

PREVISIONE DEL SERVIZIO SVOLTO DA UNA RETE DAB-T

G. CARERE, R. SERAFINI*

SOMMARIO — Il presente articolo illustra un algoritmo automatico per la previsione del servizio di una rete DAB-T sviluppato dalla Direzione Diffusione Trasmissione della RAI. Sono riportati in sintesi i criteri di pianificazione seguiti e i parametri assunti come riferimento. Sono riportati, in forma grafica, i risultati dell'applicazione dell'algoritmo suddetto alla simulazione della rete DAB-T in Valle d'Aosta.

SUMMARY — *Service Prevision of T-DAB Network.* An automatic algorithm for the T-DAB service prevision developed by RAI — Direzione Diffusione Trasmissione is presented. A brief introduction of the planning criteria for T-DAB digital system is given, with special reference to the location and time availability. The results of the simulation of the T-DAB Single Frequency Network in the Aosta Valley are reported in graphical form.

1. Introduzione

La Direzione Diffusione e Trasmissione della RAI ha sviluppato un algoritmo automatico per la previsione del servizio effettuato da una rete di trasmettitori DAB-T.

Tale previsione viene effettuata calcolando in ogni punto del territorio, attraverso l'uso di opportuni metodi di previsione di campo e.m., la probabilità congiunta che al ricevitore il campo utile sia superiore ad un valore di soglia (Emin) e che le interferenze rispondano a determinate condizioni (Bibl. 1).

Tale algoritmo, implementato al calcolatore, risulta particolarmente utile nella analisi delle prestazioni offerte da una rete DAB (OFDM) in termini di resistenza alle interferenze e "capacità" di copertura (guadagno di rete).

Rappresenta quindi uno strumento indispensabile per la pianificazione di una rete DAB-T.

Viene presentata di seguito una breve descrizione dei principali criteri di pianificazione di una rete DAB (in banda III VHF) e dell'algoritmo di simulazione RAI. Viene anche presentato uno studio esemplificativo effettuato sulla rete sperimentale SFN DAB in Valle D'Aosta costituita dagli impianti di Aosta Gerdaz, Blavy, Saint Vincent e Col de Courtil.

2. Criteri di Pianificazione

Il servizio svolto da una rete digitale DAB-T presenta un comportamento diverso da quello delle tradizionali reti analogiche radiotelevisive.

Tale differenza deriva dal comportamento tipicamente a soglia del segnale digitale: mentre il servizio analogico presenta un graduale deterioramento della qualità al degradare delle condizioni di ricezione, il servizio digitale passa dalla qualità ottima, peraltro anche in presenza di forte multipath, alla totale assenza di ricezione.

Conseguentemente nel caso del DAB, un'area viene considerata servita se esistono le condizioni ottimali di servizio almeno nel 99% dei luoghi e per il 99% del tempo (per le reti analogiche è sufficiente il 50% dei luoghi per il 50% del tempo).

A questo va aggiunto che tale condizione deve essere verificata ad una altezza di circa 1,5 m dal suolo: il DAB è un sistema particolarmente studiato per garantire la ricezione di ottima qualità anche in automobile. Sono noti i problemi che invece incontra la radiofonia FM in condizioni di ricezione in movimento soprattutto in un ambiente fortemente caratterizzato da multipath (aree urbane).

Per comodità la pianificazione delle reti digitali viene effettuata utilizzando i metodi di previsione di campo e.m. sviluppati per il caso analogico introducendo degli opportuni fattori di correzione ai *criteri di pianificazione* (Bibl. 2).

2.1 DETERMINAZIONE DEI CRITERI DI PIANIFICAZIONE

Il campo e.m. ricevuto in un punto del territorio è una variabile statistica (Bibl. 3).

I metodi di previsione campo e.m. di cui oggi si dispone — sviluppati per i servizi analogici — danno tipicamente il livello che è superato almeno nel 50% dei luoghi nell'intorno del punto di previsione e per il 50% del tempo (valore atteso della distribuzione). Tale valore si indicherà di seguito con la notazione F(50,50).

Per quanto riguarda la sua variazione *temporale* è stato verificato che, per brevi distanze, le determinazioni al 50% e al 99% del tempo sono pressoché identiche.

* Ingg. Giuseppe Carere e Roberto Serafini della RAI — Direzione Diffusione e Trasmissione / Reti di Diffusione — Roma.

Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 13 Novembre 1996.

Ciò non si può dire per la variazione spaziale che molti studi hanno mostrato essere ben rappresentata da una funzione di probabilità di tipo log-normale.

Sulla base della stima σ della deviazione standard, è possibile calcolare l'incremento del campo e.m. (ovvero l'aumento della potenza trasmessa) tale da garantire il raggiungimento dello stringente requisito di copertura statistica del 99% dei luoghi, a partire da una pianificazione basata sulla previsione F(50,50).

Per una σ di 5,5 dB (riferita alla variabile gaussiana che deriva dalla trasformazione logaritmica della variabile log-normale), tale incremento risulta pari a circa 13 dB.

Inoltre, poiché le previsioni F(50,50) stimano il campo a 10 m dal suolo (la pianificazione dei servizi analogici storicamente è stata basata sulla ricezione fissa con antenne sul tetto delle abitazioni), per garantire la ricezione a 1,5 metri è necessario introdurre un ulteriore fattore di correzione pari a circa 10 dB.

In conclusione si può quindi affermare che, essendo la soglia del ricevitore pari a circa 35 dB μ V/m, il campo utile minimo da tenere in conto nella pianificazione della rete — metodo F(50,50) — è pari a circa 58 dB μ V/m.

Ripetendo analogamente il ragionamento fatto anche per il rapporto di protezione dalle interferenze — che al ricevitore è pari a 10 dB per un'interferenza DAB isofrequenza — allo scopo di proteggere il segnale utile per il 99% dei luoghi contro le interferenze di un altro trasmettitore DAB, si deduce che è necessario aumentare la protezione di circa di 18 dB. Da cui deriva che il rapporto di protezione da tenere in conto nella pianificazione della rete — metodo F(50,50) — è pari a circa 28 dB.

3. Previsione del Servizio

Nel caso delle reti DAB SFN (Single Frequency Network), le interferenze provenienti da trasmettitori della stessa rete che giungano con un ritardo temporale, rispetto al segnale utile o principale, non superiore ad un certo valore t , vanno ad incrementare il rapporto S/N (effetto costruttivo delle interferenze) (Bibl. 4).

Definendo allora *probabilità di copertura* P_c (funzione dello spazio e del tempo) come la probabilità congiunta che si verifichino le seguenti condizioni:

1. che il *campo utile totale medio* (valore atteso della somma statistica del campo principale e di tutte le interferenze costruttive) sia almeno pari a 58 dB(μ V/m).
2. che l'*interferenza totale media* (valore atteso della somma statistica di tutte le interferenze distruttive) sia al disotto almeno di 28 dB rispetto al campo utile totale

si può infine affermare che in area di servizio DAB-T è necessario garantire che la probabilità di copertura P_c sia pari almeno al 99% dello spazio e 99% del tempo.

La probabilità di copertura P_c può essere valutata in maniera molto precisa solo attraverso un'integrazione numerica. Tale metodo però richiede un eccessivo tempo di calcolo.

Un'alternativa valida è quella di utilizzare dei metodi semplificati che consentano di raggiungere rapidamente il risultato con sufficiente approssimazione. Il programma implementato al calcolatore che la RAI utilizza in pianificazione, il cui algoritmo è di seguito descritto sinteticamente, segue proprio questo approccio.

3.1 L'ALGORITMO DI PREVISIONE RAI

Il programma (vedi figura 1) calcola in ognuno dei punti scelti sul territorio (nel caso della Valle D'Aosta tali punti sono situati su di un reticolo regolare con passo pari a circa 2500 metri), sia il campo ricevuto (usando il modello numerico del territorio) che il tempo di arrivo per ogni trasmettitore della rete.

Ipotizzando che tutti i trasmettitori siano sincronizzati nel tempo, viene stimato il baricentro temporale dei segnali ricevuti: ciò simula il comportamento del ricevitore che tende a massimizzare l'energia utile.

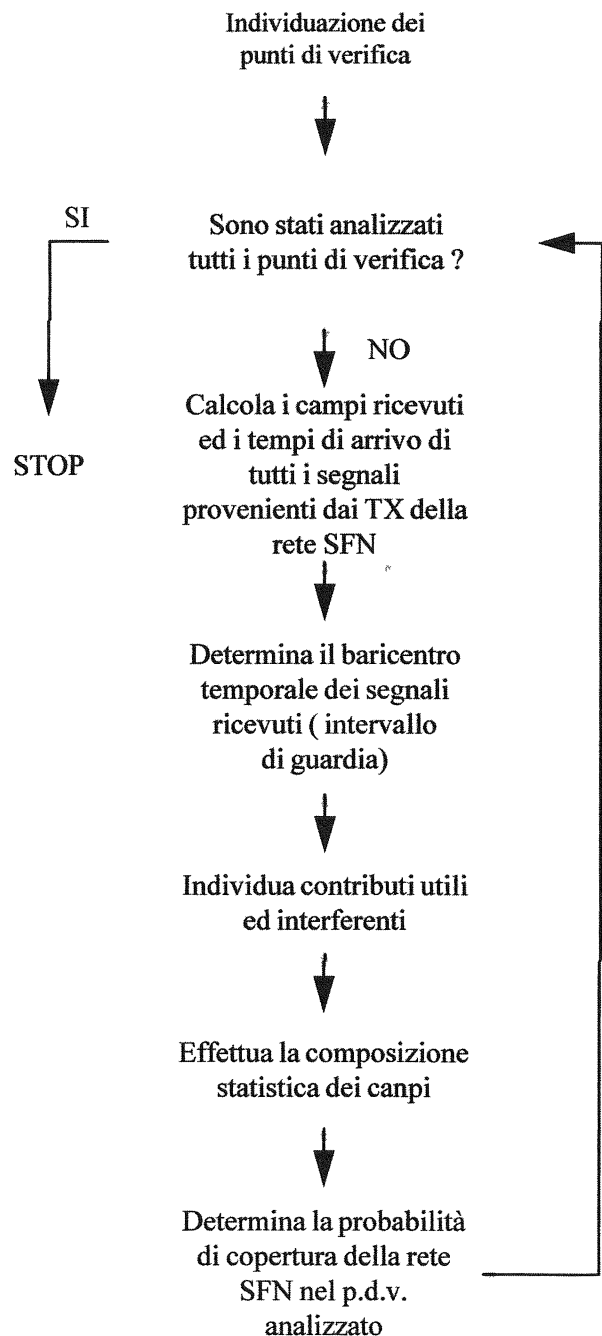


Fig. 1 — Diagramma di flusso dell'algoritmo di previsione della copertura.

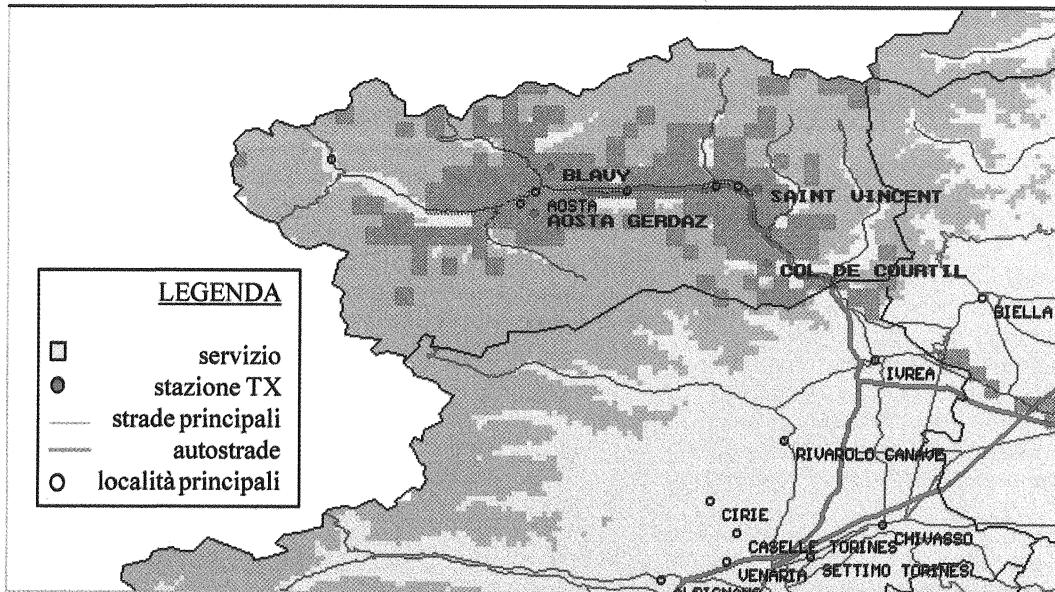


Fig. 2 — Servizio svolto dalla rete DAB-T RAI in Valle d'Aosta.

In questo modo infatti viene fissato l'inizio della finestra temporale (intervallo di guardia) entro la quale il ricevitore compone costruttivamente tutti i segnali ricevuti.

La descrizione statistica del campo utile e della interferenza totale, viene effettuata utilizzando la semplificazione detta K-LMN del metodo di Montecarlo: la distribuzione della somma di due variabili log-normali (diversa dalla log-normale) è approssimata con una nuova distribuzione log-normale con valore medio e deviazione standard identici a quelli della vera distribuzione somma.

La nuova distribuzione somma (log-normale), nel caso di dover comporre più variabili statistiche, è combinata con una terza distribuzione log-normale e così di seguito, fino alla costruzione della distribuzione finale.

Per quanto attiene alla stima della probabilità di copertura P_c , la probabilità congiunta di cui al paragrafo 3, viene stimata per semplicità come prodotto di probabilità ovvero

ipotizzando la indipendenza statistica delle variabili coinvolte.

4. Servizio DAB in Valle d'Aosta

I risultati della simulazione per la rete sperimentale RAI in Valle d'Aosta operante sul canale H2 della banda III VHF, sono riportati nelle figure 2, 3 e 4.

In figura 2 è riportata l'area di servizio (probabilità di copertura P_c non inferiore al 99%). I parametri di pianificazione utilizzati sono:

Deviazione standard dei campi ricevuti (σ)	= 5.5 dB
Soglia del ricevitore (E_{min})	= 35 dB μ V/m
Rapporto di protezione al ricevitore (PR)	= 15 dB
Intervallo di guardia (T_g)	= 246 μ s
Tempo di simbolo (T_s)	= 1000 μ s

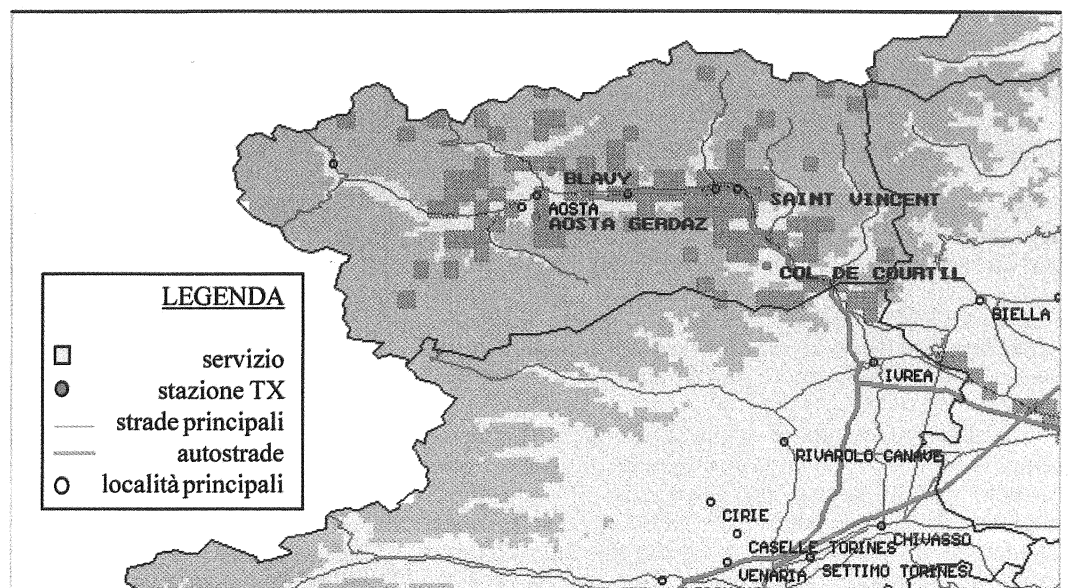


Fig. 3 — Servizio svolto dalla rete DAB-T in Valle d'Aosta. $T_g=0$ PR=15.

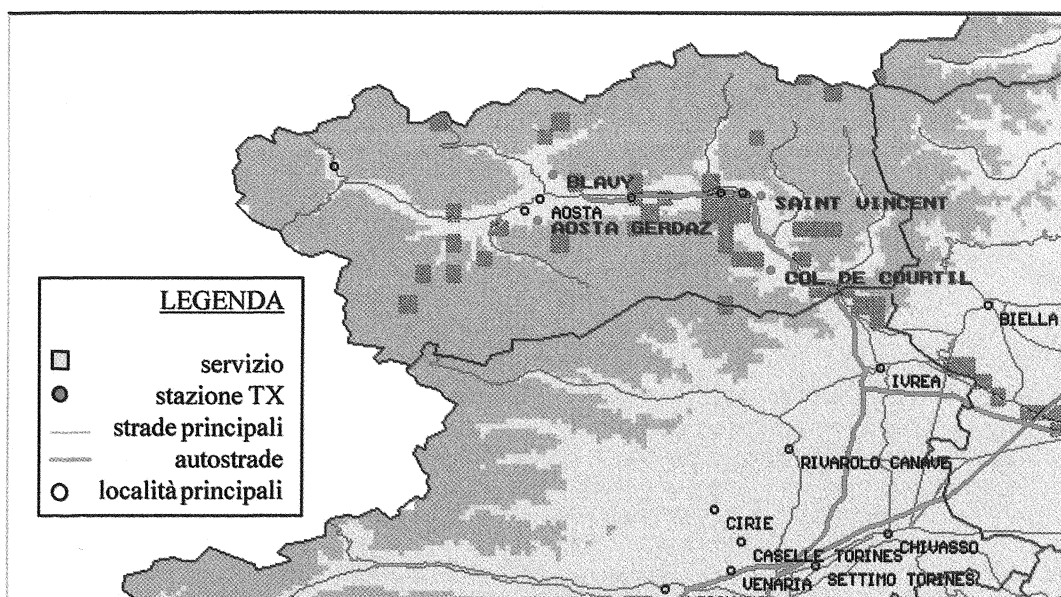


Fig. 4. — Mappa del Servizio per la rete DAB-T in Valle D'Aosta. $T_g=0$ $PR=45$.

In figura 3 è riportata la previsione del servizio ponendo in questo caso $T_g=0$.

Dal confronto con la figura 2 si evidenzia il grande vantaggio detto, guadagno di rete, offerto dal nuovo sistema radiofonico digitale in termini di "capacità" di servizio.

In figura 4, è riportata la stima del servizio ottenuta ponendo $T_g=0$ e $PR=45$ dB (come per una rete FM): in queste condizioni non è possibile realizzare una rete SFN.

5. Conclusioni

La RAI, in previsione della realizzazione di una Rete per l'effettuazione del servizio DAB-T su tutto il territorio nazionale, ha messo a punto un algoritmo al calcolatore per la previsione della probabilità di copertura.

Tale strumento è di grande ausilio nella pianificazione della rete.

Sulla base dei significativi risultati della sperimentazione in Valle D'Aosta, è in corso il miglioramento dei metodi di previsione di campo e.m. allo scopo di renderli più idonei alla previsione del servizio digitale.

Inoltre, al fine di rendere il programma maggiormente utilizzabile anche in fase di sintesi, sono allo studio possibili metodi per la ottimizzazione dell'uso delle risorse (siti, potenze, offset temporali) basati sulla teoria della Ricerca Operativa.

BIBLIOGRAFIA

1. - *Technical Bases for T-DAB services network planning and compatibility with existing broadcasting services*, Rapporto EBU PBN 003.
2. - R. BRUGGER: *Treatment of the sum of the field strengths in coverage calculations for digital services*, Institut fur Rundfunktechnik GmbH.
3. - *Final Acts of CEPT T-DAB planning meeting*, Wiesbaden 1995.
4. - N. TUVÉ: *Diffusione di segnali televisivi numerici su canali terrestri isofrequenziali - Analisi della disponibilità del servizio*, Tesi di laurea Politecnico di Torino, sviluppata presso il Centro Ricerche RAI.