratteristiche dei ricevitori.

Questo semplice sistema di identificazione, definito in collaborazione con l'ANIE e attualmente allo stadio sperimentale, permette la realizzazione di alcune funzioni basilari dell'ARI, effettuate ovviamente anche dal Radiodata, quali la commutazione automatica dell'autoradio dall'ascolto della cassetta registrata all'ascolto del comunicato sul traffico, ripristinando il corretto livello del volume.

A questo scopo, i codici di identificazione mostrati in figura 13 vengono inseriti nel programma, all'inizio e al termine dell'annuncio « Onda Verde ». Ovviamente, il ricevitore deve essere sintonizzato in anticipo sulla stazione radio emittente. Il vantaggio di questo sistema, semplice ed economico, è di poter essere utilizzato anche nelle emissioni radio in onda media.

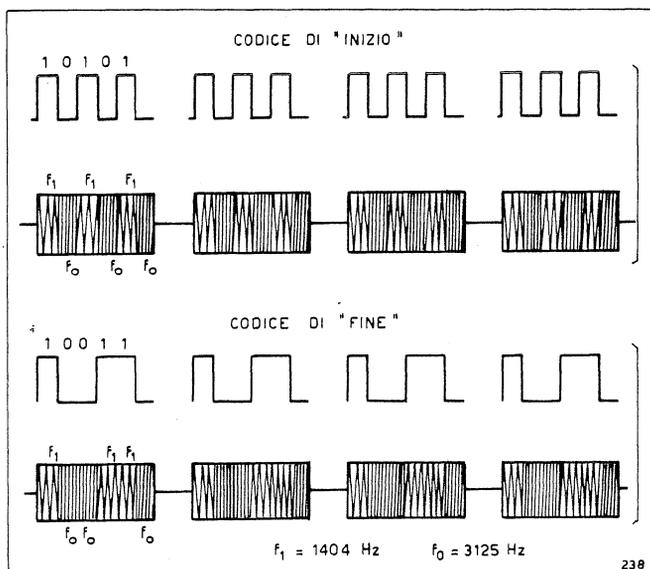


Fig. 13. — Segnale di identificazione del comunicato « ONDA VERDE ».

5. Conclusioni

Si sono esaminati gli aspetti più significativi della recente evoluzione tecnologica dei ricevitori e dei sistemi per la diffusione di informazioni addizionali nei programmi radiofonici.

Particolare attenzione è stata dedicata al Radiodata (RDS), recentemente definito dalla Unione Europea di Radiodiffusione per impiego in radiofonia a modulazione di frequenza. Questo sistema, concepito principalmente per facilitare la sintonia del ricevitore e consentire la ricezione tempestiva dei comunicati sul traffico, offre numerose altre possibilità, sia per la ricezione domestica che in automobile.

Le caratteristiche tecniche avanzate del Radiodata, la sua flessibilità d'impiego e l'elevata capacità informativa, garantiscono concrete possibilità di introduzione del sistema su base europea.

Attualmente il Radiodata è utilizzato in Svezia su due delle tre reti radiofoniche a modulazione di frequenza e sta per essere introdotto, in fase sperimentale, anche in altri paesi europei.

Nel nostro paese, l'interesse per questo sistema è molto sentito, sia da parte della RAI, che da parte dell'industria, per la necessità di facilitare la sintonia del ricevitore, spesso problematica a causa dell'elevato numero di stazioni ricevibili, e per la possibilità di introdurre servizi informativi orientati agli automobilisti, simili all'ARI tedesco.

Rispetto all'ARI, il Radiodata presenta però possibilità alquanto superiori in quanto consente, ad esempio, la ricezione continua del programma prescelto senza intervento manuale durante il viaggio, tramite l'uso di frequenze alternative relative alla stessa rete e trasmesse nel canale dati.

Le numerose prove di ricezione effettuate in diversi paesi europei hanno dimostrato le soddisfacenti prestazioni del Radiodata, sia per la ricezione domestica che in automobile. Tuttavia, prove di ricezione preliminari effettuate dal Centro Ricerche della RAI hanno evidenziato la sensibilità del sistema alle interferenze dalle emittenti radiofoniche locali, analogamente a quanto avviene, d'altra parte, per la stereofonia.

Saranno quindi effettuate a breve termine prove di ricezione su vasta scala per determinare le rispettive aree di copertura del Radiodata e del servizio radiofonico.

Inoltre, in collaborazione con l'ANIE, saranno effettuate prove di laboratorio per valutare la compatibilità del Radiodata con gli attuali ricevitori stereofonici e per definire la configurazione più conveniente dei nuovi ricevitori, dal punto di vista tecnico e delle possibili applicazioni.

Tra queste, è allo studio presso il Centro Ricerche della RAI un sistema per la diffusione, nel canale addizionale, di « messaggi sul traffico », sotto forma di caratteri Radiotext convertiti in voce da un sintetizzatore vocale a fonemi incorporato nell'autoradio.

(3354)

BIBLIOGRAFIA

1. - CCIR Report 463-3: *Transmission of several sound programmes or other signals with a single transmitter in frequency-modulation sound broadcasting*. « XV Plenary Assembly », Ginevra, 1982, Vol. X.
2. - KOPITZ D.: *Future Technical Developments concerning broadcasting to motorists*. « EBU Review », vol. XXXII, n. 2, marzo 1981.
3. - LYNER A. G.: *LF/MF Radio-data. Compatibility tests*. « BBC RD Report », 1982/15.
4. - BAILEY M. E.: *LF/MF Radio-data. Mush-area reception tests*. « BBC RD Report », 1982/22.
5. - TOMATI L.: *La pianificazione di un sistema di radiodiffusione televisiva da satellite*. « Elettronica e Telecomunicazioni », n. 5, 1977.

6. - DFVLR: *Digitaler Hörfunk über Rundfunksatelliten*. Edizione P. Treytl, 1983.
7. - NETZBAND V. R., MIELKE E. J.: *Investigation into the identification system for road-traffic broadcasting*. « Rundfunktechn. Mitteilungen », Jahrf. 18 (1974) n. 4.
8. - SANDELL R. S., HARMAN M. W.: *A traffic information service employing time division multiplex transmission*. « BBC RD Report », 1975/9.
9. - SANDELL R. S.: *The Carfax road traffic information system*. « BBC RD Report », 1984/1.
10. - EBU/UER: *Specifications of the Radiodata system « RDS » for VHF/FM sound broadcasting*. Doc. Tech. 3244, 1983.
11. - CCIR Report 300-5: *Stereophonic broadcasting*. « XV Plenary Assembly », Ginevra, 1982. Vol. X.
12. - ODMALM C.: *The development of the EBU VHF/FM radio-data system (RDS)*. « EBU Review Technical », n. 200, agosto 1983.
13. - GELIS G. C. M., PEEK J. B. H., SCHMIDT J. M.: *Station and programme identification in FM sound broadcasting*. « Philips Tech. Rev. » 39, 1980, n. 8.
14. - ELY S. R., KOPITZ D.: *Design principles for VHF/FM radio receivers using the EBU radio-data system RDS*. « EBU Review Technical », n. 204, aprile 1984.