

## LA TRASMISSIONE DI AUDIO-VIDEO IN DIRETTA SU LARGA SCALA: UNA BREVE RASSEGNA

*Franco Tommasi\**

\*Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Università del Salento ([franco.tommasi@unisalento.it](mailto:franco.tommasi@unisalento.it))

### Abstract

In quanti modi è possibile trasmettere audio e video in diretta a un gran numero di destinatari? Se da una parte il grosso pubblico può ritenere banale il problema, uno sguardo più attento rivela senza difficoltà che è vero l'esatto opposto. L'articolo passa in rassegna i principali metodi attualmente usati ed evidenzia i problemi che essi comportano. Infine viene brevemente presentata una proposta sviluppata nel laboratorio dell'autore che cerca di sfruttare Internet ed il satellite per aggirare le difficoltà dei metodi passati in rassegna.

### 1. Introduzione

La bizzarra e quasi inedita situazione italiana, nella quale un concessionario di licenze per la trasmissione televisiva è entrato in politica e si avvantaggia senza troppi scrupoli del privilegio di cui dispone, rende la risposta alla seguente domanda particolarmente interessante nel nostro paese: in quanti modi si può trasmettere audio e video in diretta ad un pubblico molto vasto?

E' abbastanza ovvio che non si tratti di una curiosità puramente accademica ma, se occorresse una conferma, basterebbe ricordare un fatto di cronaca clamoroso: la realizzazione di *Raipermanotte*. La sera del 25 marzo 2010, a seguito del blocco dei talk show politici della Rai in prossimità delle elezioni regionali, fu organizzata in Italia una trasmissione con canali alternativi alle normali frequenze televisive. In quello che probabilmente è stato finora l'esperimento italiano di maggior successo nel suo genere, si riuscì a raggiungere un massimo di oltre 125000 spettatori contemporanei via web. La trasmissione via web, sommata a quella sugli altri canali utilizzati contemporaneamente (satellite, TV locali) fece perdere quella sera al duopolio RAI-Mediaset il 10% di share.

Mai come in quella circostanza si toccò con mano quanto fosse importante disporre di canali alternativi per raggiungere il pubblico e reagire in tal modo alla paradossale situazione profilatasi nel nostro paese.

Crediamo dunque sia utile tentare la redazione di una rassegna ragionata delle risposte possibili alla domanda iniziale. Dopo aver valutato punti di forza e debolezze di ciascuna di

esse, esporremo un'idea alla quale lavoriamo nel LIIS (Laboratorio per l'Internetworking e l'Interoperabilità tra i Sistemi) all'Università del Salento, che crediamo possa rappresentare un contributo agli sforzi per il superamento dei vincoli presenti.

I sistemi oggi disponibili per la trasmissione audio-video in diretta su larga scala di cui tratteremo sono: a) Televisione; b) Satellite; c) Video server su Internet; d) IP multicast; e) CDN.

## *2. Televisione*

Le frequenze per la trasmissione televisiva sono una risorsa scarsa. La loro proprietà è statale e il loro utilizzo è regolato dalla concessione accordata dal Ministero per lo Sviluppo Economico.

Occorrerebbero volumi per raccontare le vicende, legislative e non, del settore. Basti citare per tutti l'incredibile caso dell'emittente televisiva Europa7, alla quale Rete4 di Mediaset avrebbe dovuto lasciare il posto in virtù del risultato di una gara pubblica per l'assegnazione più di 10 anni fa. Furono addirittura promulgate leggi per evitarlo e ancora oggi, pur avendo finalmente visto riconosciuto il suo diritto, Europa7 è di fatto impossibilitata a fruirne appieno [1].

Il fatto che la televisione sia tuttora il mezzo maggiormente utilizzato dal pubblico per accedere all'informazione, rende il tema delle concessioni un campo di battaglia politico nel quale nessun colpo è escluso.

Di ciò si può avere un'ulteriore conferma volgendo lo sguardo all'introduzione della TV digitale. Con la possibilità da essa offerta di sfruttare più intensivamente il range delle frequenze televisive, si sarebbe potuto pensare che il problema della scarsità divenisse facilmente superabile. Ciò non è assolutamente quello che si sta verificando: con ogni evidenza proseguono, anzi si intensificano, le tattiche per impedire l'accesso alle trasmissioni a chi si teme possa minacciare anche lontanamente il duopolio [2].

Il rilievo preponderante degli aspetti politici a riguardo dell'accesso al mezzo televisivo, rende praticamente irrilevanti i dettagli tecnici sulla convenienza del suo utilizzo. Osserviamo comunque che sia i costi per le licenze che quelli per le infrastrutture di comunicazione aumentano più o meno linearmente con la superficie geografica che si intende coprire, al punto che, di fatto, solo grossi gruppi economici possono candidarsi alla trasmissione su tutto

il territorio italiano. Ma, giova ripeterlo, tutto ciò è solo teoria. Anche se la legislazione prevede che, in qualche forma, parte dei canali liberatisi con lo “switch-off” dall’analogico al digitale siano resi disponibili a nuovi soggetti dai grossi operatori che detenevano i canale analogici, nei fatti, un accurato “presidio” delle posizioni rende la disponibilità dei canali ad un uso libero un’ipotesi astratta e la riserva piuttosto a pochi e, soprattutto, “vaghiati” interlocutori.

### *3 - Satellite*

Il satellite è lo strumento ideale per trasmettere su ampie aree geografiche. Esistono satelliti con cui è possibile trasmettere un canale video contemporaneamente in tutta l’Europa. Il problema fondamentale del satellite, dal punto di vista di chi intenda raggiungere un vasto pubblico, è l’attrezzatura necessaria a riceverlo. Niente di particolarmente complicato o costoso, come è ben noto, ma sta di fatto che la maggioranza delle famiglie italiane non la possiede [3]. Questo può aiutare a spiegare l’ardore con cui il magnate Murdoch, signore e padrone della TV satellitare italiana con la piattaforma Sky, ha bussato alla porta della TV digitale terrestre e c’è chi lascia intendere senza troppi giri di parole che il prezzo pagato per l’ammissione al ristretto circolo sia stata la cancellazione del canale di informazione indipendente patrocinato da Al Gore, Sky Current [4].

Un canale per trasmettere video da uno dei satelliti su cui è puntata la maggioranza delle parabole italiane (vale a dire uno che appartenga alla costellazione di satelliti geostazionari Hot-bird collocata sull’Equatore a 13° Est) ha un costo annuo dell’ordine del mezzo milione di euro.

Tale costo sarebbe notevolmente inferiore se si utilizzasse un satellite differente per trasmettere (mettiamo il satellite Eurobird 3, collocato a 33° Est, per fare un esempio concreto) ma il problema a cui prima si accennava sarebbe di proporzioni drasticamente più ampie: in pratica nessuno ha un’antenna puntata su quel satellite e l’unica possibilità per ricevere da esso è installarne una ex-novo (oppure cambiare l’eventuale antenna già puntata su 13° con un’antenna “dual-feed” se si vuole ricevere da entrambe le direzioni).

#### 4. Video server collegato ad Internet

Citiamo questa soluzione non perché abbia qualche rilevanza concreta ma perché probabilmente è la prima che venga in mente a chi, un po' ingenuamente (magari influenzato dal successo di YouTube che, è appena il caso di sottolineare, è principalmente un servizio on demand e, solo marginalmente e di recente, ha avviato trasmissioni in diretta [5]), crede che Internet sia la banale risposta al problema della distribuzione di audio e video su larga scala che ci siamo posti (in questo contesto il servizio si definisce "IPTV").

L'allestimento di un video server che trasmetta "on demand" audio e video a coloro che desiderano ricevere prevederebbe il semplice posizionamento di tale dispositivo sulla rete e l'accesso ai suoi servizi tramite l'annuncio, poniamo, di una pagina web. Il problema di questa soluzione non è il suo funzionamento di base, che non presenta alcuna difficoltà, ma la sua scalabilità. Il fatto è che un servizio così semplicemente concepito funziona trasmettendo uno stream unicast a tutti coloro che lo richiedono e, se immaginiamo che uno stream audio-video di qualità media richieda una velocità di trasmissione di circa 500 kbit/s, si fa presto a vedere come già un piccolo numero di utenti, mettiamo 100, richieda una connessione ad Internet importante (50 Mbit/s). Se volessimo arrivare al numero di utenti contemporanei di Raiperunanotte (un numero elevato ma ben al di sotto dei normali ascolti televisivi) si dovrebbe parlare già di 62.5 Gbit/s, una velocità di connessione che dovrebbe essere sufficiente a rendere chiara a chiunque l'impraticabilità di questa via.

#### 5. IP Multicast

Possibile che i progettisti di Internet non abbiano previsto un'esigenza così ovvia e che l'architettura della rete non preveda una strategia meno rozza per inviare a un certo numero dei suoi nodi lo stesso flusso di dati di quella consistente nel replicarlo alla sorgente per ognuno dei nodi destinatari? La risposta è che i progettisti hanno colto (non subito ma una ventina d'anni dopo la nascita di Internet) questa esigenza mediante la creazione del cosiddetto IP multicast [6]. Esso consiste in primo luogo nell'assegnare una certa fascia di indirizzi IP (la cosiddetta "Classe D") a questa funzionalità. Il suo funzionamento prevede che i pacchetti destinati ad un indirizzo appartenente a questa classe ("i pacchetti multicast") escano dalla sorgente in un'unica copia per tutti i destinatari e replichino sé stessi ad ogni

nodo della rete soltanto per proseguire nelle direzioni lungo le quali si sappia dell'esistenza di destinatari che hanno segnalato alla rete di voler ricevere i pacchetti dedicati a quell'indirizzo ("il gruppo multicast"). Apparentemente l'obiettivo sarebbe centrato in pieno ma nella realtà sussistono dei problemi. A parte la notevole complessità dei protocolli che i nodi utilizzano per segnalare alla rete il proprio interesse per un gruppo multicast, la difficoltà maggiore consiste nel supporto degli operatori della rete allo scambio di informazioni sul servizio (il cosiddetto "multicast peering") che è la naturale condizione per il suo allestimento su scala globale. I grossi operatori non hanno infatti alcun interesse a propagare all'interno del proprio Autonomous System [7] i flussi multicast dei concorrenti. Paradossalmente è proprio il fatto che il multicast sia pensato per supportare delle "killer application" come l'IPTV a frenare la sua diffusione. Ogni operatore importante considera la capacità di utilizzare il multicast all'interno della propria rete un asset fondamentale per attrarre nuovi utenti (si pensi ai servizi di diretta TV offerti dagli ISP). E, se già gli operatori mostrano grande insofferenza rispetto ai guadagni che le loro reti permettono a chi non le gestisce (principali accusati: Google, Amazon, Apple), si può facilmente immaginare come essi siano irremovibili nel rifiuto di concedere la propria rete alla diffusione di servizi IPTV di altri. In termini conclusivi: l'IP multicast va benissimo per la diffusione di servizi audio-video in diretta su larga scala da parte dei proprietari delle reti all'interno delle stesse ma è ben lungi dal rappresentare una soluzione globale e, se possibile, lo è ancora di più dall'essere aperta all'accesso di nuovi soggetti.

## 6. CDN

I CDN (Content Delivery Networks) rappresentano lo stato dell'arte per la diffusione di audio-video in tempo reale su larga scala via Internet. Sono di fatto la soluzione adottata per tutti gli eventi di questo tipo, inclusa la già citata trasmissione Raiperunanotte. Spieghiamo sinteticamente di cosa si tratta. Il fornitore del servizio allestisce un certo numero di server collocati strategicamente in modo da servire agevolmente una gran quantità di utenti (tipicamente nei maggiori nodi di interscambio tra provider, i cosiddetti Neutral Access Points) e li collega tra loro con delle linee ad altissima velocità. Quando un cliente richiede il servizio, esso conferisce lo stream che intende diffondere ad uno di tali server e la rete del fornitore provvede a replicare lo stream su tutti gli altri server del CDN. Al momento della

fornitura, ciascun fruitore finale dello stream è automaticamente indirizzato al nodo che meglio lo può servire. Da quel momento l'utente riceve lo stream da tale nodo esattamente come accadrebbe nel caso trattato nel paragrafo 3. I limiti evidenziati per quella soluzione sono qui superati dalla presenza di un numero di server adeguato alla potenziale richiesta (oltre che, si intende, da una connessione ad Internet di ciascun server di congrua velocità). Rimane il fatto che la scalabilità del servizio è legata al massiccio impegno di risorse: un impegno che, con tutta evidenza, cresce più o meno linearmente con il numero di utenti da servire. E naturalmente ciò si riflette anche sui costi. In particolare la tariffazione viene di solito effettuata in proporzione alle ore/utente utilizzate. Per dare un'idea dell'ordine di grandezza dei costi, si può citare quello di un servizio piuttosto noto [8] che è quantificabile in 0,17€ per ora/utente. Si può stimare il costo delle tre ore di *Raipermanotte* non inferiore ai 60K€. Resta anche da vedere se il servizio fosse già allora in grado di supportare senza troppe difficoltà un pubblico significativamente più numeroso di quello raggiunto.

E' interessante osservare una previsione dell'andamento per il mercato dei CDN negli anni correnti. In figura 1 è rappresentata una valutazione formulata da Frost & Sullivan. Essa può aiutare a comprendere la rilevanza del problema che ci siamo posti e lo spazio che metodi più convenienti rispetto a quelli attuali potrebbero trovare.

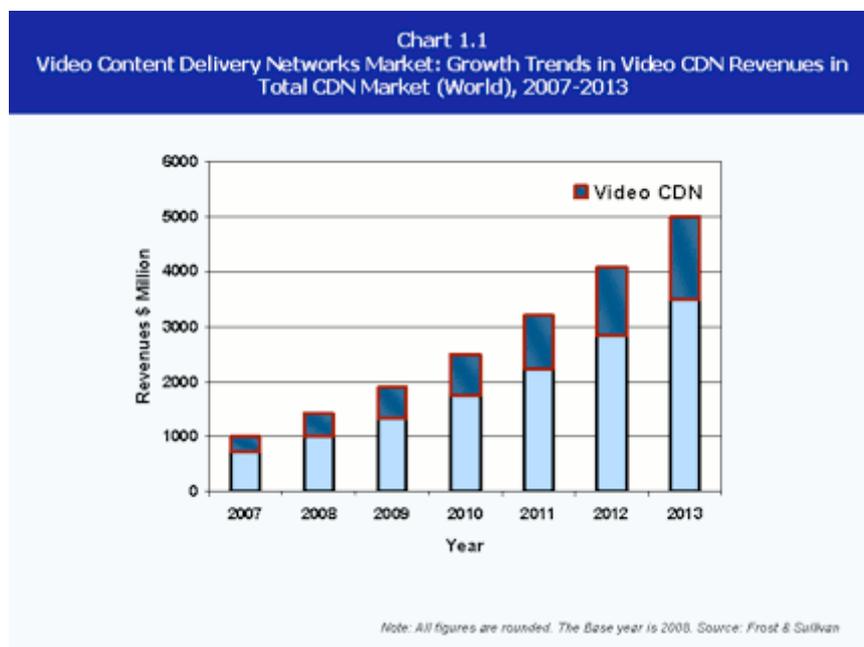


Figura 1

## 7. Alternative

Conclusa questa breve rassegna viene spontanea la domanda: si possono immaginare dei metodi alternativi in grado di competere, per efficacia e convenienza, con le soluzioni attuali? Nel nostro laboratorio all'Università del Salento [9] lavoriamo a questo obiettivo da anni.

Dopo una fase in cui abbiamo sperimentato le straordinarie capacità del satellite di effettuare trasmissioni ad indirizzi multicast IP sull'intera Europa [10] [11] [12] [13] [14], ci siamo posti un problema: come è possibile sfruttare queste straordinarie proprietà senza pagare il prezzo elevato del noleggio di un canale sui satelliti più ambiti dai broadcasters (in Italia, uno di quelli posizionati a 13° Est, vedi sopra)? Non che sia un problema in sé usare altri satelliti. Il vero limite consiste nel fatto che, come già osservato, quasi nessuno ha la parabola satellitare puntata su di essi. L'esperienza ci ha mostrato che la necessità di un'installazione ad hoc per la ricezione, per quanto economicamente e praticamente tutt'altro che pesante, costituisce di fatto un significativo freno alla diffusione di questo tipo di servizi.

Di qui è nata la proposta di un sistema ibrido satellitare-terrestre basato sul concetto di relaying [15]. L'idea di base è molto semplice (vedi figura 2): dopo avere attrezzato un certo numero di nodi per la ricezione dei pacchetti IP multicast trasmessi via satellite dalla sorgente dello stream (i nodi chiamati R, che sta per "relayer"), si fa in modo che i nodi non attrezzati per la ricezione via satellite (chiamati H, che sta per "host", tipicamente rappresentati da un utente domestico collegato via ADSL) manifestino la loro intenzione di ricevere lo stream ad un server (CHARMS server) dedicato il quale la smista agli R che ritiene più adeguati a "girare" lo stream che stanno ricevendo all'H che ne ha fatto richiesta.

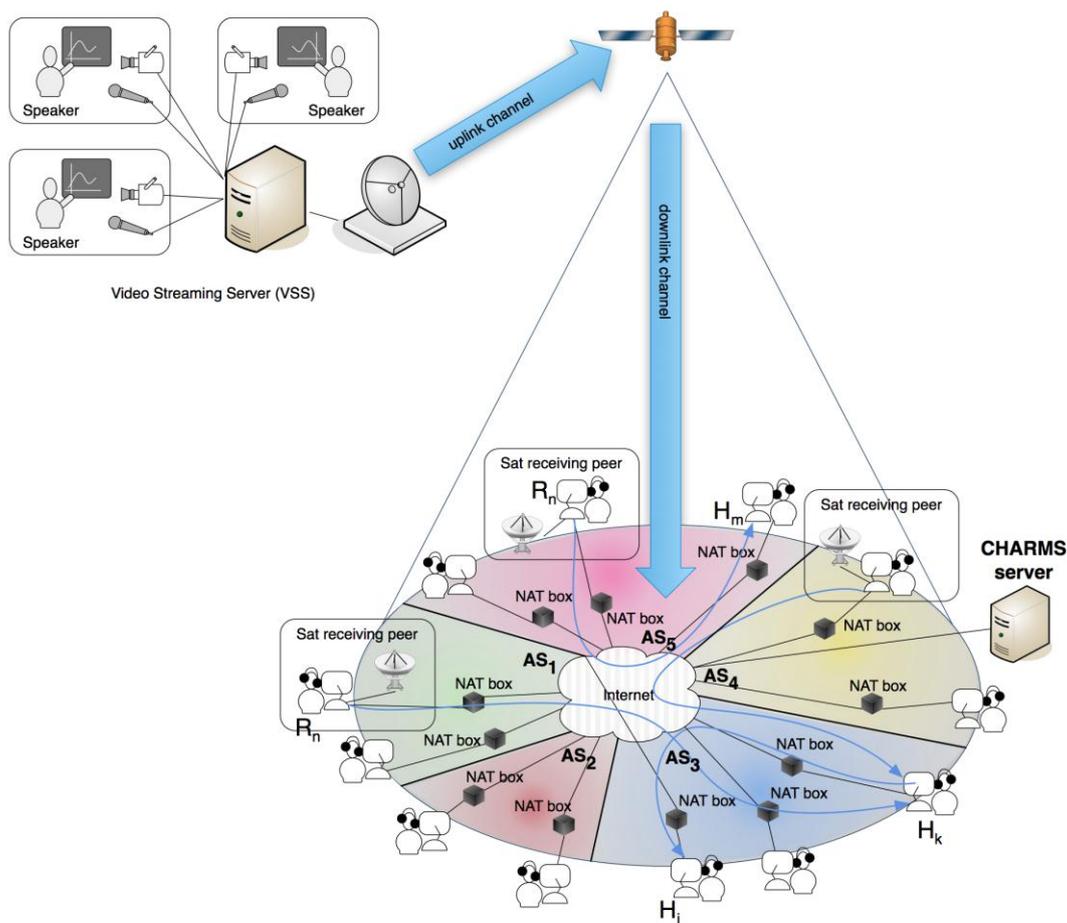


Figura 2

Con questo approccio, il satellite può essere utilizzato per moltiplicare a piacimento i centri ricezione. Se ci si limitasse a questo intervento, l'intero sistema verrebbe a somigliare ad un CDN in cui il sincronismo tra i nodi server è garantito dal feed satellitare invece che attraverso linee terrestri ad alta velocità. Ciò rappresenterebbe già un interessante elemento di innovazione rispetto alle attuali architetture dei CDN. Ma la caratteristica più interessante dell'intero sistema consiste nel fatto che i nodi H, una volta iniziata la ricezione del flusso originario, possono, se ben collegati alla rete, diventare a loro volta dei relayer e servire ulteriori utenti. E ciò in maniera totalmente ricorsiva. In altri termini lo stream proveniente dal satellite viene riflesso progressivamente in un'azione cooperativa che ricorda da vicino il meccanismo di funzionamento dei sistemi peer-to-peer (P2P).

Le difficoltà da superare per implementare un tale sistema sono molteplici, a partire da quella rappresentata dal fatto che i suoi "attori" sono quasi sempre dietro delle NAT-box e dunque

non sono in grado di entrare in contatto tra loro senza un aiuto esterno. Tuttavia, dopo circa due anni di lavoro, l'implementazione è stata finalmente messa a punto. L'architettura ha nome CHARMS (Cooperative Hybrid Architecture for Relaying Multicast Satellite Streams). Il progetto OpenSAT Relaying [16], al quale stiamo correntemente partecipando, prevede proprio la sperimentazione del metodo ora accennato e coinvolge importanti entità della rete italiana come GARR e CASPUR.

Sempre a riguardo dei sistemi P2P, così popolari nello scambio, spesso illegale, di file multimediali in rete, si può menzionare il fatto che essi siano stati utilizzati anche per la diffusione di stream su Internet. Non li abbiamo trattati nella nostra breve rassegna perché la loro latenza è, allo stato dell'arte, non inferiore ai 10 minuti, un tempo eccessivo per poter parlare di trasmissione in diretta [17] [18] [19]. Tuttavia l'inserimento in un overlay P2P di un congruo numero di seeders alimentati via satellite costituirebbe di fatto "l'iniezione di tempo reale nel sistema", come ci piace definirla, e potrebbe rappresentare un'ulteriore evoluzione dell'approccio da noi proposto. Per tale ragione, tra gli studi condotti nel nostro laboratorio, a fianco del lavoro di ricerca che continuiamo a svolgere su CHARMS, occupa oggi una importante posizione quello riguardante la sinergia tra satellite e P2P per la distribuzione di stream in tempo reale.

## 8. Conclusione

Come si è visto, nonostante l'esistenza di una discreta gamma di tecnologie per la trasmissione di audio e video in tempo reale su larga scala, il produttore di contenuti che desideri proporli ad un vasto pubblico deve muoversi in un mezzo ad elevata viscosità.

I progressi tecnologici ed architetture della rete Internet (ed in generale delle reti dati) sembrano offrire delle buone opportunità per superare i vincoli esistenti, riducendo i costi e agevolando l'accesso di nuovi fornitori.

Tuttavia la percezione pubblica di tali opportunità è, al momento e per alcuni aspetti, non aderente alla realtà. L'enorme successo di servizi come *YouTube* ha radicato nel vasto pubblico il convincimento che i problemi legati alla trasmissione di contenuti multimediali sulla rete Internet siano da tempo ampiamente superati. Al contrario, a chi abbia anche una minima cognizione delle reali condizioni di funzionamento di Internet, è sufficientemente chiaro che nella realtà la rete non è in grado di supportare trasmissioni di contenuti

---

multimediali che godano *simultaneamente* delle seguenti proprietà: 1) larga scala, 2) buona qualità video, 3) tempo reale 4) economicità.

Il LIIS (Laboratorio per l'Internetworking e l'Interoperabilità tra i Sistemi) sta studiando un sistema che promette, al minimo, di aggiungere un'ulteriore metodo a quelli già esistenti, e in prospettiva, di contribuire migliorare la situazione attuale sia dal punto di vista dei costi che da quello dell'accesso alla piattaforma di trasmissione.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Ferrero, G., “Ci scusiamo per l’interruzione: TV e libertà di informazione”, Melampo Editore, 2011, ISBN 9788889533543
- [2] Feltri, S., Tecce, C., “Il Muro Digitale: Il ministro Romani sta preparando la gara per la TV Digitale per bloccare i nuovi entranti”, *Il Fatto Quotidiano* del 20 maggio 2011, p.9.
- [3] Risultato dello studio “*Satellite Monitor*”, effettuato da “SES ASTRA” e riportato dal Sole24Ore dell’11 aprile 2011 (“L’Italia avanza nel digitale terrestre, ma anche il satellite è destinato ad aumentare”)
- [4] Zunini, R., “Gore: Sky chiude Current per colpa di Murdoch e B.”, *Il Fatto Quotidiano* del 20 maggio 2011, p.8.
- [5] <http://www.youtube.com/live>
- [6] Deering, S. (1989). Host extensions for IP multicasting, RFC 1112.
- [7] Hawkinson, J., Bates, T. (1996). Guidelines for creation, selection, and registration of an Autonomous System (AS), RFC 1930.
- [8] <http://www.livestream.com>
- [9] <http://www.liis.it>
- [10] <http://telecom.esa.int/telecom/www/object/index.cfm?fobjectid=10448>
- [11] <http://telecom.esa.int/telecom/www/object/index.cfm?fobjectid=682>
- [12] Campus Satellitare del Salento, <http://www.campusdelsalento.it>
- [13] F. Tommasi, E. Scialpi, A. De Rubertis "Multicast Security and Reliable Transport of Rekey messages via satellite", Book chapter in "Satellite Communications", ISBN 978-9533073385, 2011
- [14] F. Tommasi, A. Campa, A. De Ferraris, E. Scialpi, "The Campus Satellitare del Salento: A Large-scale Satellite Distance e-Learning Trial", EDEN Annual Conference 2007, 13-16 June 2007, Naples, Italy
- [15] Tommasi, F., C. Melle. “Large-scale terrestrial relaying of satellite broadcasted real-time multimedia streams”, *International Journal of Computer Networks & Communications* May 2011, Volume 3. Number 3
- [16] OpenSAT Relaying - Intervento cofinanziato dall’U.E. - F.E.S.R. sul P.O. Regione Puglia 2007-2013 - Asse I - Linea 1.1 “Aiuti agli investimenti in ricerca per le PMI”

- 
- [17] J. Li, “Peer-to-peer multimedia applications,” in *In Proc. of the 14th annual ACM international conference on Multimedia*, Santa Barbara, CA, USA, 2006, pp. 3–6.
- [18] R. J. Lobb, A. P. C. da Silva, E. Leonardi, M. Mellia, and M. Meo, “Adaptive overlay topology for mesh-based p2p-tv systems,” in *NOSSDAV '09: In Proc. of the 18th international workshop on Network and operating systems support for digital audio and video*. ACM, 2009, pp. 31–36.
- [19] N. M. Zapater and G. Bressan, “A Proposed Approach for Quality of Experience Assurance of IPTV,” in *In Proc. of International Conference on the Digital Society*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2007, pp. 25–30.