

Anno LV  
Numero 1  
Aprile 2006

# Elettronica e telecomunicazioni

Rai  Centro Ricerche e  
Innovazione Tecnologica

Rai  Eri

## Editoriale



**HDTV e TV Mobile:  
scintille di passione a Torino**

# Elettronica e telecomunicazioni

Edizione ottimizzata per la stampa.  
La rivista è disponibile su web  
alla URL [www.crit.rai.it/eletel.htm](http://www.crit.rai.it/eletel.htm)

## **Editoriale**

di G.F. Barbieri

3

Anno LV  
N° 1  
Aprile 2006

## **HDTV e Mobile TV, scintille di passione a Torino**

5

**Rivista  
quadrimestrale  
a cura della Rai**

**Direttore  
responsabile**  
Gianfranco Barbieri

**Comitato  
direttivo**  
Gino Alberico  
Marzio Barbero  
Mario Cominetti  
Alberto Morello  
Mario Stroppiana

**Redazione**  
Marzio Barbero  
Gemma Bonino

# Indice

# Editoriale



ing. Gianfranco **Barbieri**  
Direttore di  
"Elettronica e Telecomunicazioni"

Sono trascorsi 16 anni da quando il Centro Ricerche della RAI si trovò al centro di uno dei più importanti eventi tecnologici che caratterizzarono il mondo della Radiodiffusione a cavallo tra gli anni '80 e '90.

Era l'estate del 1990. Tutta la seconda metà degli anni '80 era stata vissuta dagli addetti ai lavori con grande fermento nello sviluppo di quella che sembrava essere la rivoluzione del sistema radiotelevisivo: la TV ad Alta Definizione, strumento ideale per offrire all'utente una fruizione dei programmi totalmente innovativa grazie al migliore "effetto presenza" sulla scena, reso possibile dalla visione su grande schermo, dal formato panoramico dell'immagine e dall'audio stereofonico con "surround". Da più di 10 anni l'industria giapponese si trovava all'avanguardia nella ricerca a livello di sistema e nello sviluppo della componentistica; gli Stati Uniti, dal canto loro, avevano intravisto nel lancio dell'HDTV una

favorevole occasione per rivitalizzare l'industria nazionale dell'elettronica di consumo mentre l'Europa, rimasta pressoché assente dal comparto dell'informatica, non intendeva lasciarsi sfuggire di mano anche quello della televisione (tanto più che si approssimava la scadenza dei brevetti sui sistemi di TV a colori PAL e SECAM).

In questo contesto di intenso interesse verso l'innovazione tecnologica la comunità internazionale commise l'errore strategico di considerare non ancora sufficientemente mature le soluzioni "full digital" per la trasmissione all'utente finale, e, pertanto, i due fronti (l'Europeo e il Giapponese-Statunitense) che stavano aspramente rivaleggiando nel tentativo di imporre al mercato il proprio Standard di trasmissione si orientarono su sistemi ibridi (MUSE ed HDMAC) basati su formati analogici tecnologicamente asserviti a processamenti digitali interni agli apparati.

La svolta radicale si ebbe nel 1990 quando un consorzio formato da RAI, Telettra, RTVE (l'allora Ente Pubblico radiotelevisivo spagnolo) e Politecnico di Madrid nell'ambito del progetto europeo EUREKA 256 dimostrò la fattibilità di un sistema di trasmissione interamente digitale di TV ad alta definizione. Il sistema di codifica era basato sull'algoritmo DCT (Discrete Cosine Transform), che avrebbe dato vita tre anni più tardi al mitico standard MPEG-2.

L'occasione per celebrare l'evento attraverso un grande scoop mediatico fu offerta dai campionati mondiali di calcio che si tennero quell'anno in Italia (Italia'90). Per più di un mese, riprese di incontri calcistici che si tenevano nei vari Stadi vennero effettuate da uno Studio mobile HDTV e trasmesse via Satellite per essere ricevute in otto sale dislocate sul territorio nazionale (Torino, Milano, Venezia, Perugia, Roma, Napoli) e due in Spagna (Madrid e a Barcellona).

Inizialmente, l'evento della trasmissione HDTV ad "Italia'90" sembrò ignorato dalla comunità dei radiodiffusori e dell'industria elettronica di consumo europea, tuttavia in breve tempo la TV digitale per l'utente domestico divenne una realtà con l'imponente lavoro di standardizzazione compiuto dal Consorzio DVB.

Oggi, in un contesto in cui l'elaborazione di algoritmi di compressione sempre più efficienti e lo sviluppo di componenti elettronici tecnologicamente più avanzati fanno ritenere la TV ad Alta Definizione ormai alla portata dell'utenza di massa, il Centro Ricerche della Rai si trova nuovamente in prima linea nel proporsi come banco di prova dell'innovazione.

I XX Giochi Olimpici Invernali svoltisi a Torino nei mesi scorsi hanno offerto una occasione significativa per testare le prestazioni del nuovo sistema in un ambiente operativo particolarmente complesso.

Per la prima volta è stato possibile sperimentare con successo la fattibilità di un approccio multimediale alla produzione ed alla erogazione dei servizi; gli eventi ripresi in HDTV sono stati infatti anche convertiti ed ampiamente diffusi in formati compatibili con Internet e con la visualizzazione su terminali mobili.

Le tecniche impiegate, i problemi incontrati in fase sia di ripresa che di trasmissione e le soluzioni adottate, nonché una ampia illustrazione dei particolari dell'evento sono riportati nell'articolo di questo "numero unico".

# HDTV e TV Mobile, scintille di passione a Torino



Le icone simbolo delle Cerimonie Olimpiche sono le Scintille di Passione (Sparks of Passion): ritmo, passione e velocità sono i concetti chiave dai quali prendono forma queste icone, che sfrecciano alla velocità di 70 km/h. E il passionale rosso cinabro è il colore dominante nelle strade di Torino durante il periodo olimpico.

MB&NS

## 1. Scintille di Passione

E' il 10 febbraio 2006, due miliardi di spettatori assistono, nel mondo, alla Cerimonia di Apertura dei XX Giochi Olimpici Invernali. Due sono le settimane di competizione, passione ed entusiasmo che seguono questo evento, e che si concludono con la altrettanto spettacolare Cerimonia di Chiusura, il 26 febbraio.

La tecnologia è da sempre una protagonista dei più importanti eventi sportivi, in particolare le Olimpiadi, poiché tali manifestazioni sono trasmesse e seguite con grande interesse in tutto il mondo e l'innovazione tecnologica si dimostra determinante nel migliorare l'impatto emotivo e nel far crescere il coinvolgimento dello spettatore, anche quello che segue gli eventi da casa.

### Sommario

La Rai, durante i XX Giochi Olimpici Invernali Torino 2006 ha promosso una sperimentazione sulle più recenti tecnologie DVB/MPEG. Nel periodo dal 10 al 26 febbraio, il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica ha organizzato e realizzato la diffusione nell'area di Torino e delle Montagne Olimpiche piemontesi di un unico canale DTT (grazie all'adozione della modulazione gerarchica) comprendente un programma HDTV codificato MPEG-4/AVC e un multiplex DVB-H di 7 programmi TV e 6 radiofonici.

Alla sperimentazione, che ha consentito di raccogliere preziose informazioni sui futuri servizi di TV ad alta definizione e di TV Mobile, hanno collaborato pariter tecnologici di rilevanza internazionale.

# HDTV e TV Mobile scintille di passione a Torino

## Acronimi e sigle

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>AVC</b>                           | Advanced Video Coding   |
| <b>BD</b>                            | Blu-ray Disc ( <a href="http://www.blu-raydisc.com">www.blu-raydisc.com</a> )   |
| <b>DLP</b>                           | Digital Light Processing  |
| <b>DTT</b>                           | Digital Terrestrial Television  |
| <b>DVB</b><br><b>-H</b><br><b>-T</b> | Digital Video Broadcasting ( <a href="http://www.dvb.org">www.dvb.org</a> )<br>-Handheld<br>-Terrestrial  |
| <b>EICTA</b>                         | European Industry Association for Information Systems, Communication Technologies and Consumer Electronics ( <a href="http://www.eicta.org">www.eicta.org</a> ) |
| <b>GPSSR</b>                         | General Packet Radio Service  |
| <b>HD-DVD</b>                        | High Definition (o High Density) - Digital Versatile Disk ( <a href="http://www.dvdforum.org">www.dvdforum.org</a> )  |
| <b>HD-SDI</b>                        | High Definition - Serial Digital Interface  |
| <b>HDTV</b>                          | High Definition TeleVision  |
| <b>IBC</b>                           | International Broadcasting Centre   |
| <b>ITU</b>                           | International Telecommunication Union ( <a href="http://www.itu.org">www.itu.org</a> )  |
| <b>LCD</b><br><b>TFT-</b>            | Liquid Crystal Display<br>Thin Film Transistor-   |
| <b>LFE</b>                           | Low Frequency Effects   |
| <b>MPEG</b>                          | Motion Picture Expert Group: gruppo di lavoro congiunto ISO/IEC   |
| <b>MPEG-2</b>                        | standard ISO/IEC 13818  |
| <b>MPEG-4</b>                        | standard ISO/IEC 14496  |
| <b>PDP</b>                           | Plasma Display Panel  |
| <b>QAM</b>                           | Quadrature Amplitude Modulation   |
| <b>QPSK</b>                          | Quadrature Phase-shift Keying   |
| <b>SDI</b>                           | Serial Digital Interface  |
| <b>SDTV</b>                          | Standard Definition TeleVision  |
| <b>SFN</b>                           | Single Frequency Network  |
| <b>STB</b>                           | Set-Top-Box   |
| <b>SMPTE</b>                         | Society of Motion Picture and Television Engineers ( <a href="http://www.smpte.org">www.smpte.org</a> )   |
| <b>TOBO</b>                          | Torino Olympic Broadcasting Organisation  |
| <b>TOROC</b>                         | Torino ORganising Committee   |
| <b>UMTS</b>                          | Universal Mobile Telecommunications System  |

Torino 2006 ha svolto un ruolo importante anche nel quadro della innovazione tecnologica televisiva: per la prima volta tutti gli eventi sono stati resi disponibili in formato alta definizione (si veda il riquadro "HDTV a Torino") e vi è stata un'ampia diffusione in formati adatti a internet e alla visualizzazione sugli schermi dei terminali mobili.

La Rai ha promosso, grazie all'iniziativa della Direzione Strategie Tecnologiche, ed in particolare del Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica,

### HDTV a Torino

La televisione ad alta definizione (HDTV) è uno standard che offre una definizione dell'immagine fino a cinque volte superiore a quella consentita dalla TV convenzionale [1].

La Rai, ed in particolare il Centro Ricerche, ha avuto un ruolo importante nello sviluppo della HDTV [2]; fondamentale fu la dimostrazione della possibilità di trasmettere via satellite le partite dei campionati mondiali di calcio di Italia '90: per la prima volta si utilizzarono le tecniche digitali di compressione che sono alla base dei sistemi odierni.

A Torino, per la prima volta nella storia dei Giochi Olimpici invernali, gli apparati per la ripresa e diffusione televisiva sono stati completamente digitali ed il TOBO ha fornito alle televisioni mondiali il segnale relativo a tutti gli eventi in formato alta definizione.

Infatti la maggior parte degli eventi (cerimonie di apertura e chiusura, Hockey, Pattinaggio di velocità e di Figura, Short Track, Salto, Free style) è stata ripresa da telecamere HDTV (formato 1080i, cioè 1920 pixel per 1080 righe, interlacciata a 50 Hz, rapporto di immagine 16:9). Gli altri sport sono stati ripresi in TV a definizione convenzionale (SDTV), rapporto d'immagine 16:9, ma il TOBO ha fornito i segnali relativi anche a questi eventi nel formato alta definizione, grazie al processo di conversione (up-conversion).

una sperimentazione di diffusione sia in alta definizione che per TV mobile degli eventi olimpici, con un'area di copertura estesa su Torino e su parte dei siti sulle montagne olimpiche.

Scopi dell'iniziativa sono stati la sperimentazione e la promozione delle più recenti tecnologie atte a fornire servizi sempre migliori, in termini di qualità e opportunità di fruizione. L'iniziativa del Centro Ricerche conferma Torino come luogo di eccellenza per la ricerca nel campo delle telecomunicazioni ed in particolare della televisione.



Il codificatore EN5990 della Tandberg per la codifica HDTV in AVC

## 2. HDTV e TV Mobile

Le riprese e la produzione in alta definizione erano competenza del TOBO ed i segnali pervenivano dai vari siti olimpici all'IBC, a Torino Lingotto, mediante collegamenti in fibra ottica.

La Rai ha allestito presso l'IBC una sala per gestire tutte le funzionalità di messa in onda (vedere riquadro "Impianto Rai presso IBC") del canale sperimentale HDTV. Grande cura è stata posta nella progettazione dell'impianto, complicato dall'uso di numerosi apparati prototipali e dalla coesistenza di diversi tipi di segnali di sincronizzazione, per garantirne l'affidabilità. Infatti il sistema ha operato per tutta la durata della manifestazione. Durante il giorno veniva mandato in onda in diretta il segnale fornito dal TOBO, a cui era aggiunto, se disponibile, il commento parlato del giornalista Rai, oppure repliche dal sistema di videoregistrazione. Di notte veniva ritrasmesso il bit-stream registrato nel corso della giornata.

Con questa sperimentazione, si è realizzato il primo test in assoluto di trasmissione di un evento di tale durata e importanza in formato HD mediante il sistema di diffusione digitale terrestre (DTT) utilizzando il nuovo standard di compressione AVC (vedere riquadro "Codifica video AVC").

[continua a pag.13...](#)

### Codifica video AVC

La TV e HDTV digitale viene normalmente diffusa utilizzando il sistema di compressione video MPEG-2 [3]. Per questa sperimentazione, invece, il sistema adottato è il recente standard MPEG-4 Parte 10, noto anche come AVC (Advanced Video Coding) o H.264 [4], su cui si basano i prossimi sistemi di diffusione DVB (satellite, terrestre e per terminali mobili) e registrazione ottica (BD e HD-DVD).

Grazie ad AVC è possibile ottenere un notevole miglioramento di qualità, a parità di bit-rate, oppure, a parità di qualità, un risparmio in bit-rate stimabile nel 50%. E' quindi possibile in futuro l'introduzione di servizi HDTV, senza che ciò implichi necessariamente un ridimensionamento del numero di programmi SDTV attualmente diffusi.

L'introduzione della codifica AVC implica però l'uso di nuovi codificatori e di nuovi decodificatori, infatti l'incremento nella complessità dell'algoritmo ha richiesto lo sviluppo di nuovi circuiti integrati (chip-set), adottati dai ricevitori/decodificatori (STB). Per questa sperimentazione i partner tecnologici hanno messo a disposizione alcuni dei primi prototipi e apparati basati su AVC: codificatori della Tandberg, STB della ADB, dotati dei chip-set della ST.

## Dai siti olimpici all'IBC, su fibra ottica

I segnali televisivi ripresi in formato HDTV 1080i nei siti olimpici, oppure ripresi in SDTV e convertiti nel formato HD, pervengono al TOBO (presso l'IBC) per mezzo di una trasmissione su fibre ottiche con codifica HD-SDI per poi essere da qui trasmessi in tutto il mondo. Sono disponibili, ma non sempre tutti attivi, 16 canali video, di cui 7 in alta definizione nativa.

Per molti eventi è disponibile l'audio multicanale, che comprende 6 canali per un surround 5.1, più una coppia stereo codificata secondo il sistema Prologic.

|  |                       |   |
|--|-----------------------|---|
|    | Pragelato             | Sci di fondo, Salto e Combinata nordica                   |
|   | Sauze d'Oulx          | Freestyle   |
|   | Sestriere             | Sci alpino  |
|   | Cesana Pariol         | Bob, Skeleton, Slittino                                   |
|   | San Sicario, Fraitève | Sci Alpino (Discesa libera, Super G, Combinata femminile) |
|  | Bardonecchia          | Snowboard   |

## HD-SDI

SDI è l'interfaccia per il trasporto del segnale video digitale non compresso utilizzato in ambito professionale, corrisponde allo standard ITU-R BT.656 e SMPTE 259M. HD-SDI indica invece lo standard SMPTE 292M, l'interfaccia utilizzata per il trasporto del segnale HDTV non compresso, ad un bit-rate nominale di 1,485 Gbit/s (frequenza di ripetizione di immagine 60 Hz, 50 Hz, 30 Hz, 25 Hz, e 24 Hz).

## Audio Surround

Il segnale audio surround 5.1 è costituito da 6 canali audio. Tre canali corrispondono agli altoparlanti frontali, sinistro (L, left), destro (R, right) e centrale (C, center); due canali sono relativi agli altoparlanti laterali/posteriori a sinistra ( $L_s$ , left surround) e destra ( $R_s$ , right surround); l'ultimo canale (LFE) veicola segnali a basse frequenze destinati ad un altoparlante dedicato (subwoofer).

Il sistema Surround Prologic II codifica, mediante una matrice, i cinque segnali audio più uno in una coppia stereo, da cui possono essere estratti ed avviati ad un sistema di riproduzione surround da un impianto adatto.

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
|   | Stadio Olimpico                         | Cerimonie di apertura e chiusura    |
|  | Palasport Olimpico e Torino Esposizioni | Hokey su ghiaccio                   |
|  | Oval Lingotto                           | Pattinaggio di velocità             |
|  | Palavela                                | Pattinaggio di figura e Short track |
|  | Pinerolo                                | Curling                             |

## Impianto Rai presso IBC

I segnali video entrano in una matrice Utah Scientific HD-SDI, con 32 ingressi e 16 uscite, collegata con un master control Utah MC 2020, un prototipo, per consentire la scelta del video da mettere in onda e l'inserimento di contributi grafici. Nell'impianto erano presenti una titolatrice, funzionalità grafiche e tutti gli apparati necessari per sincronizzazioni, embedder e de-embedder, frame sync, distribuzione, apparati di riserva, gestione delle emergenze. All'uscita, il segnale video è codificato in formato MPEG-4/AVC MP@Level 4.0 mediante l'encoder EN5990 della Tandberg.

I sistemi di memorizzazione sono costituiti da: video server DVS in grado di registrare fino a 50' di segnale HD in forma non compressa; HDCAM-SR (segnale HD in forma compressa, caratterizzato da un'elevata qualità video, e fino a 12 canali audio), HDCAM (registra il video compresso con qualità inferiore e 4 canali audio). Inoltre un sistema è in grado di memorizzare il bit-stream del programma trasmesso di giorno, per diffonderlo in replica durante la notte.

I segnali audio entrano nel mixer audio DM2000 della Yamaha: il segnale 2.0 è codificato dall'encoder della Tandberg (codifica MPEG-1 / Layer 2), il segnale 5:1 è codificato in formato AC3 da un apparato Dolby.



Due immagini della control unit Rai presso la IBC a Torino Lingotto.

### Area di copertura montana

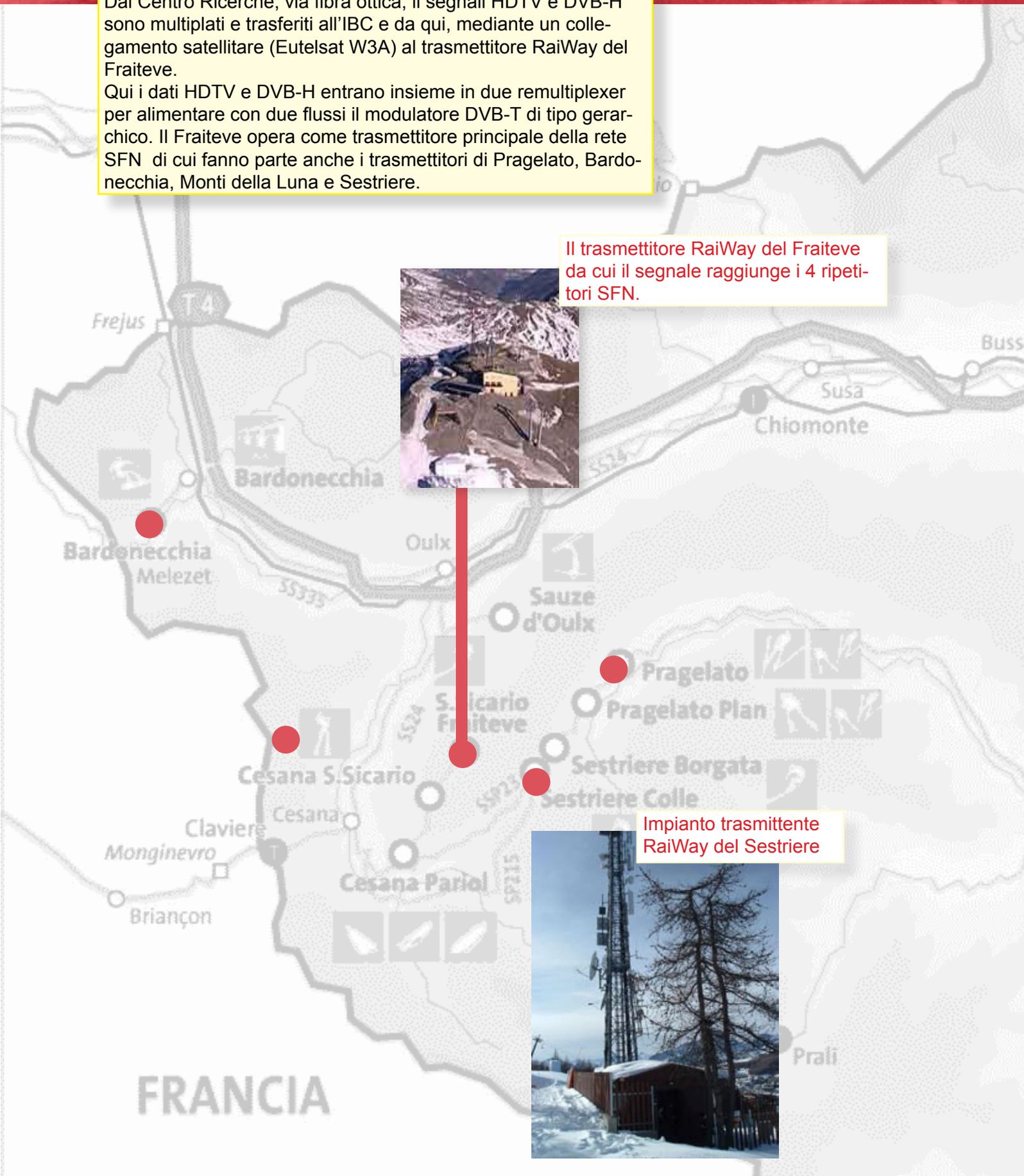
Dal Centro Ricerche, via fibra ottica, il segnali HDTV e DVB-H sono multiplati e trasferiti all'IBC e da qui, mediante un collegamento satellitare (Eutelsat W3A) al trasmettitore RaiWay del Fraiteve.

Qui i dati HDTV e DVB-H entrano insieme in due remultiplexer per alimentare con due flussi il modulatore DVB-T di tipo gerarchico. Il Fraiteve opera come trasmettitore principale della rete SFN di cui fanno parte anche i trasmettitori di Pragelato, Bardonecchia, Monti della Luna e Sestriere.

Il trasmettitore RaiWay del Fraiteve da cui il segnale raggiunge i 4 ripetitori SFN.



Impianto trasmettente RaiWay del Sestriere





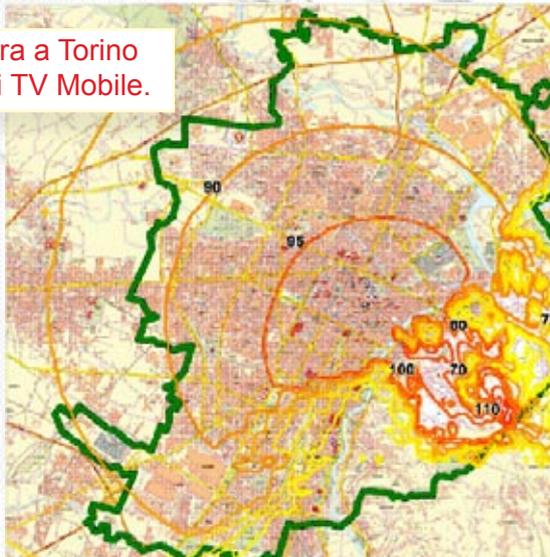
I segnali destinati alla rete SFN sulle montagne olimpiche arrivano da Torino per mezzo del satellite per comunicazioni W3A dell'Eutelsat.



Centro Trasmittente RaiWay a Torino Eremo



Area di copertura a Torino per il servizio di TV Mobile.



Centro Ricerche Rai

### Area di copertura torinese

Dal Centro Ricerche, via ponte radio SDH, i flussi DVB-H e HDTV arrivano al trasmettitore di Torino Eremo per la diffusione in digitale terrestre (DTT) sul canale 29. Per migliorare la ricezione all'interno degli edifici per la TV Mobile, al trasmettitore da 4 kW ERP dell'Eremo è stato aggiunto un trasmettitore gap filler, posto sul grattacielo Rai di Via Cernaia, a settantacinque metri di altezza.

I gap filler sono dei piccoli ripetitori, estremamente semplificati, di piccola potenza che ricevono e trasmettono sul medesimo canale (SFN), pertanto non occupano frequenze differenti o aggiuntive rispetto al canale di emissione principale e vengono usati per coprire zone nelle quali la ricezione del segnale risulta difficile.



IBC a Torino Lingotto

## Modulazione gerarchica

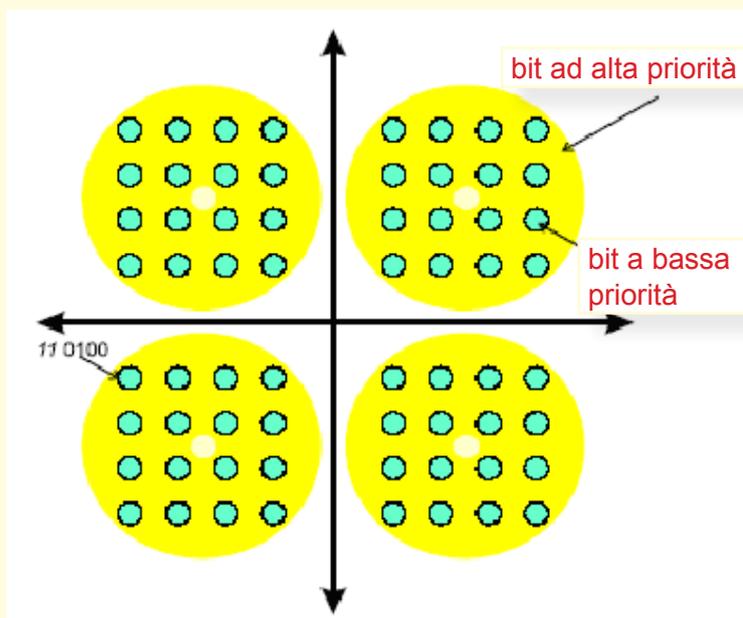
La modulazione gerarchica è prevista dallo standard DVB-T per consentire di distribuire i dati su due flussi separati: un flusso caratterizzato da un bit-rate inferiore, ma che richiede una priorità e/o una robustezza maggiore, l'altro flusso avente un bit-rate superiore, ma per cui si accetta una priorità e/o robustezza inferiore.

Questa opportunità è stata utilizzata, nel caso di questa sperimentazione, per diffondere mediante la rete di televisione terrestre due informazioni completamente indipendenti: infatti un flusso è relativo alla HDTV, caratterizzata da un elevato bit-rate, l'altro flusso è quello del multiplex per la TV Mobile (DVB-H) che, ha un bit rate inferiore, ma richiede una maggiore robustezza poiché deve essere decodificato da terminali mobili, e quindi in condizioni di ricezione a volte non ottimali e con antenne non direttive.

La modulazione gerarchica utilizzata è caratterizzata da una costellazione 64-QAM non uniforme.

In una modulazione QAM le ampiezze di due onde in quadratura sono modificate (*keyed*) in modo da identificare un numero discreto di punti (normalmente una potenza di 2) corrispondente al numero di simboli che possono essere emessi dalla sorgente. Nello spazio dei segnali viene quindi rappresentata una costellazione di punti disposti uniformemente, equispaziati orizzontalmente e verticalmente. La 64-QAM associa un simbolo di 6 bit ( $2^6=64$ ) a ciascun punto della costellazione. Se i punti non sono equispaziati, ma vengono organizzati in cluster, come nella figura, si realizza una struttura gerarchica, costituita da 4 cluster, ciascuno formato da 16 punti: la 64-QAM può quindi essere interpretata come la combinazione di una modulazione QPSK corrispondente ai 4 cluster (ad ogni cluster sono quindi associati 2 bit), più una 16-QAM (cioè a ciascun punto all'interno di un cluster sono associati 4 bit).

L'informazione totale è quindi suddivisa in due flussi: il flusso HP (*High Priority*) ed il flusso LP (*Low Priority*) e viene definito il parametro  $\alpha$ , che indica di quanto si riduce la distanza tra i simboli appartenenti al singolo cluster, mentre, contestualmente, aumenta la distanza fra i cluster. Con  $\alpha=1$  la modulazione coincide con la 64-QAM uniforme, mentre con valori di  $\alpha$  pari a 2 oppure 4, si modificano le caratteristiche in termini di robustezza, o probabilità di errore, che differenziano i due flussi. Nella sperimentazione  $\alpha$  è stato scelto pari a 2



...continua da pag.7

Il segnale complessivo codificato, pari a circa 16 Mbit/s, comprendeva il video HD compresso AVC (14,5 Mbit/s), un audio stereo (384 kbit/s), un audio 5.1 codificato AC3 (448 kbit/s).

Il segnale codificato, trasferito mediante fibra ottica, al Centro Ricerche veniva cifrato utilizzando apparati Irdeto di Accesso Condizionato in modo da evitare eventuali accessi non autorizzati e indebiti nel corso dei successivi trasferimenti. Sempre al Centro Ricerche veniva aggiunto il multiplex di programmi per la TV mobile

Il servizio di TV Mobile prevedeva un bouquet costituito da 7 programmi TV, codificati secondo lo standard H.263, e 6 programmi radio. Al multiplex complessivo DVB-H corrispondeva un flusso pari a 5,53 Mbit/s. La risoluzione delle immagini era pari a 176 x 144 pixel (formato d'immagine 4:3). Il bit-rate per ciascun programma TV era pari a 250 kbit/s per il video e 25 kbit/s per l'audio.

L'area torinese era quindi raggiunta dal servizio di diffusione HDTV e di TV Mobile grazie al trasmettitore di Torino Eremo (vedere riquadro "Area di copertura torinese", p. 11).

Mediante un collegamento fibra ottica - satellite - rete DTT il segnale veniva diffuso in parte delle montagne olimpiche (vedere riquadro "Area di copertura montana a p. 10).

Una novità della sperimentazione è consistita nell'uso della modulazione gerarchica per codificare separatamente i due flussi di dati: il segnale HDTV e il multiplex per la TV Mobile (vedere riquadro "Modulazione gerarchica", p. 12).

L'assegnazione del flusso ad alta priorità congiuntamente all'uso di un codice con protezione più elevata (vedere riquadro "Code rate") ha consentito la diffusione del servizio di TV Mobile in condivisione di canale con quello HDTV, nonostante le differenti caratteristiche di ricezione, ovviamente molto più critiche nel caso di servizi rivolti a terminali mobili, privi di antenna direttiva.

## Code rate

Nei collegamenti radio o via satellite, per migliorare le prestazioni in termini di probabilità di errore sui dati utili trasportati, si adottano normalmente i codici convoluzionali. In un codice convoluzionale ad ogni gruppo di  $m$  bit di informazione sono associati  $n$  bit trasmessi, con  $n > m$ : a spese di un incremento del bit-rate è possibile ridurre il numero di errori fra i bit di informazione decodificati. Il rapporto  $m/n$  è detto *code rate*: al diminuire del valore di *code-rate* si migliora la probabilità di errore, a spese di una maggior ridondanza dovuta al codice.

Nella sperimentazione, grazie all'uso della modulazione gerarchica, sono distinti due flussi a cui è possibile assegnare valori di code-rate differenti: 1/2 per le informazioni per la TV mobile (DVB-H) che deve essere più robusta e 3/4 per le informazioni relative alla HDTV, per cui si accetta una minor robustezza, poiché le condizioni di ricezione sono normalmente migliori.

## DVB-H

Il DVB-H [5] è il protocollo più recente definito dal consorzio DVB per offrire servizi anche agli utenti in mobilità. La ricezione può essere sia indoor (all'interno degli edifici) sia outdoor (mentre si cammina, viaggia in macchina o in treno). E' stato pensato come un'evoluzione del sistema DVB-T, di cui condivide le gamme di frequenze, aggiungendo le funzionalità necessarie per la ricezione in movimento, un basso consumo e una maggior sinergia con internet.

Dal punto di vista dei servizi, consente di fruire di servizi televisivi radiofonici e multimediali – liberi o a pagamento – attraverso l'uso di terminali mobili di nuova generazione, non solo telefoni cellulari o PDA ma anche, ad esempio, pc portatili ed ipod.

E' una tecnologia diffusiva ("broadcast") e quindi lo stesso contenuto può essere diffuso contemporaneamente a un numero elevatissimo di utenti, con un costo che può essere nettamente inferiore a quello possibile se trasmesso con sistemi basati su reti cellulari come, ad esempio, l'UMTS.

# HDTV e TV Mobile scintille di passione a Torino



Il prototipo del decoder ADB utilizzato nel corso della sperimentazione, basato sul single-chip video decoder STB7100 della ST, in grado di decodificare anche segnali video in alta definizione utilizzando il nuovo standard di compressione AVC.

### 3. Ricevitori e punti visione

Per consentire l'estensione della sperimentazione al più ampio e qualificato pubblico possibile sono stati organizzati punti visione dotati del prototipo di STB (sviluppato dalla ADB) in grado di decodificare i segnali HDTV compressi con il nuovo standard AVC. Il segnale in uscita dal STB era visualizzato su display dotati di interfacce e risoluzione adatte per visualizzare le immagini HDTV (si veda il riquadro "HD ready").

Per tutta la durata dei giochi olimpici è stato possibile seguire le immagini diffuse grazie alla sperimentazione HDTV sia in quindici punti visione allestiti a Torino, che presso undici punti visione presso gli uffici turistici delle località montane.

.continua a pag.17

#### HD ready

Gli apparati etichettati HD ready sono in grado di elaborare e visualizzare segnali ad alta definizione, sulla base di alcuni requisiti funzionali minimi. Introdotto dall'associazione dell'industria europea EICTA nel gennaio 2005, questo logo indica che gli apparati soddisfano i seguenti requisiti essenziali: risoluzione nativa minima pari a 720 righe, formato d'immagine *widescreen* e la capacità di accettare come ingresso i formati 1280 x 720 pixel a 50 e 60 Hz progressivo (720p) e 1920 x 1080 pixel a 50 e 60 Hz interlacciato (1080i). Ulteriori requisiti fondamentali sono relativi all'interfacciamento fra display e la sorgente video. Sono ormai disponibili display, schermi piatti e proiettori, basati sulle diverse tecnologie (PDP, LCD, DLP) che soddisfano a tali requisiti.

# HDTV e TV Mobile scintille di passione a Torino



Alcuni dei 15 punti visione in Torino, dotati di STB e display per HDTV: il Media Centre, la stazione ferroviaria di Porta Nuova, la vetrina de La Stampa, alcuni Hotel, le sedi Rai in Via Cernaia, il Centro di Produzione di Torino e il Centro Ricerche.

# HDTV e TV Mobile scintille di passione a Torino

## I formati d'immagine 16:9 e 4:3

Un sistema ad alta definizione è progettato per consentire la visione a circa tre volte l'altezza della immagine, in modo che il sistema sia virtualmente, o quasi, trasparente e offra una qualità di riproduzione analoga a quella percepita nella scena o rappresentazione originale da uno spettatore con normale acuità visiva. Il formato 1080i (1920 pixel x 1080 righe, 50 Hz interlacciato) utilizzato per le riprese HD durante Torino 2006 soddisfa questo criterio e quindi, grazie alle ottime prestazioni dei sistemi di compressione digitali, gli spettatori, di fronte ad uno schermo di elevate risoluzione e prestazioni, possono seguire gli eventi sportivi più spettacolari, come se fossero nel luogo stesso dell'evento.

Il regista Massimo Morelli, che ha curato la regia per i programmi forniti dal TOBO per la messa in onda sul programma HDTV sperimentale, nel corso della conferenza stampa tenuta sull'iniziativa Rai, ha messo in luce i vantaggi offerti dalla Alta Definizione sia in termini di spettacolarità dell'immagine, che di maggior coinvolgimento emotivo.

Ha anche evidenziato i problemi di regia e di ripresa legati alla necessità di prevedere una produzione adatta alla diffusione secondo due diversi formati di immagine (16:9 e 4:3). Infatti le immagini fornite dal TOBO potevano essere diffuse dai vari broadcaster mondiali sia nel formato HD con rapporto d'immagine 16:9, sia in definizione convenzionale (SDTV), sempre con rapporto 16:9, ma anche in SDTV con rapporto 4:3. Gli utenti SDTV con schermo 4:3

non godono dei vantaggi dell'alta definizione e non vedono due porzioni laterali dell'immagine ripresa. Non si vuole che queste siano porzioni significative, del punto di vista dei contenuti dell'immagine, e quindi nella ripresa si adotta la tecnica del *protected shooting*: in questo caso l'immagine HD non soddisfa i criteri ottimali della composizione fotografica dell'inquadratura e quindi è criticabile dal punto di vista della tecnica di ripresa.

Ovviamente questa limitazione potrà essere superata quando la maggior parte dei display presso gli utenti sarà 16:9, e possibilmente in alta definizione.



Massimo Morelli, in primo piano, alla regia presso l'IBC.



Una immagine HD utilizzata per illustrare la tecnica del *protected shooting*.

# HDTV e TV Mobile scintille di passione a Torino

Il terminale DVB-H della Nokia utilizzato nel corso della sperimentazione.



...continua da pag.14

Il bouquet per la TV Mobile era costituito da 7 programmi TV (RaiUno, RaiDue, RaiTre, RaiSport, RaiNotizie24, RaiFutura, RaiMobile), e 6 programmi radio (Radio1, Radio2, Radio3, Isoradio, GRParlamento, Auditorium).

Uno dei programmi, RaiMobile, è stato realizzato appositamente per la diffusione DVB-H, tenendo conto che il tipico utente di TV Mobile richiede programmi di breve durata (massimo 15-20 minuti) e la cui visione possa iniziare in qualsiasi momento.

Allo scopo di sperimentare il più ampiamente possibile le possibilità offerte dal nuovo servizio, i programmi (tv e radio) erano organizzati in *bundle* (Basic, Premium, Mobile), infatti è previsto

che l'accesso al servizio regolare possa avvenire mediante abbonamento su base mensile attraverso gli operatori di rete mobile, ed una guida elettronica ai servizi forniva informazioni sui programmi con un anticipo di una settimana.

Estese campagne di misura nell'area torinese, per valutare l'area di copertura del segnale DVB-H, hanno preceduto le settimane di sperimentazione durante gli eventi olimpici. Nel corso delle settimane olimpiche sono stati distribuiti circa 50 terminali Nokia ad altrettanti utenti coinvolti nella sperimentazione. I terminali di alcuni utenti erano dotati di un software che consentiva di monitorare le loro abitudini di scelta e visione dei programmi di TV Mobile, i dati acquisiti venivano giornalmente trasmessi ad un apposito server mediante collegamento GPRS.

# HDTV e TV Mobile scintille di passione a Torino

## 4. La passione abita qui

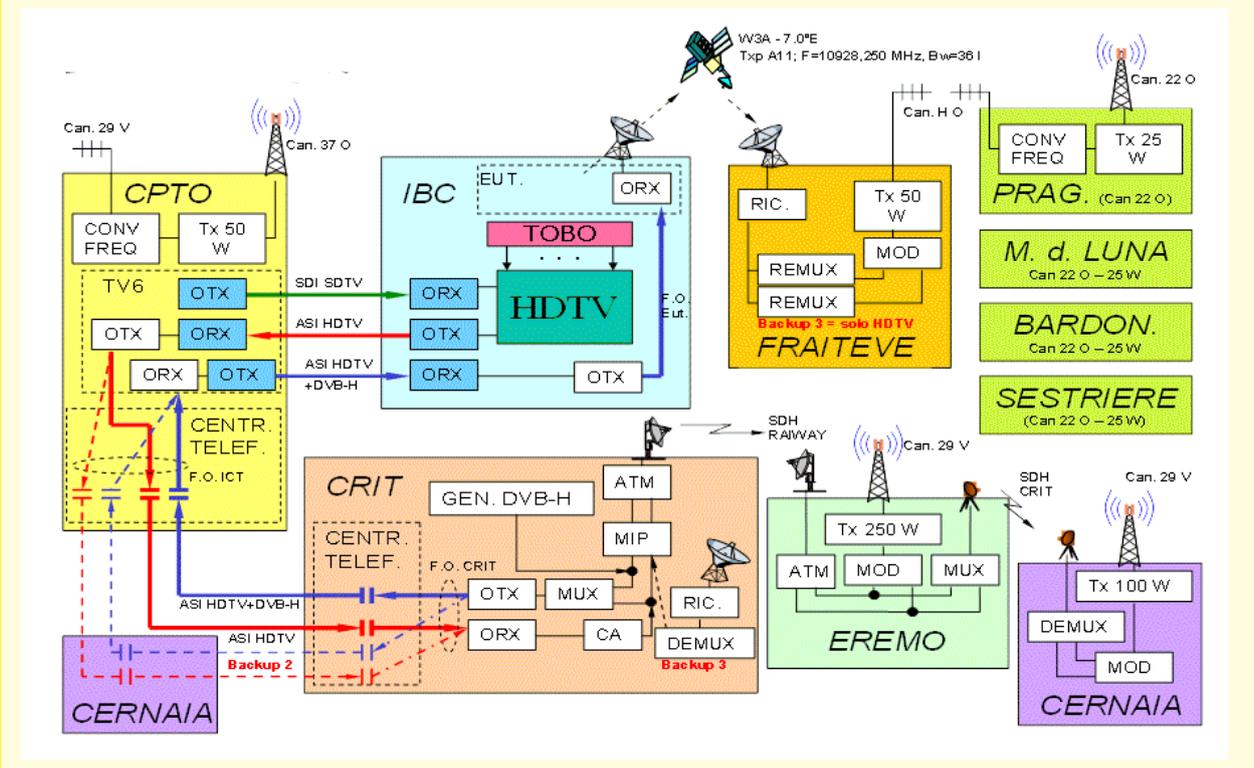
Il motto di Torino 2006 è "Passion lives here", ovvero la "Passione abita qui", e la passione ha svolto un ruolo determinante nell'organizzazione dell'insieme di professionalità e competenze della Rai e dei partner e nella messa a punto del complesso sistema di tecnologie e apparati (spesso prototipi) che hanno reso possibile questa sperimentazione.

Le XX Olimpiadi Invernali di Torino 2006 hanno rappresentato un'opportunità unica, per la Rai ed i suoi partner, per valutare e promuovere le più recenti tecnologie DVB/MPEG e per raccogliere preziose informazioni sulle prospettive dei nuovi servizi di televisione ad alta definizione e di TV Mobile.

### Schema a blocchi riassuntivo

La sperimentazione durante Torino 2006 è caratterizzata da una notevole complessità, perché ha comportato il progetto, l'organizzazione e la gestione di una struttura comprendente produzione, trasmissione e ricezione, a cui hanno contribuito le diverse professionalità indispensabili per il successo dell'iniziativa.

Lo schema a blocchi riassume, con dettaglio tecnico, le diverse funzioni distribuite nelle varie localizzazioni della Rai: CRIT (Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica), CPTO (Centro di Produzione di Torino), Cernaia (sede di ICT, attraverso cui transitano le fibre ottiche di collegamento fra le varie sedi Rai e su cui era posto il trasmettitore gap-filler), i trasmettitori di RaiWay (Torino Eremo, Fraiteve, Pragelato, Monti della Luna, Bardonecchia, Sestriere). E' inoltre indicato il centro di controllo nell'ambito dell'IBC, a cui pervengono le immagini HDTV del TOBO e da cui transita il multiplex HDTV + DVB-H per collegamento via satellite (Eutelsat).



# HDTV e TV Mobile scintille di passione a Torino

L'ing. Alberto Morello, direttore del Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai, nell'elencare i risultati raggiunti con questa sperimentazione, in quanto entusiasta praticante degli sport della montagna e professionista dell'ingegneria delle telecomunicazioni, ama esprimere la propria soddisfazione poiché questo progetto ha saputo felicemente combinare un ampio insieme di innovazioni tecnologiche con il più importante e spettacolare evento sportivo nelle Montagne Olimpiche piemontesi e a Torino.

Lo stendardo olimpico "Passion lives here",  
posto di fronte al  
Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica



## Bibliografia

1. M. Barbero, N. Shpuza: I formati HDTV (le raccomandazioni ITU-R BT.709 e BT.1543), Elettronica e Telecomunicazioni, anno 54, n. 1, aprile 2005
2. M. Barbero, N. Shpuza: L'Alta Definizione a Torino 1986-2006, Elettronica e Telecomunicazioni, anno 54, n. 3, dicembre 2005
3. M. Barbero, N. Shpuza: Uno standard pervasivo (MPEG-2 video), Elettronica e Telecomunicazioni, anno 52, n. 1, aprile 2003
4. M. Barbero, N. Shpuza: Advanced Video Coding (AVC - H.264§): il prossimo futuro, Elettronica e Telecomunicazioni, anno 52, n. 1, aprile 2003
5. A. Bertella, P. Casagrande, D. Milanesio, M. Tabone: Il sistema DVB-H per la TV Mobile, Elettronica e Telecomunicazioni, anno 54, n. 3, dicembre 2005

## I partner dell'iniziativa

Il progetto è stato ideato e organizzato dal Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai, con il coordinamento della Direzione Strategie Tecnologiche.

Hanno collaborato il Centro di Produzione di Torino e Rai Sport.

I partner tecnologici al progetto hanno cooperato con entusiasmo nel rendere operativa la complessa catena: satellite (Eutelsat), fibre ottiche, collegamenti radio e trasmettitori (RaiWay), apparati di studio HDTV (CVE), codificatore MPEG-4/AVC (Tandberg), ricevitori STB (ADB) basati sul nuovo chipset STB7100 (ST) e tecnologia per l'Accesso Condizionato (Irdeto), display al plasma HD-Ready (Panasonic) e ricevitori per la TV Mobile (Nokia).

