

**Zeitschrift:** Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie =  
information and telecommunication technology

**Band:** 74 (1996)

**Heft:** 5

**Artikel:** Verso la televisione terrestre digitale

**Autor:** Klingler, Achill / Corti, Damien

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876768>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

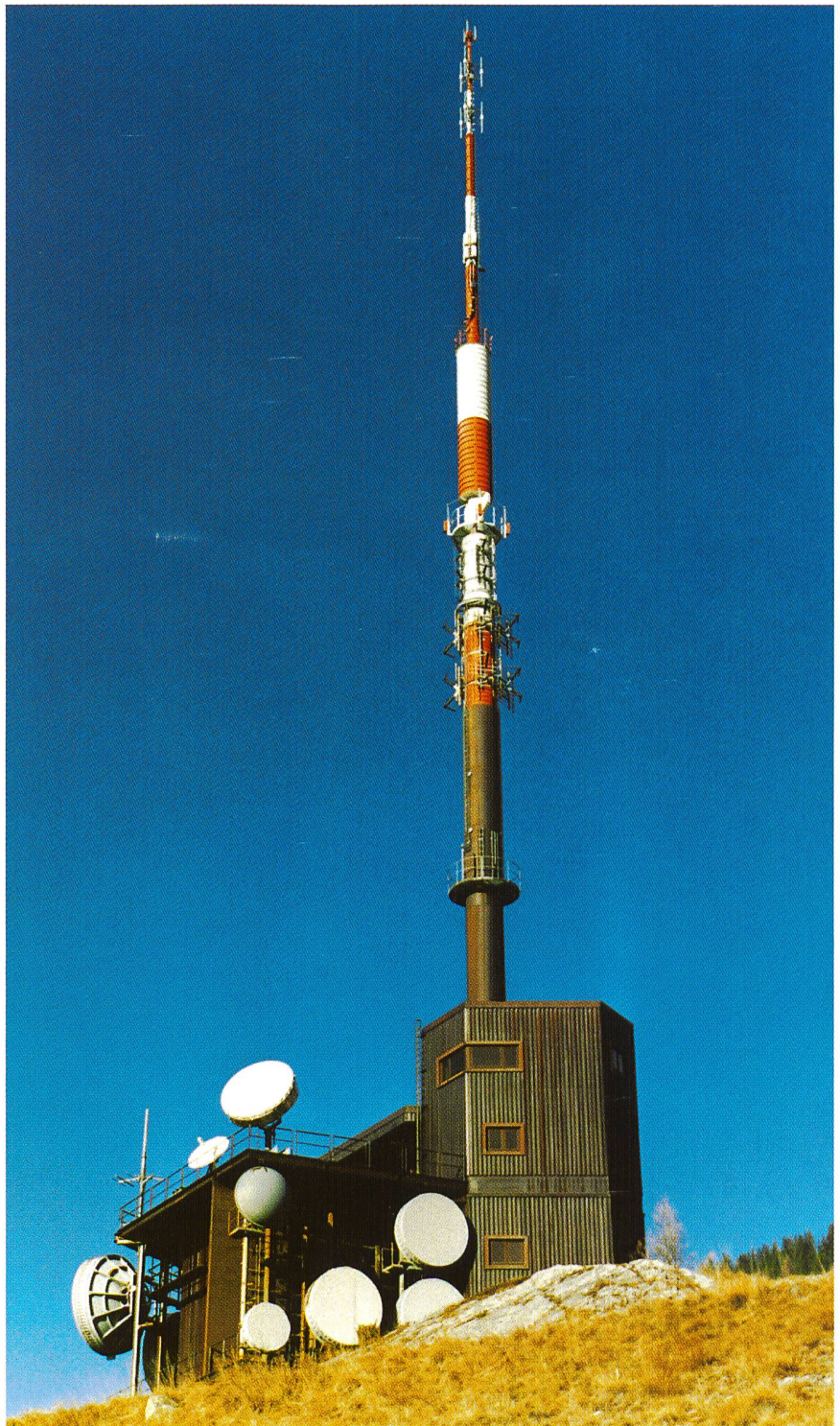
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 13.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# VERSO LA TELEVISIONE TERRESTRE DIGITALE

La storia della radiodiffusione digitale è cominciata oltre un decennio fa, quando diversi programmi di ricerca riuscirono a dimostrare che era possibile comprimere le immagini televisive e trasmetterle ad un bit rate ridotto senza che il telespettatore dovesse patire uno scaldamento della qualità. Da allora, molte imprese si sono date da fare, in tutto il mondo, per sviluppare le conoscenze in questo settore e per realizzare reti in grado di funzionare. La presente relazione descrive le attività svolte finora in Svizzera nell'ambito del progetto VIDINET e illustra la nuova tecnica.



Impianto a scopi multipli Telecom PTT di Feschel, nelle vicinanze di Leuk (Vallese), ad una quota di circa 1250 m s.l.m.

Nel nostro continente, la problematica della televisione digitale è oggetto di studio da parte del gruppo DVB (Digital Video Broadcasting), fondato nel settembre del 1993 e del

ACHILL KLINGLER E DAMIEN CORTI,  
BERNA

quale oggi fanno parte circa 170 organizzazioni di 21 paesi europei. Anche l'azienda svizzera Telecom PTT è membro attivo di questo gruppo.

Da un po' di tempo, inoltre, Telecom PTT collabora strettamente con Telekom AG (Germania) la quale, nel quadro del progetto VIDINET (Video in digitalen Netzen - video in reti digitali) ha allestito a Berlino una rete sperimentale con trasmettitori DVB ed ha eseguito già numerose misure sul campo.

Per raccogliere esperienze anche in zone dalla topografia particolarmente sfavorevole, Telecom PTT ha deciso di realizzare una propria rete sperimentale nel Vallese. In questa regione il paesaggio è caratterizzato da alte montagne e da pareti rocciose lisce che danno luogo a numerose riflessioni con differenze relativamente grandi nei tempi di propagazione. Si tratta quindi di una situazione estremamente adatta alla sperimentazione del sistema in condizioni di propagazione su cammini multipli.

## Obiettivi del progetto VIDINET

Nel quadro del progetto VIDINET si intende realizzare una rete sperimentale costituita da due o tre trasmettitori televisivi DVB funzionanti in sincronia e irradianti segnali sul medesimo canale. Oggetto di studio sono soprattutto i problemi concernenti la trasmissione del segnale televisivo a livello terrestre; non vengono però trascurati gli aspetti riguardanti la trasmissione via satellite e via cavo, soprattutto in relazione all'adduzione dei segnali ai trasmettitori. L'obiettivo principale è quello di ottenere una conoscenza approfondita dei fenomeni relativi alla radiodiffusione digitale, al fine di elaborare possibili scenari per l'introduzione della televisione digitale.

Occorre poi sperimentare nella prassi nuovi e complessi procedimenti di

compressione, modulazione e multiplexing, ed elaborare dei metodi di pianificazione e misurazione uniformi. È inoltre prevista l'esecuzione di un'ampia serie di misure in maniera da poter disporre di dati concreti sulla robustezza e sulla disponibilità dei sistemi televisivi digitali nel caso di ricezione con apparecchi fissi, portatili o mobili (per successivi servizi dati).

I risultati acquisiti saranno comunicati anche ai comitati internazionali attivi in questo settore e contribuiranno così ad accelerare il processo di standardizzazione dei componenti del sistema.

## Alcune nozioni teoriche

### La produzione del segnale in studio

Oggi gli studi televisivi sono realizzati per la maggior parte con componenti digitali. Le relative norme si trovano nelle raccomandazioni UIT-R n. 601 e 656. In sede di digitalizzazione, il segnale di luminanza Y viene campionato 864 volte per riga; se la durata di una riga è di 64  $\mu$ s, ciò significa una frequenza di campionamento di 13,5 MHz.

I due segnali di crominanza  $C_B$  e  $C_R$  vengono campionati 432 volte per riga. La frequenza di campionamento che ne risulta è quindi di 6,75 MHz. Il rapporto fra le frequenze di campionamento di Y,  $C_B$  e  $C_R$  è 13,5 MHz : 6,75 MHz : 6,75 MHz, ovvero 4 : 2 : 2. Per questo, nel caso di una trasmissione  $YC_B C_R$ , si parla anche di formato 4 : 2 : 2.

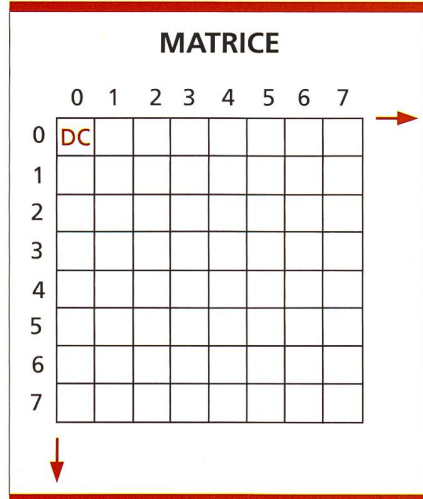


Figura 1. Matrice 8x8 dei coefficienti DCT (strutture di pixel variabili lentamente: angolo in alto a sinistra; strutture di pixel variabili velocemente in senso orizzontale: a destra; strutture di pixel variabili velocemente in senso verticale: a sinistra).

Per la radiodiffusione è prevista una quantizzazione a 8 bit. Come indicato in tabella 1, ciò implica un bit rate lordo di 216 Mbit/s.

### La riduzione dei dati nel codificatore video

La trasmissione di un flusso di dati di 216 Mbit/s richiede una larghezza di banda di alcune decine di MHz. Per poter ridurre questa larghezza di banda è necessario limitare il flusso di dati nei codificatori a circa 6 Mbit/s per canale.

La riduzione dei dati si basa sull'idea di non trasmettere ciascun quadro te-

## Abbreviazioni utilizzate

UIT-R	Unione Internazionale delle telecomunicazioni Radiocomunicazione
DCT	Discrete Cosinus Transformation
DVB	Digital Video Broadcasting
MPEG	Motion Picture Experts Group
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
TDVB	Terrestrial Digital Video Broadcasting
UHF	Ultra High Frequency
VIDINET	Video in digitalen Netzen - video in reti digitali
FI	Frequenza intermedia

**MATRICE DI QUANTIZZAZIONE**

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	8	16	19	22	26	27	29	34
1	16	16	22	24	27	29	34	37
2	19	22	26	27	29	34	34	38
3	22	22	26	27	29	34	37	40
4	22	26	27	29	32	35	40	48
5	26	27	29	32	35	40	48	58
6	26	27	29	34	38	46	56	69
7	27	29	35	38	46	56	69	83

Figura 2. Esempio di matrice di quantizzazione.

levisivo intero, ma solo le differenze fra un quadro e quello successivo. In questo modo si sfruttano le correlazioni esistenti, da un lato, fra parti di uno stesso quadro e, dall'altro, fra due quadri consecutivi. Quando due punti contigui di un medesimo quadro hanno valori di luminanza o di cromaticità simili, si parla di correlazione spaziale; si ha invece correlazione temporale quando la somiglianza riguarda due quadri consecutivi.

*La compressione spaziale*

Il quadro viene suddiviso in blocchi di 8x8 punti, ai quali viene applicata la Trasformazione Coseno Discreta (DCT). Da un blocco di 8x8 punti si ottiene, con questa operazione, un nuovo blocco di 8x8 coefficienti, come illustrato in figura 1. I coefficienti DCT possono essere interpretati come componenti spettrali dei blocchi di punti del quadro. Nelle zone del quadro prive di struttura, si ha in pratica solo una componente continua (DC); i dettagli più fini, invece, presentano componenti spettrali ad alta frequenza.

Il passo successivo consiste in una quantizzazione dei coefficienti DCT. È dimostrato che nelle zone del quadro con strutture molto complesse, gli errori relativi alle componenti ad alta frequenza non sono praticamente visibili; i coefficienti che rappresentano le componenti ad alta frequenza possono dunque essere quantizzati in maniera più grossolana di quelli corrispondenti alle componenti a bassa

frequenza. I valori della matrice dei coefficienti DCT vengono divisi per i valori della matrice di quantizzazione (figura 2) e quindi arrotondati. I valori della matrice di quantizzazione dell'esempio sono stati determinati sulla base di studi soggettivi e scelti in modo che le componenti ad alta frequenza siano quantizzate in maniera più grossolana di quelle a bassa frequenza. I coefficienti DCT quantizzati sono poi esplorati a zigzag (vedere figura 3). Ne deriva una successione di numeri che, nell'esempio scelto, ha il seguente aspetto:

0 -25 -23 0 6 0 -2 0 0 -2 -1 0 0  
0 -1 0 0

Gli zeri consecutivi, presenti spesso in gran numero, non sono trasmessi uno per uno, ma vengono raccolti e rappresentati tramite il loro fattore di ripetizione. Per restare al nostro esempio si ha quindi la successione:

0 -25 -23 1x0 6 1x0 -2 2x0 -2  
-1 3x0 -1 nx0

L'esperienza insegna che in queste successioni i valori grandi sono meno rappresentati di quelli piccoli. Per questa ragione, nella successiva codifica vengono associate parole più lunghe ai valori più grandi, meno frequenti, e parole più corte ai valori più piccoli, presenti con maggiore frequenza. Si parla quindi di codifica con parole a lunghezza variabile. Essa dà luogo a un ritmo di trasferimento dei dati variabile che deve essere compensato tramite una memoria tampone posta a valle.

**COEFFICIENTI DCT**

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	-25	0	-2	-1	0	0	0
1	23	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-2	0	0	0	0	0	0	0
4	-1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0

→ successione di campionamento

Figura 3. Matrice dei coefficienti DCT quantizzati.

*La compressione temporale*

In generale, in una sequenza di quadri video, il contenuto del quadro B1 non si discosta in maniera rilevante da quello del successivo quadro B2. Le eccezioni sono costituite dai bruschi cambiamenti di scena o di inquadratura e dagli oggetti in rapido movimento. La correlazione fra quadri consecutivi è sfruttata in tutti i codificatori video per la riduzione dei dati. Il quadro B2 viene solitamente scomposto in blocchi quadrati, per esempio di 16x16 punti, e per ciascun blocco viene determinata la posizione rispetto al quadro B1 precedente, nel quale è rappresentata un'immagine quasi uguale. Questa variazione di posizione, denominata anche vettore movimento, viene determinata per mezzo di un algoritmo di predizione.

**PREDIZIONE**

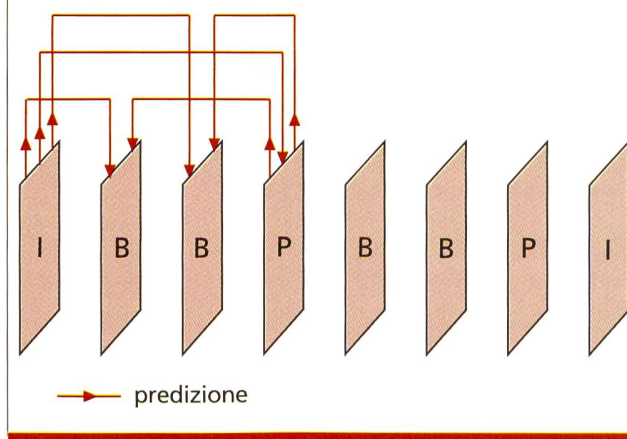


Figura 4. Sequenza per la predizione di quadri interi.

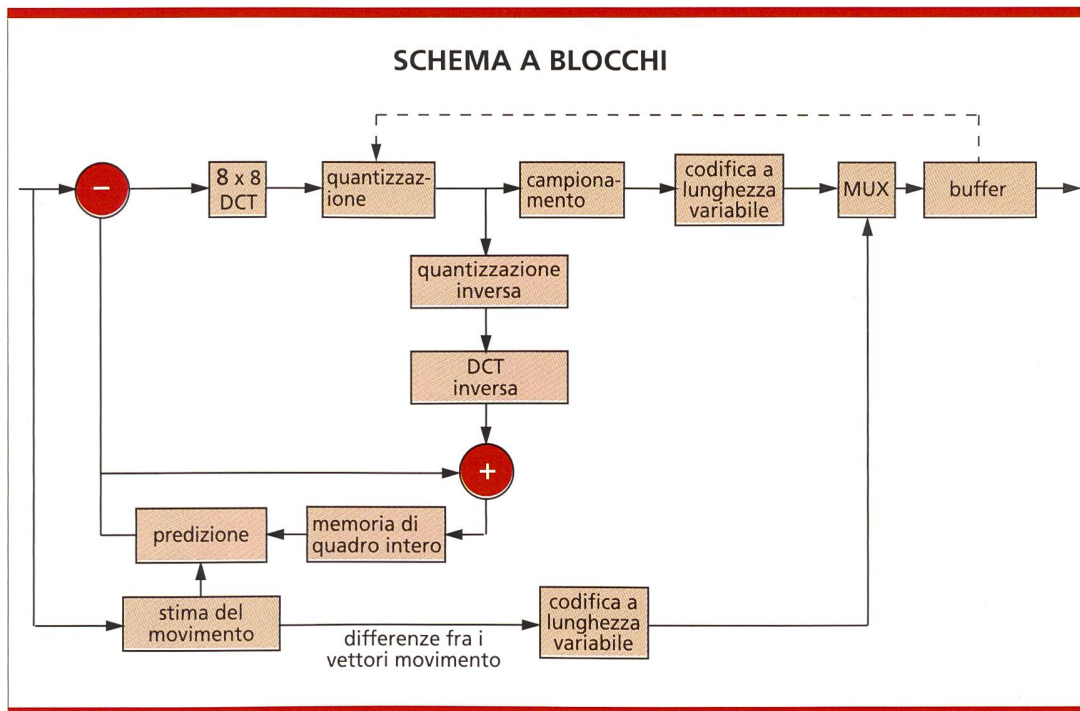


Figura 5. Schema a blocchi di un codificatore video.

Per sfruttare la correlazione temporale, il quadro B2 deve essere predetto sulla base del quadro B1 già codificato. Per far ciò esistono le seguenti possibilità:

- i quadri codificati senza predizione si chiamano quadri intracodificati (quadri I);
- i quadri codificati sulla base di un quadro I precedente si chiamano quadri predetti (quadri P);
- i quadri predetti sulla base di un quadro precedente e di un quadro successivo si chiamano quadri ad interpolazione bidirezionale (quadri B).

Nel caso della televisione, è necessario trasmettere un quadro I ogni 0,5 s. Questo sia per consentire la decodifica da parte degli utenti che si collegano a trasmissione già iniziata, sia per permettere al sistema di «ripartire» in caso di disturbi di trasmissione. In figura 4 è illustrata una possibile sequenza per la predizione di quadri interi.

Se il vettore movimento descrive in maniera sufficiente lo spostamento del blocco fra due quadri, viene codificato e trasmesso solo il vettore stesso; altrimenti è trasmessa anche la trasformata della differenza fra il quadro predetto e quello originale. Se la

predizione è molto cattiva, il blocco è codificato direttamente e non viene trasmessa nessuna differenza. Rispetto ai quadri I, la trasmissione dei qua-

dri P richiede circa  $\frac{1}{3}$  dei dati e la trasmissione dei quadri B circa  $\frac{1}{8}$ . La figura 5 mostra lo schema a blocchi di un codificatore video.

### ALCUNI VANTAGGI

Rispetto ai sistemi televisivi analogici PAL o PALPlus, quello digitale presenta alcuni vantaggi.

A seconda dei metodi di compressione e di modulazione scelti e della qualità richiesta per l'immagine, consente infatti di trasmettere da 4 a 10 programmi all'interno di un unico canale analogico della larghezza di 8 MHz. Questa caratteristica di efficienza nello sfruttamento dello spettro è molto utile, soprattutto se si considera che l'attuale rete analogica terrestre è ormai sfruttata fino al limite delle sue capacità di trasmissione e che in determinate zone la diffusione di nuovi programmi televisivi o di servizi supplementari è ormai possibile solamente via cavo.

La televisione digitale è in grado di servire a livello terrestre un determinato territorio con immagini di buona qualità e con un rapporto segnale/disturbo più favorevole rispetto al sistema analogico; ciò consente di ridurre notevolmente la potenza di trasmissione.

Con l'ausilio di adeguati procedimenti di modulazione sarà possibile realizzare reti a onde sincronizzate - vale a dire reti con più trasmettitori operanti in sincronia sul medesimo canale. Ciò consentirà un utilizzo estremamente efficiente dello spettro delle frequenze.

La televisione digitale sarà praticamente insensibile ai disturbi derivanti dalla propagazione su cammini multipli e ciò renderà possibile un'ottima qualità di ricezione anche mediante apparecchi portatili. Questo è un aspetto molto interessante, soprattutto se si considera che l'industria tende a realizzare schermi sempre più piatti.

Con questa nuova tecnologia possono essere trasmessi via etere non solo programmi radiofonici o televisivi, ma anche i servizi di dati più disparati.

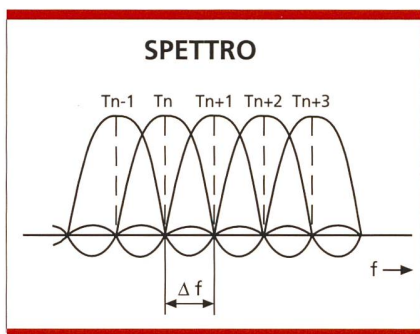


Figura 6. Spettro nel caso del procedimento OFDM.

**Il sistema di modulazione OFDM**

Il sistema di modulazione OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) è una tecnica di trasmissione multiportante, nella quale le informazioni sono trasmesse parallelamente su un gran numero di portanti. Le portanti, il cui numero va da 1024 (1k) a 8192 (8k), sono tutte disposte ad intervalli  $\Delta f$  uguali sull'asse delle frequenze.

Diversamente dal sistema di modulazione a portante unica, la tecnica OFDM è relativamente poco sensibile alla propagazione su cammini multipli provocata dalla riflessione delle onde elettromagnetiche durante il loro percorso dal trasmettitore al ricevitore.

La figura 6 mostra una sezione dello spettro complessivo. Si può notare che lo spettro della portante  $T_n$  è nullo in corrispondenza delle portanti contigue  $T_{n-1}$  e  $T_{n+1}$ .

In figura 7 è illustrato il principio della tecnica di trasmissione con modulazione 64-DAPSK. Il diagramma di stato mostra che ciascuna portante può assumere 4 ampiezze e 16 fasi diverse. Il flusso di dati MPEG a 34 Mbit/s, codificato e provvisto di una protezione contro gli errori, viene perciò suddiviso in gruppi di 6 bit. Ogni gruppo, ovvero ogni parola-codice, modula in ampiezza e fase una portante. In questo modo si ottengono, per la lunghezza di 6 bit adottata per le parole-codice,  $2^6 = 64$  stati diversi della portante.

Applicando la trasformazione inversa veloce di Fourier (Fast Fourier Transformation, FFT) ai 2048 punti, si raggruppa il segnale modulato con il sistema 64-DAPSK in un cosiddetto simbolo OFDM.

La lunghezza complessiva di simbolo è  $T_s$ . Un simbolo OFDM è costituito di

due parti: una parte attiva, che trasporta i dati, e una passiva, il cosiddetto intervallo di guardia  $T_G$ . L'intervallo di guardia è trasportato dalla parte attiva del simbolo. Attraverso la teoria di Fourier si può dimostrare che la frequenza  $\Delta f$  fra due portanti contigue è esattamente il reciproco della lunghezza della parte attiva  $T_U$  del simbolo OFDM.

Con il sistema di modulazione 64-DAPSK e tenendo conto dell'intervallo di guardia e delle portanti ausiliarie, si ottiene un'efficienza spettrale effettiva di 4,3 bit/s/Hz. In un canale televisivo della larghezza di 8 MHz è quindi possibile trasmettere un flusso di dati di 34 Mbit/s, che corrisponde a quattro programmi televisivi codificati.

**Struttura dell'esperimento VIDINET**

**Il trattamento del segnale**

La figura 8 mostra come si ottiene il segnale per le prove di trasmissione VIDINET. Tutte le apparecchiature necessarie si trovano nel centro di sviluppo e ricerca di Telekom AG, a Berlino. I segnali video e audio dei diversi programmi provengono da una telecamera accoppiata a un convertitore analogico/digitale o direttamente da un videoregistratore digitale. La velocità di trasferimento dei dati all'interfaccia S1 è di 216 Mbit/s per canale, in accordo con le raccomandazioni UIT-R n. 601 e 656. Se questo intensissimo flusso di dati dovesse essere trasmesso tale e quale, sarebbe necessaria una larghezza di banda di alcune decine di MHz anche utilizzando le tecniche di modulazione più perfezionate. Per questa ragione, nella fase successiva, i

dati passano attraverso dei codificatori video che li comprimono mediante complessi algoritmi. All'interfaccia S2 il bit rate risulta ridotto a soli 6 Mbit/s per canale. Il multiplexer riunisce i quattro canali in un unico flusso di bit a 34 Mbit/s (interfaccia S3). Infine il segnale digitale viene modulato in fase (interfaccia S4 : FI = 70 MHz) e, per mezzo di un'antenna parabolica, inviato al satellite per telecomunicazioni tedesco Kopernikus DFS-1 (uplink a 30 GHz).

**L'impianto di trasmissione DVB**

In figura 9 è illustrato schematicamente l'impianto di trasmissione DVB, installato presso l'impianto a scopi multipli che Telecom PTT gestisce a Feschel, nelle vicinanze di Leuk (Vallese), ad una quota di circa 1250 m s.l.m. Un'antenna parabolica riceve il segnale dal satellite Kopernikus (downlink a 20 GHz). Il segnale viene convertito alla FI e poi inviato ad un demodulatore satellitare QPSK, di modo che all'interfaccia S3 è nuovamente presente l'originario flusso digitale di dati a 34 Mbit/s. Per poter effettuare la radiotrasmissione a livello terrestre di queste informazioni digitali è necessario modulare nuovamente il flusso di dati. Nell'esperimento VIDINET si ricorre al sistema OFDM a multiportante, in combinazione con una modulazione differenziale di ampiezza e di fase. A differenza di quanto avviene nel sistema analogico PAL, nel quale le immagini vengono trasmesse su una portante video modulata in ampiezza e l'audio su due portanti audio modulate in frequenza, nella modulazione OFDM i dati da trasmettere vengono suddivisi su più portanti HF. Nell'esperimento VIDINET si lavora con 2048 portanti, ma le norme interna-

Segnale	Frequenza di campionamento [MHz]	Quantizzazione [bit]	Velocità di trasferimento dei dati [Mbit/s]
Y	13,5	8	108
C <sub>B</sub>	6,75	8	54
C <sub>R</sub>	6,75	8	54
Totale			216

Tabella. Velocità di trasferimento dei dati relativi al segnale video.

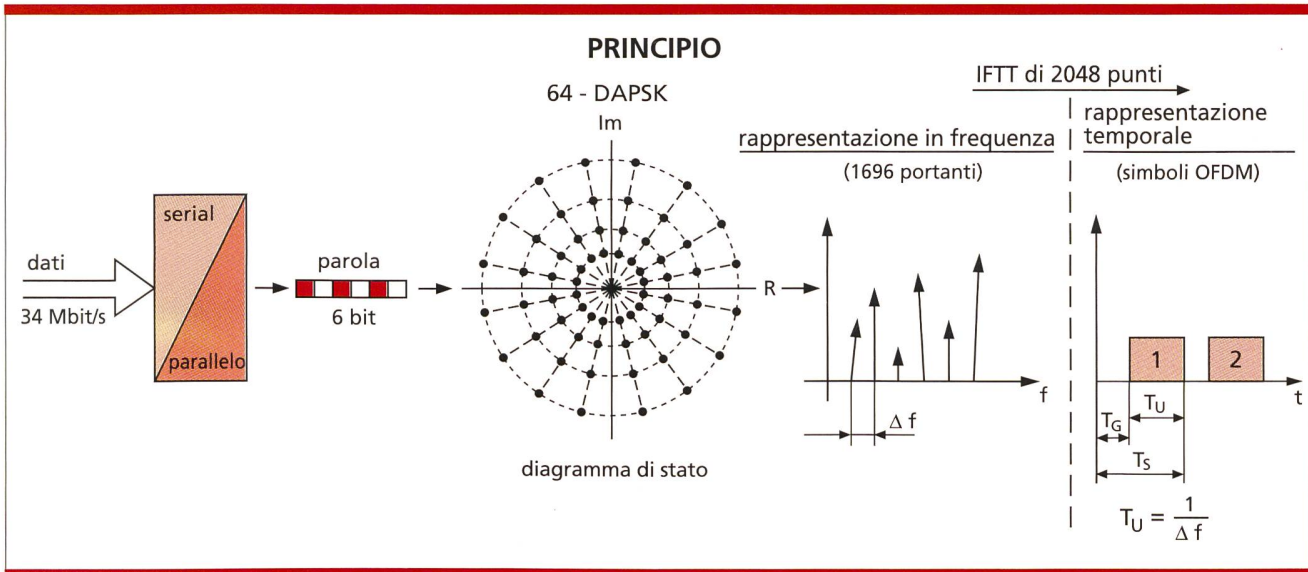


Figura 7. Principio del sistema di trasmissione OFDM (2k FFT).

IFFT Inverse Fast Fourier Transformation  
 $T_U$  lunghezza della parte attiva del simbolo OFDM  
 $T_S$  lunghezza complessiva del simbolo OFDM

$T_G$  intervallo di guardia  
 $\Delta f$  intervallo di frequenza fra due portanti  
 DAPSK Differential Amplitude Phase Shift Keying

zionali prevedono la possibilità di arrivare fino a 8192 portanti (8k portanti). Il sistema di modulazione scelto presenta una buona efficienza spettrale; esso consente in teoria di trasmettere fino a 6 bit/s/Hz. Il segnale modulato presente all'interfaccia S4 e avente una frequenza intermedia FI di 35,9 MHz è inviato a uno stadio di preamplificazione DVB e infine, tramite uno stadio finale di amplificazio-

ne e un'antenna, irradiato sul canale 59. Per eseguire confronti e misure, è possibile inviare all'antenna anche un segnale PAL (generatore o telecamera).

**L'impianto di ricezione DVB**

L'impianto di ricezione DVB (figura 10) è stato installato nella centrale te-

lefonica di Raron (Vallese). Raron si trova a est dell'impianto di trasmissione di Feschel, ad una distanza di circa 10 km da esso. Per mezzo del ricevitore UHF e del demodulatore OFDM, dal segnale captato sul canale 59 viene ricavato il flusso di dati originario a 34 Mbit/s (interfaccia S3). A questo punto, il demultiplexer separa i quattro diversi canali (interfaccia S4). Nei decodificatori video collegati a valle vie-

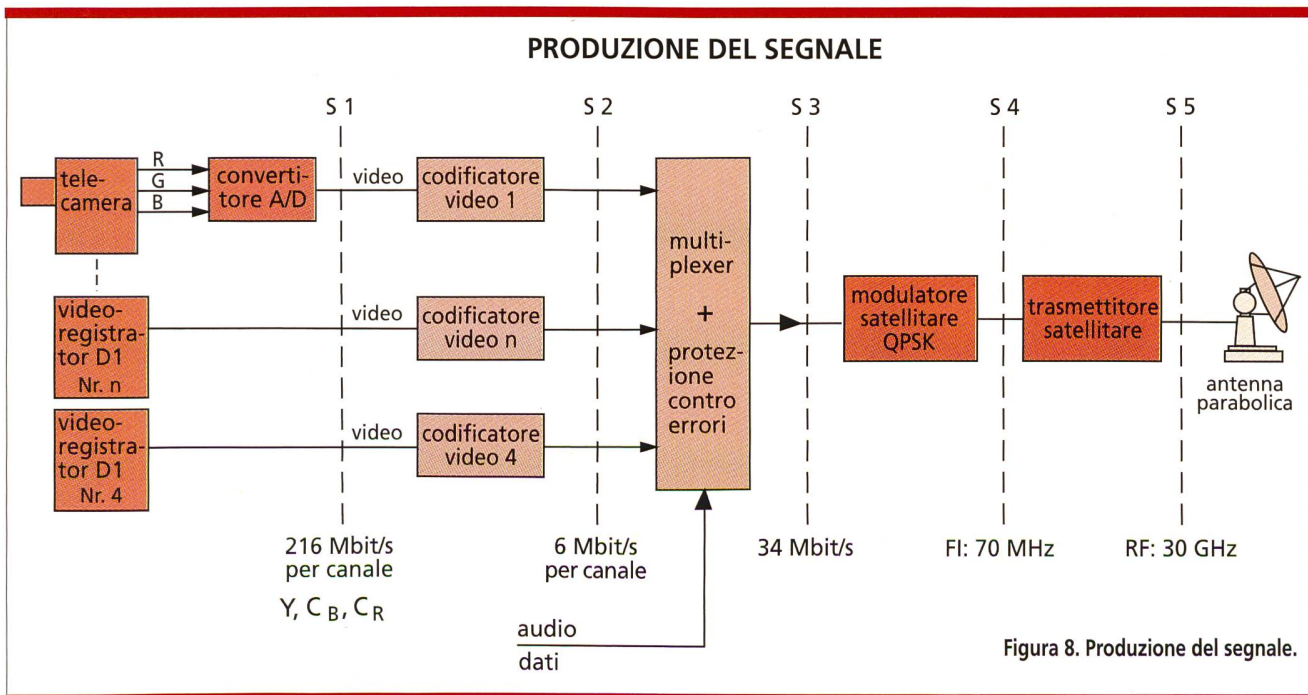
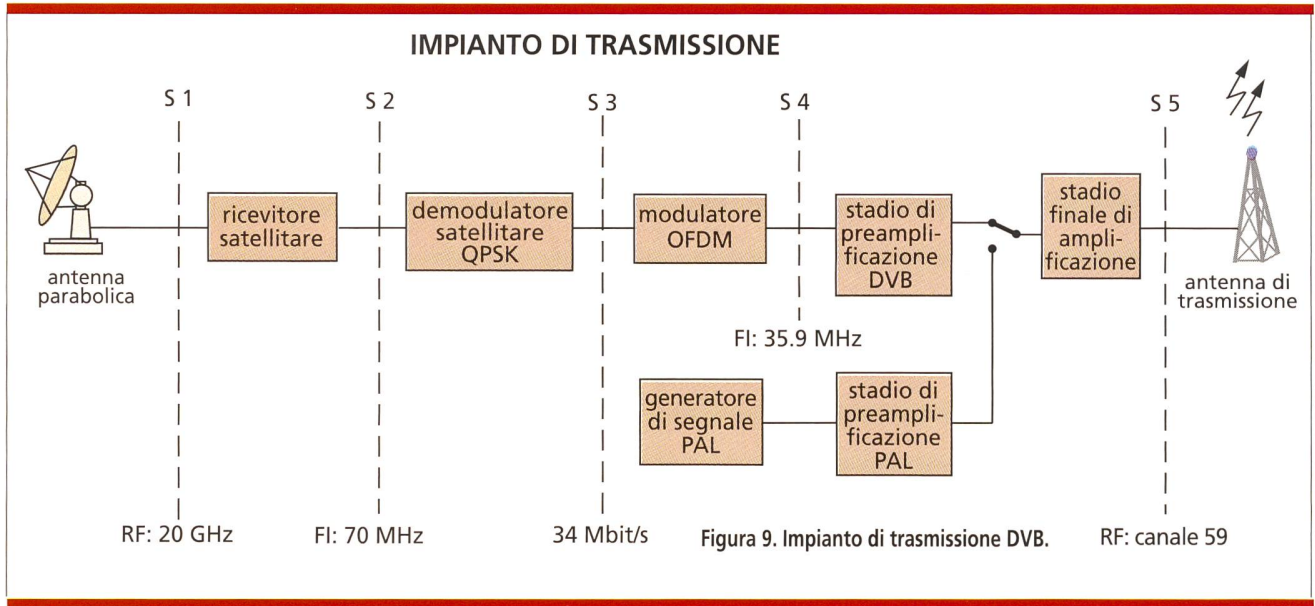


Figura 8. Produzione del segnale.



ne effettuata la decompressione, cosicché all'interfaccia S5 è presente, per ogni canale, un segnale con un bit rate di 216 Mbit/s. Affinché sia possibile rappresentare le immagini sui monitor con il nuovo formato 16 : 9, i segnali subiscono una conversione digitale/analogica e sono poi inviati agli ingressi RGB di comuni apparecchi televisivi.

#### I parametri

Nell'esperimento VIDINET si utilizza una FFT di 2048 punti. 1632 portanti

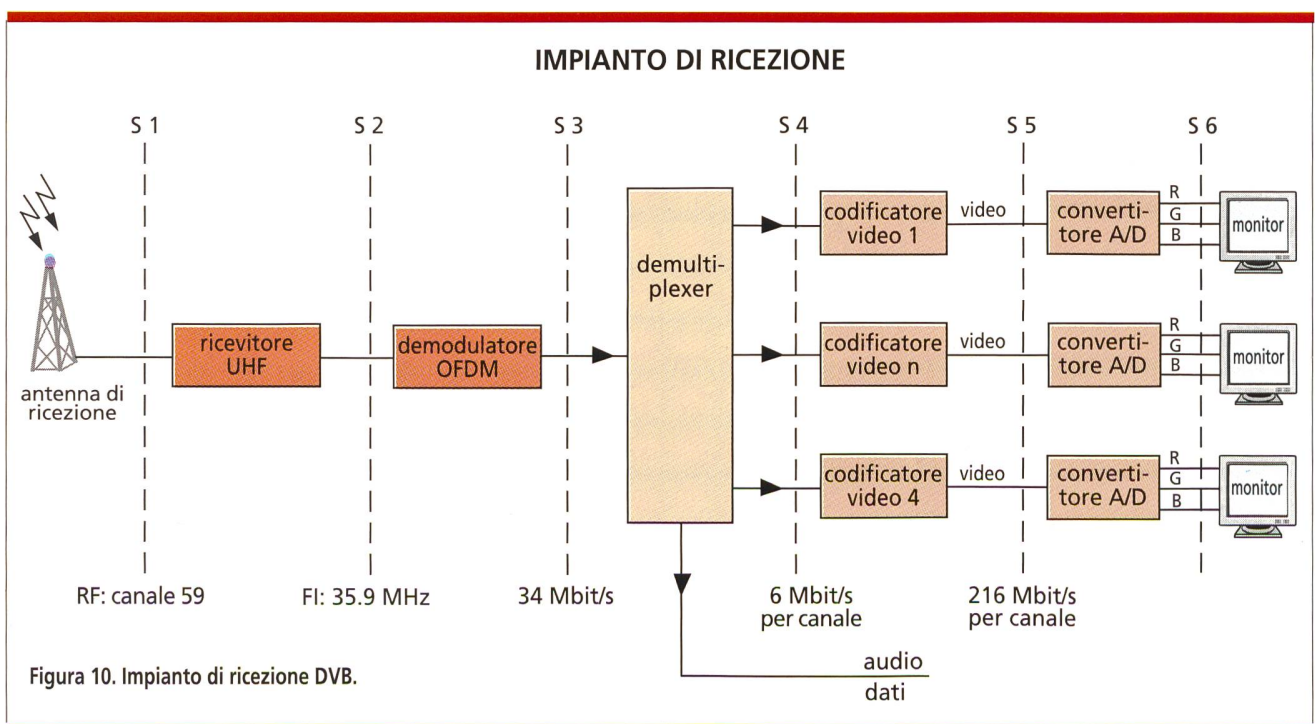
sono impiegate per la trasmissione dei dati veri e propri e 64 per la sincronizzazione. La larghezza di banda è di 7,57 MHz, l'intervallo di frequenza  $\Delta f$  fra le singole portanti è pari a 4,46 kHz. L'intervallo di guardia dura 56  $\mu s$  e la modulazione usata è del tipo 64-DAPSK.

#### Misure eseguite

Nell'ottobre 1995 sono stati trasmessi per la prima volta quattro programmi digitali da Feschel a Raron su un cana-

le televisivo della larghezza di 8 MHz. Ciò che ha destato maggior impressione in questo esperimento è stata la bassa potenza di irradiazione che si può utilizzare senza che si verifichino disturbi nella trasmissione dei programmi televisivi. Sono inoltre già state eseguite le prime misure per verificare il comportamento del nuovo sistema DVB in condizioni topograficamente difficili e per raccogliere esperienze.

Le misure eseguite hanno dimostrato che la televisione digitale terrestre, in confronto al sistema analogico PAL,





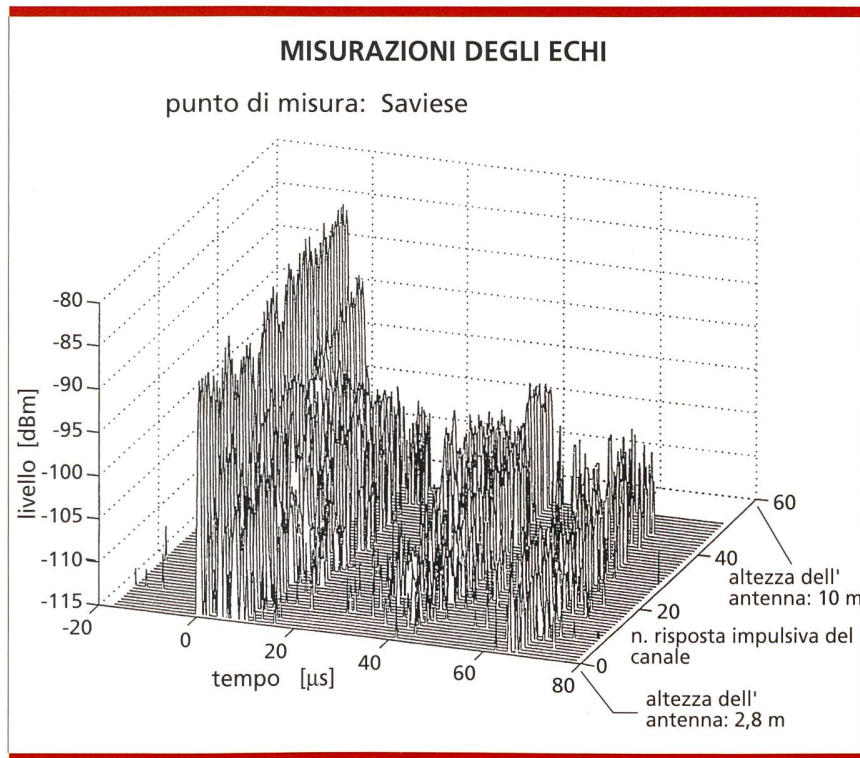


Figura 11a. Misurazioni degli echi.

presenta notevoli caratteristiche di robustezza.

**Misure degli echi**

Per mezzo di un channel sounder si misura la risposta impulsiva del canale. Questa misura permette di stabilire le ampiezze e i tempi di propagazione degli echi in un determinato punto di misura. La risposta impulsiva del canale viene determinata per diverse altezze dell'antenna nell'intervallo fra 2,8 e 10 m.

Le figure 11a e 11b mostrano due casi estremi, nei quali la ricezione DVB mediante un impianto portatile non è probabilmente più garantita. Sono critici soprattutto gli echi con tempi di propagazione molto lunghi, che violano l'intervallo di guardia (figura 11a), o gli echi brevi ma di livello elevato (fig. 11b).

**Misura del tasso di errori nella trasmissione di singoli bit**

Per misurare il tasso di errori nella trasmissione di singoli bit si produce all'interfaccia S3 (figura 9), tramite un generatore pseudo-random, un flusso di dati a 34 Mbit/s con una successione nota di bit, lo si modula e lo si irradia

dall'antenna ad una potenza media di 400 W.

Il segnale viene captato a Raron per mezzo di un'antenna non direttiva, demodolato e analizzato con un apposito strumento (Wandel & Golter-

mann PF5). Il tasso di errori nella trasmissione di singoli bit dà direttamente la misura della qualità di trasmissione.

Se il tasso di errori nella trasmissione di singoli bit supera circa  $10^{-2}$ , il demultiplexer non può più essere sincronizzato e si ha quindi la perdita dell'immagine.

**L'influenza degli echi sul ricevitore**

In figura 12 è illustrato l'effetto della propagazione su cammini multipli causata dalle riflessioni delle onde elettromagnetiche lungo il loro percorso dal trasmettitore al ricevitore. I simboli OFDM 1, 2, 3 ... n giungono al ricevitore per la via diretta.  $T_S$  è la lunghezza complessiva di simbolo,  $T_G$  l'intervallo di guardia. Dopo i tempi  $\tau_1$  e  $\tau_2$  giungono al ricevitore anche i simboli OFDM riflessi. Se il tempo di ritardo degli echi  $\tau_n$  è minore dell'intervallo di guardia, il ricevitore è in grado di riconoscere i simboli principali n e i simboli ritardati n' e di effettuare le necessarie correzioni.

Non appena però il tempo di ritardo  $\tau_n$  diventa notevolmente più lungo dell'intervallo di guardia, una parte del simbolo n' ritardato si sovrappone a una parte del simbolo principale n+1 e di conseguenza si possono verificare notevoli disturbi di ricezione.

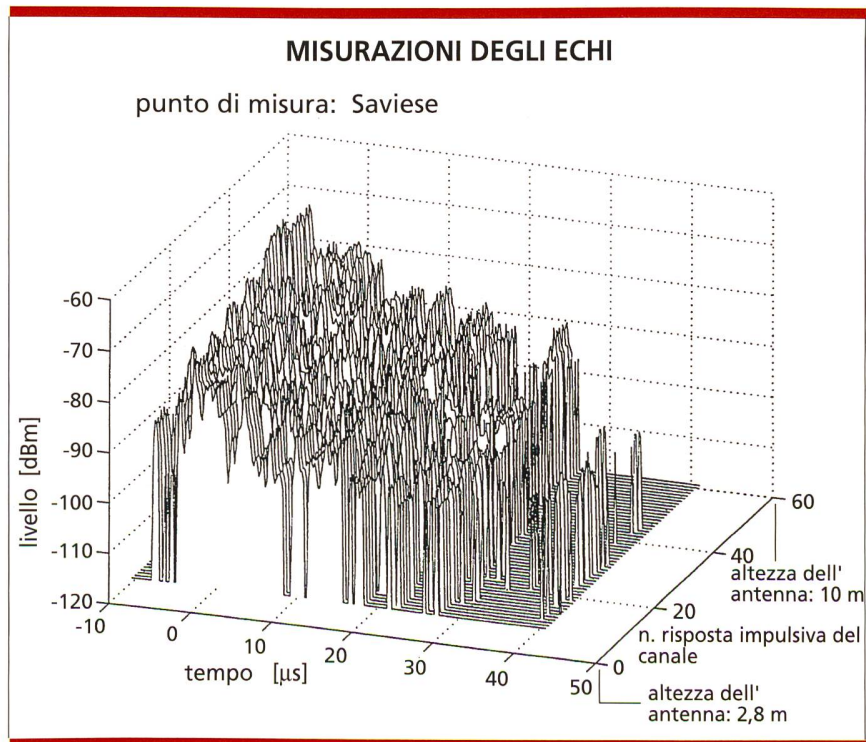


Figura 11b. Misurazioni degli echi.

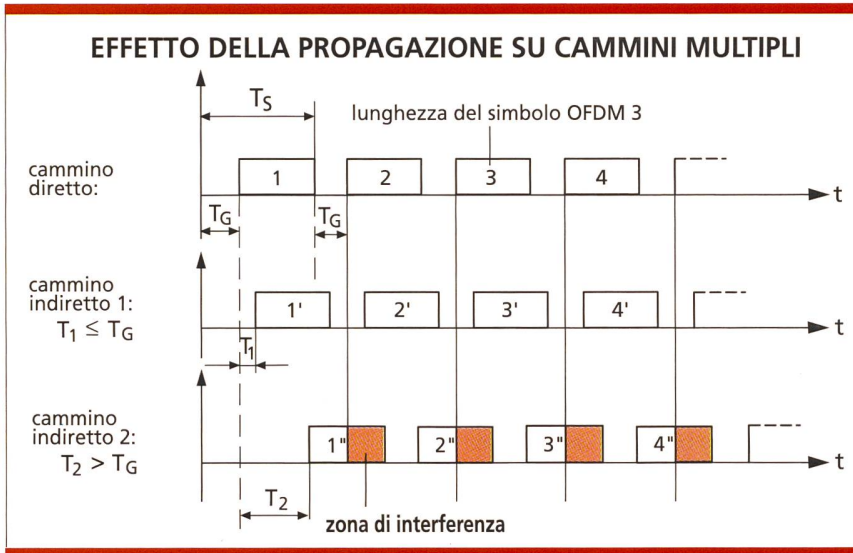


Figura 12. Effetto della propagazione su cammini multipli.

$T_s$  lunghezza del simbolo OFDM  
 $T_G$  intervallo di guardia  
 $T_n$  tempo di ritardo dovuto all'eco

### Uno sguardo al futuro

Verso la metà del 1996 sarà disponibile nel Vallese un secondo trasmettitore DVB, operante sempre sul canale 59. Esso permetterà di eseguire prove in campo di una semplice rete a onde sincronizzate. Telecom PTT intende sperimentare a fondo queste nuove tecnologie per acquisire il know-how necessario per progettare, installare e commercializzare sistemi e servizi DVB.

Non appena saranno disponibili box di set top anche per la ricezione DVB terrestre, l'avanzata della tecnica televisiva digitale diverrà inarrestabile, tanto più che grazie a questi box potranno continuare ad essere utilizzati gli apparecchi televisivi attualmente disponibili.

Poiché la televisione digitale sfrutta in modo più efficiente le frequenze, che sono una risorsa limitata, è ipotizzabile che l'introduzione dei nuovi servizi possa avvenire senza che si debba rinunciare, per il momento, alla diffusione in forma analogica dei principali programmi televisivi.

Il Digital Video Broadcasting non è legato al mezzo televisivo, ma consente in generale la diffusione di flussi di dati a larga banda per le esigenze più disparate di un pubblico che vuole sfruttare anche in viaggio le possibilità offerte dai mezzi multimediali.

Telecom PTT, in quanto azienda leader nel campo dei sistemi di telecomunicazione per i media elettronici, vuole partecipare da protagonista allo sviluppo di questa tecnologia. 6

### Bibliografia

- [1] Ulrich Reimers, *Digitale Fernsehtechnik: Datenkompression und Übertragung für DVB*, Springer Verlag
- [2] *Multimedia: Anwendungen, Technologie, Systeme, Vorträge des 6. Dortmunder Fernsehseminars*, VDE-Verlag
- [3] Paul Dambacher, *Digitale Technik für Hörfunk und Fernsehen*, R.v. Decker's Verlag



**Achill Klingler** ha studiato tecnica delle telecomunicazioni e delle alte frequenze alla Scuola d'ingegneria di Rapperswil SG. Ha concluso i suoi studi nel 1981 conseguendo la licenza in ingegneria elettronica STS. In seguito ha lavorato come capoprogetto nei reparti di ricerca e sviluppo di diverse aziende private. Dal 1987 svolge la sua attività presso la direzione Radiocom di Telecom PTT; qui dirige il gruppo di lavoro «Pianificazione delle frequenze e della copertura TV» della sezione Televisione RC 12 nonché il team «Terrestrial Digital Video Broadcasting» che si occupa della pianificazione nel campo della televisione digitale terrestre e delle relative tecniche di sistema e di misura.



**Damien Corti** ha conseguito nel 1992 la licenza in ingegneria elettrotecnica presso il Politecnico federale di Losanna. Durante i suoi studi ha approfondito i temi legati al trattamento elettronico dei segnali e delle informazioni. Fino al 1995 ha lavorato per la ETA SA del gruppo SMH; presso quest'azienda ha sviluppato dei circuiti elettronici per i nuovi modelli di Swatch. Nel giugno 1995 è entrato alla direzione Radiocom di Telecom PTT dove è responsabile dello studio dei sistemi e delle tecniche della futura televisione digitale terrestre. Fa parte inoltre del gruppo «Terrestrial Digital Video Broadcasting» della sezione Televisione.

### SUMMARY

#### Digital television broadcasting

In Switzerland there are today around 2300 transmitters and transformers for the terrestrial distribution of television programs. Topographic conditions in Switzerland are such that, in addition to provision by satellite and cable, the terrestrial distribution of broadcasts is still of great importance.

Over the years, the analogue network has become so dense that at a great many transmitter locations it is now practically impossible to find available frequencies for the emission of new programs or services.

This is a very unsatisfactory situation, as time and again there are local or regional television projects which for the aforementioned reason cannot be realized.

Already today there are terminals available on the market for the reception of digital broadcasts, more and more of which are being distributed via satellite and cable. In the foreseeable future it will also be possible to receive terrestrially distributed digital television programs with simple portable receivers, even inside buildings, as the new digital system is highly resistant to interference and largely insensitive to reflections. Between four and ten different programs in good quality can be wireless-transmitted over one conventional analogue 8-MHz width television channel.

# DIGICOMP®

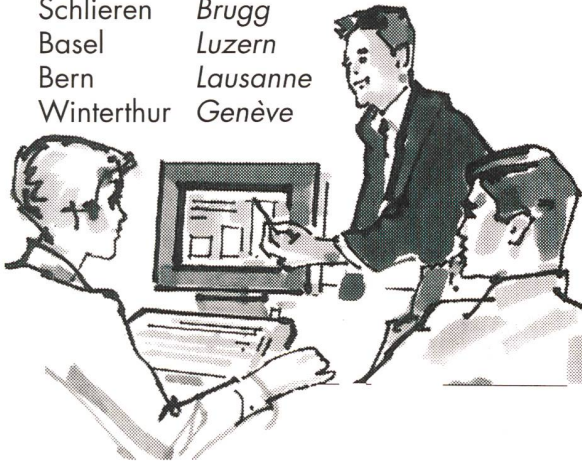
## EXPERT SEMINARS

**GRATIS KURSKATALOG**

Tel. 01 447 21 21  
Fax 01 447 21 31

**Nr. 1**  
Die führende  
Informatikschule

Zürich      St. Gallen  
Schlieren    Brugg  
Basel        Luzern  
Bern         Lausanne  
Winterthur   Genève



**STOP**  
Neuheiten

**STOP**  
Neuheiten



TELENETCOM  
DIE SCHWEIZER TELEMATIK FACHMESSE

'96

21. BIS 24. MAI 1996  
AUSSTELLUNGSHALLEN  
MESSE ZÜRICH



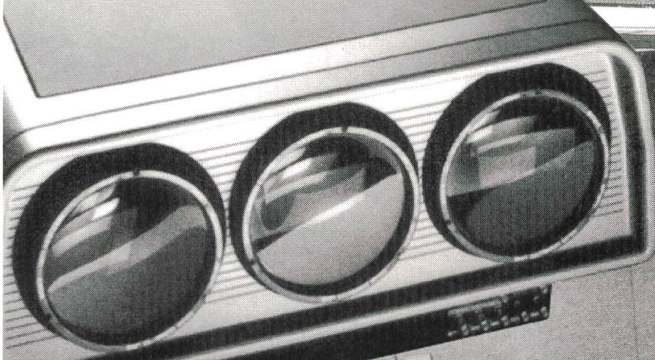
- Fast Ethernet 100 MHz
- S/STP-Kabel Kat. 6
- Wireless-LAN
- Fiber to the Desk
- Kat. 5 RJ45-Systeme
- Patch- und Anschlusskabel
- 19"-Schranksysteme

# KABLAN

Kabel und LAN-Produkte  
Waldweg 8  
Tel. 031 931 83 73  
Fax 031 932 11 97

CH-3072 Ostermündigen

# PRÄSENTATIONS-TECHNIK



Modernste Konferenztechnik-Geräte «beamen» Sie direkt in die multimediale Zukunft. Mit raffinierten Raumsteuerungs-Systemen lässt sich die ganze Technik zentral steuern. Ein sanfter Fingerdruck genügt und Ihre Ideen und Informationen kommen dank audiovisueller Unterstützung an. Bei der Vielzahl von Angeboten zählt sich eine kompetente Beratung für Sie aus.



**REDIFFUSION**  
KOMMUNIKATIONS-SYSTEME

Rediffusion AG • Zollstrasse 42 • 8021 Zürich • Tel. 01-277 91 11  
Rediffusion SA • 5, Grand Pont • 1003 Lausanne • Tél. 021-310 18 20  
Rediffusion AG • Austrasse 19 • 4011 Basel • Tel. 061-271 91 41  
Nordex Systems AG • Ober-Kuonimatt • 6010 Kriens • Tel. 041-340 47 27