

## Il Ratto d'Europa: teatro alla velocità della luce

Alex Barchiesi Bruno Nati, Giancarlo Viola, Claudio Allocchio, Edoardo Angelucci, Paolo Bolletta, Marco Paniccia, Andrea Salvati, Elis Bertazzon, Federica Tanlongo, Carlo Volpe

*Consortium GARR*

**Abstract.** In questo articolo illustriamo la collaborazione tra Giorgio Barberio Corsetti e GARR per la realizzazione dello spettacolo “Il Ratto d’Europa” portato in scena al Romaeuropa Festival lo scorso novembre utilizzando tecnologie distrActive (Distributed & Interactive). Lo spettacolo ha sfruttato le tecnologie ottiche di rete per moltiplicare lo spazio scenico e riunificare luoghi distanti in un’unica rappresentazione digitalmente aumentata, mentre gli spettatori vivevano la performance da prospettive diverse nelle due sedi coinvolte. La tecnologia sottostante questo lavoro è una novità assoluta nel campo delle performing art e permette di trasmettere i segnali audio-video direttamente sulla fibra ottica senza utilizzare il livello IP: le sedi erano infatti interconnesse tra loro attraverso un percorso dedicato in cui la fibra è illuminata direttamente, permettendo di raggiungere davvero la velocità della luce, che sulla fibra ottica viaggia a circa 200mila chilometri al secondo.

**Keywords.** C-theatre, distrActive performance, network performance, lightspeed theatre, performance distribuita

### Introduzione

La pervasività delle connessioni a banda larga e le reti di telecomunicazione ad altissima capacità hanno cambiato il modo di fare ricerca, di imparare e di produrre cultura. Le arti performative non fanno eccezione alla regola. Al contrario, la disponibilità di tecnologie di comunicazione sempre più trasparenti e veloci inizia a produrre una vera rivoluzione nei settori da sempre legati all’*hic et nunc*. Teatro, danza e musica, vedono mutare il loro rapporto con lo spazio ed il tempo, la percezione del performer e dello spettatore viene radicalmente modificata dalle tecnologie di rete che permettono di unire luoghi distanti letteralmente alla velocità della luce.

Questa riflessione è uno dei punti di partenza del lavoro portato in scena ne “Il ratto d’Europa” dal noto regista Giorgio Barberio Corsetti all’ultimo Romaeuropa festival, grazie a una sperimentazione tecnologica targata GARR realizzata per la prima volta in questo settore. In queste pagine racconteremo gli aspetti tecnologici della sfida che abbiamo affrontato insieme agli artisti.

### 1. C-Theatre: l’emozione sulla fibra alla velocità della luce

L’esperimento è partito nel 2015 con l’idea di Corsetti di portare in scena “il Ratto di Europa” al Romaeuropa Festival 2016 utilizzando tecnologie di tipo distrActive (distributed and interActive) per la creazione di una performance distribuita in due sedi con altrettanti pubblici, che seguissero quindi ciò che avveniva in scena da diversi punti di vista. Le due sedi prescelte sono state l’Aula Ottagona delle Terme di Diocleziano e Palazzo Altemps, già collegate in fibra ottica alla rete GARR su richiesta della Soprintendenza Speciale per il Colosseo e l’area archeologica centrale di Roma.

La novità dal punto di vista tecnologico è stata la scelta di trasmettere i segnali audio-video direttamente sulla fibra ottica senza passare per il livello IP, realizzando un *lightpath* dedicato per la connessione delle due sedi: una novità assoluta nell’ambito di una performance artistica dal vivo.

La tecnologia scelta rappresenta un riuso creativo di elementi hardware disponibili a livello commerciale, ingegnerizzati in modo da

rendere l'esperienza dal punto di vista dei performer da un lato e del pubblico dall'altro quanto più possibile trasparente. L'obiettivo era rendere possibile l'utilizzo del sistema da parte del team teatrale senza la necessità di tecnici di rete a supporto, rendendo l'utilizzo di una telecamera remota o locale equivalente dal punto del regista e mantenendo la latenza introdotta da un attore remoto entri i 3 millisecondi, molto al di sotto quindi dalla soglia di percezione umana (50ms).

## 2. Sperimentazione e setup di rete

### 2.1 Cenni sulla infrastruttura ottica GARR

La rete GARR interconnette ad altissima capacità università, centri di ricerca, biblioteche, musei, scuole e altri luoghi in cui si fa istruzione, scienza, cultura e innovazione su tutto il territorio nazionale.

È un'infrastruttura in fibra ottica che utilizza le più avanzate tecnologie di comunicazione e si sviluppa su circa 15.000 km tra collegamenti di dorsale e di accesso. Oggi la capacità delle singole tratte della dorsale e quella di alcuni collegamenti di accesso arriva a 100 Gbps. A livello fisico, la rete è costituita quasi interamente da tratte in fibra spenta che interconnettono tra loro i PoP della rete e questi alle numerose sedi (ad oggi circa un migliaio). Solo nei casi in cui la fibra non sia disponibile e non siano richieste grandi capacità di banda sono utilizzate tecnologie alternative per l'interconnessione di sedi periferiche. La rete ha inoltre un livello trasmissivo e un livello IP/MPLS, progettati, operati e gestiti interamente in-house da personale specializzato GARR.

Le reti ottiche sono infrastrutture basate su fibra ottica, nodi trasmissivi (all'interno dei qua-



Fig. 1 Con le tecnologie di tipo "Distr-Active" è possibile frammentare lo spazio teatrale (foto: O. Nigris Cosattini)

li i segnali luminosi sono generati, multiplati e trasmessi) e amplificatori posizionati lungo le fibre allo scopo di rigenerare i segnali permettendogli di raggiungere il nodo di destinazione. La sperimentazione de “il Ratto d’Europa” ha operato su questo livello, trasmettendo i segnali audio-video direttamente sulla fibra ottica senza passare per il livello IP, normalmente utilizzato da questo tipo di applicazioni, attraverso un lightpath (ovvero una connessione ottica diretta punto-punto) tra le delle due sedi. In questo principalmente è racchiusa l’innovatività della sperimentazione, che costituisce una novità assoluta per il settore.

### 2.2 La sperimentazione

Per il setup sono stati utilizzati dispositivi LYNXTechnik, concepiti per la realizzazione di collegamenti audio/video punto-punto unidire-

è stata condotta con l’obiettivo di valutare due aspetti fondamentali: l’interoperabilità tra i dispositivi LYNXTechnik, PDM 1383 e gli apparati trasmissivi Huawei OpTix 8800 in esercizio sulla rete GARR e la valutazione del ritardo sperimentato da un flusso audio/video su un collegamento veicolato su un’infrastruttura trasmissiva ad estensione geografica.

### 2.3 Fase 1: la compatibilità con l’infrastruttura GARR

Il test iniziale, mirato a verificare l’interoperabilità dei dispositivi LYNXTechnik con l’infrastruttura trasmissiva GARR, è stato condotto tra gli apparati di due PoP urbani della rete GARR, definendo sulla rete trasmissiva Huawei un nuovo servizio (trail client) con framing HD-SDI, terminato sulle porte client dei due apparati. Un segnale ottico è stato iniettato sull’apparato tra-

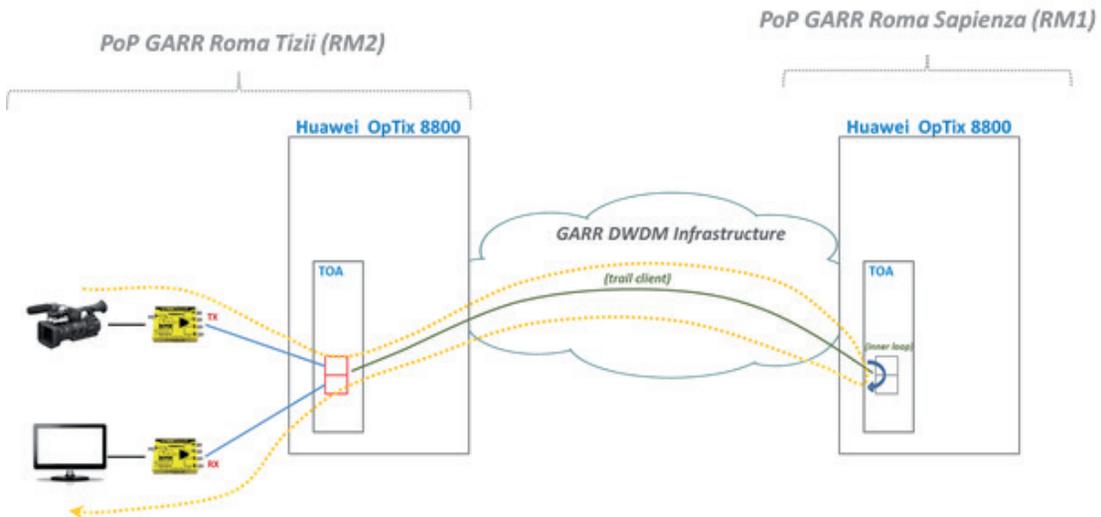


Fig. 2 Ambiente di test

zionali, che elaborano i segnali A/V generati da una telecamera e li trasformano in un segnale ottico ad una determinata frequenza, compatibile con lo standard CWDM, utilizzato sulla rete GARR. In ricezione è operata la trasformazione inversa, con la decodifica del segnale ottico proveniente dalla rete e la sua trasformazione in segnali A/V inviati rispettivamente ad un diffusore audio e un monitor.

La sperimentazione della trasmissione dei segnali audio/video sulla rete trasmissiva GARR, effettuata su due PoP urbani della rete GARR,

smisivo di uno dei PoP e estratto dopo un round trip, misurando un ritardo di circa 3ms. Il trail client è stato incapsulato in un ODU1 (Optical Data Unit da 2,448 Gbps), trasportato all’interno di un ODU2 (10Gbps) definito tra gli apparati trasmissivi dei due PoP coinvolti nel test.

La misura delle prestazioni è stata valutata mettendo a confronto la traccia audio trasmessa, con la stessa traccia ricevuta dalla rete. Il confronto è stato fatto utilizzando l’applicazione di audio editing Audacity, ed il ritardo misurato è dell’ordine dei 3ms.

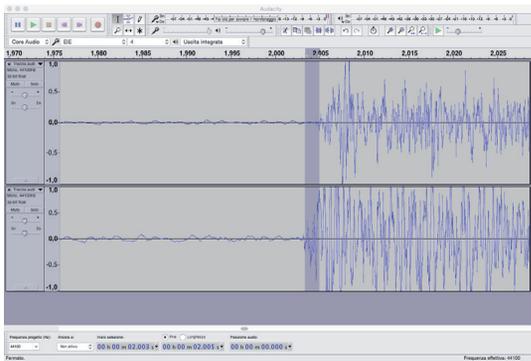


Fig. 3 Il ritardo della trasmissione audio: delay misurato nella configurazione “back to back” (zoom sul tempo  $2\pm 1\text{ms}$ )

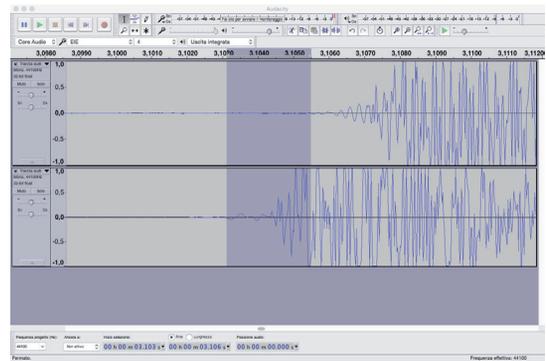


Fig. 4 Il ritardo della trasmissione audio: delay misurato nella configurazione che prevede una distanza di 300 Km (zoom sul tempo  $3\pm 2\text{ms}$ )

## 2.4 Fase 2: l'architettura appropriata e le prestazioni

Appurata la compatibilità tra i due apparati, il secondo stadio della sperimentazione ha previsto lo studio, implementazione e test di un'architettura di rete che coinvolgesse le due sedi prescelte. I requisiti della rappresentazione rendevano necessaria la disponibilità di due canali audio/video bidirezionali tra palazzo Altempis e

la sala Ottagona, che sono stati mappati su due canali ottici distinti, ottenuti moltiplicando due diverse lunghezze d'onda sulla fibra ottica di accesso al PoP GARR di Roma al quale entrambe le sedi sono collegate, mentre una terza è stata utilizzata per garantire la continuità del servizio di accesso IP alle due sedi durante l'evento. Il disegno di rete (illustrato di seguito nella fig. 5) ha quindi coinvolto in totale quattro siti:

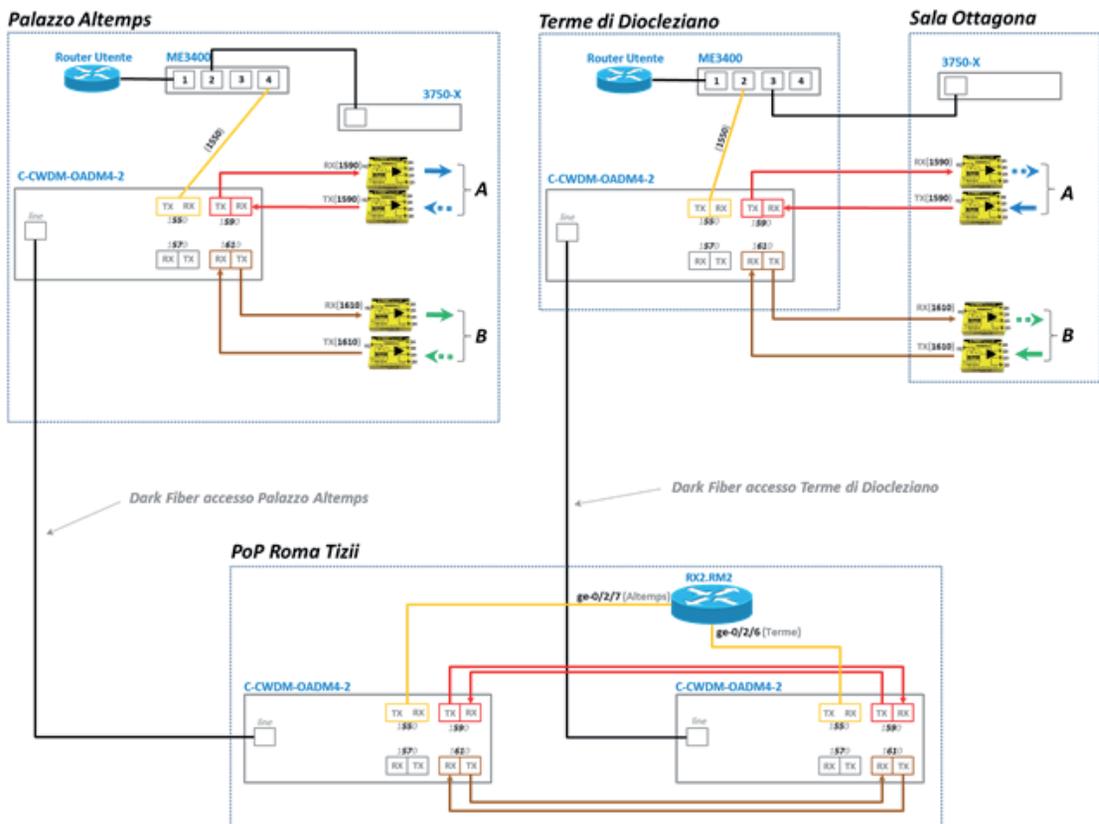


Fig. 5 Configurazione di rete per lo spettacolo “Il Ratto d’Europa”

- Sala Ottagona delle Terme di Diocleziano, sede della rappresentazione teatrale;
- Museo delle Terme di Diocleziano, sede di arrivo del collegamento urbano in fibra ottica spenta;
- Palazzo Altemps, sede della rappresentazione e, contemporaneamente, sede di arrivo del collegamento urbano in fibra ottica spenta;
- PoP GARR di Roma Tizii.

L'implementazione del modello di rete prescelto richiede la disponibilità di fibra ottica spenta single mode tra le sedi da collegare, un requisito vincolante per moltiplicare segnali ottici tra sedi urbane con tecnologia CWDM.

Le fibre ottiche di accesso che collegano Palazzo Altemps e Terme di Diocleziano al PoP GARR di Roma Tizii, essendo collegamenti utilizzati in ambito urbano, sono Single Mode, pertanto nessun intervento era richiesto su queste tratte; è stato invece necessario posare un cavo in multifibra tra la Sala Ottagona e la sala CED del Museo delle Terme di Diocleziano, e un altro all'interno del palazzo Altemps, per avere la disponibilità di fibra single mode sull'intero percorso.

Attraverso l'apparato CWDM presso il Museo delle terme di Diocleziano, i due segnali ottici relativi ai canali audio/video (1590nm e 1610nm) sono stati moltiplicati sulla fibra ottica di collegamento della sede al PoP GARR, dove una coppia di apparati CWDM operano il demultiplexing delle due lambda provenienti al collegamento con la sede Terme di Diocleziano, e la successiva moltiplicazione delle stesse lunghezze d'onda sulla fibra che collega il PoP con Palazzo Altemps. L'apparato CWDM installato in questa sede opera la demultiplicazione del segnale ottico, estraendo le due lunghezze d'onda che poi sono opportunamente decodificate e inviate a diffusori audio e video (proiettori, schermi ecc).

Gli apparati utilizzati per la moltiplicazione dei segnali ottici sono dei mux/demux CWDM Smartoptics (C-CWDM-OADM4-2) a quattro canali dello spettro CWDM, installati nelle rispettive sale CED di Terme di Diocleziano e Palazzo Altemps, e nel PoP GARR di Roma Tizii. Nelle sedi era anche presente una connessione

IP, usata a scopo di servizio.

### 3. Il Setup audio e video

Definito il setup della rete, si è passati alla progettazione di una configurazione adeguata alle esigenze di acquisizione e trasmissione degli stream audio e video nelle due location. Questa attività ha visto impegnato personale GARR, il referente tecnico della compagnia teatrale e il personale della società Network Electronics Company, concessionaria italiana della tecnologia Yellowbricks LYNXTechnik (<http://www.lynx-technik.com>).

I requisiti dello spettacolo includevano l'utilizzo del software di video mapping e gestione di spettacoli interattivi Millumin (<http://www.millumin.com/v2/index.php>), capace di collezionare stream video dal vivo o registrati ed elaborarli in una singola frame fino a 4K (3840x2160). Una timeline si preoccupa quindi di distribuire e mappare le sequenze che possono poi essere inviate in tempo reale a uno o più proiettori o schermi.

Gli stream video coinvolti nella performance erano:

- 4 segnali live FullHD (1920 x 1080 30fps) da 4 videocamere, due presso Palazzo Altemps e due presso Aula Ottagona.

- 3 contributi video registrati, dei quali 2 FullHD (1920 x 1080 30fps) e uno a 1280 x 720 30fps.

A questi si aggiungevano 4 flussi audio.

Per quanto riguarda i dispositivi di output, nella sede di Aula Ottagona erano presenti 3 proiettori e relativi schermi, uno invece a Palazzo Altemps. Al fine di limitare la latenza introdotta dalle schede di acquisizione video, il segnale locale FHD-SDI sono stati inviati direttamente ai dispositivi LYNXTechnik per essere trasmessi nella location remota. A tal fine è stato utilizzato uno splitter SDI, capace di suddividere i segnali ed inviarli da un lato agli apparati LYNXTechnik e dall'altro a un MacPro dotato di 6 ingressi thunderbolt e 4 USB3, che ha permesso di raccogliere tutti i segnali in ingresso senza l'uso di un dispositivo quad split, una soluzione che si era rivelata meno efficiente in sede di sperimentazione.

La sede di Palazzo Altemps ha richiesto una

configurazione simile, ma leggermente semplificata per la presenza di un solo proiettore: in questo caso, è stato utilizzato un mixer video per la regia dei flussi video e del proiettore.

La gestione dei flussi audio è stata demandata ad un Service. I flussi audio sono stati ricavati dalle 4 uscite e 4 ingressi analogici XLR di ciascun PDM 1383. (vedi fig.6)

#### 4. Risultati e prospettive future

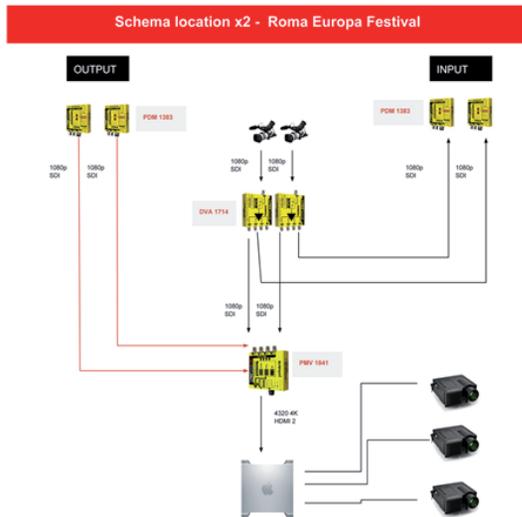


Fig. 6 Configurazione di sala per "Il Ratto d'Europa"

"Il Ratto d'Europa" ha riscosso molto interesse sul piano artistico e registrato il tutto esaurito nelle 4 serate in cui è stata rappresentata. Ma l'esperienza è stata un successo anche sotto l'aspetto tecnologico, avendo dimostrato che disponendo di una rete in fibra ottica su scala urbana (50-80 Km) è possibile realizzare una performance distribuita letteralmente in tempo reale, il tutto senza necessità di supporto tecnico di rete dedicato e con una spesa relativamente contenuta, dal momento che i dispositivi selezionati non sono molto costosi.

Allo stato dell'arte, è possibile utilizzare fino a 16 canali video e ben 64 canali audio analogici su una singola coppia di fibre, senza andare ad influire sul funzionamento del normale traffico dati, quindi questa tecnologia apre davvero molte possibilità dal punto di vista creativo.

Uno scenario futuro è l'estensione della spe-

rimentazione su scala geografica. Al livello trasmissivo, infatti i ritardi sono nell'ordine di 1ms per ogni 100 km (one-way delay), più due ulteriori ms per l'entrata e l'uscita del segnale. Dato che 50ms è il ritardo minimo percepibile dall'uomo, in linea di principio sarebbe possibile una interazione in tempo reale come in presenza nel raggio di poco meno di 5.000 km: per farci un'idea, sarebbe ad esempio fattibile una performance distribuita tra due sedi qualunque in Europa purché dotate di un collegamento adeguato.

Ovviamente la complessità in questo modo aumenterebbe per il fatto di dover lavorare in ambiente multidominio, ma è proprio qui che la sfida diventa più interessante.

Il passo successivo che una tecnologia di questo tipo permette è l'upgrade al 3D - video, possibile raddoppiando i flussi e curandone l'allineamento e la sincronizzazione in fase di riproduzione senza menzionare gli sviluppi legati alla diagnostica remota se ci si sposta in ambito medico.

Quello presentato rappresenta un approccio alternativo rispetto a quello del sistema LOLA (<http://www.conservatorio.trieste.it/art/ricerca/progetto-lola-low-latency>), che utilizza invece il livello IP della pila ISO/OSI un altro fronte di sperimentazione potrebbe essere quindi la commistione dei due sistemi, con un'infrastruttura che lavori a livello 2 e a livello 3 laddove non sia possibile ottenere delle lambda su cui trasmettere direttamente.

Claudio Allocchio

[claudio.allocchio@garr.it](mailto:claudio.allocchio@garr.it)



Claudio Allocchio ha studiato Astrofisica e Fisica delle Particelle Elementari all'Università di Trieste, ma anche musica (Pianoforte) al Conservatorio. Nel 1985 ha iniziato ad occuparsi di reti di calcolatori presso il CERN, ritornando a Trieste nel 1988. È stato uno dei fondatori del GARR, ed ha diretto il progetto COSINE Mail Gateway Services all'inizio degli anni '90, realizzando il primo servizio globale di mail.

Per 11 anni è stato anche il presidente della Naming

Authority Italiana (organismo che ha regolato il dominio ".it") ed ora fa parte del Comitato di Indirizzo del "Registro .it". Membro di IETF dal 1991, è ora il responsabile dell'Applications Area Directorate. Al GARR è il Coordinatore per il Servizi Applicativi Avanzati, ed uno dei creatori di LOLA, il sistema di videoconferenza ultraveloce.

**Edoardo Angelucci**

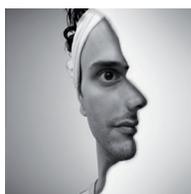
[edoardo.angelucci@garr.it](mailto:edoardo.angelucci@garr.it)



Edoardo Angelucci ha oltre 7 anni di esperienza come specialista hardware. Fa parte del team dei system administrator GARR, dove si occupa tra l'altro del supporto a eventi multimediali, supporto utenti e gestione hardware e del software. Le sue competenze includono la conoscenza dei protocolli h.323 e SIP, sistemi multimediali, protocolli e applicazioni di videostreaming.

**Alex Barchiesi**

[alex.barchiesi@garr.it](mailto:alex.barchiesi@garr.it)



Alex Barchiesi ama definirsi un "fisico creativo". PHD in Fisica delle Particelle e ricercatore al CERN nell'ambito dell'esperimento ATLAS, professore associato presso l'Accademia di Belle Arti di Roma e EPFL, il suo lavoro artistico è stato presentato in vari centri di prestigio in Europa tra cui l'IRCAM di Parigi e l'Auditorium Parco della Musica di Roma e ha ricevuto riconoscimenti internazionali. Al momento lavora presso il dipartimento Calcolo e Storage Distribuito del GARR, dove segue tra l'altro la comunità delle arti performative.

**Elis Bertazzon**

[elis.bertazzon@garr.it](mailto:elis.bertazzon@garr.it)



Elis Bertazzon ha una MAs in Relazioni Internazionali presso l'Università di Trieste e un diploma di laurea in Comunicazione Istituzionale presso l'Università di Strasburgo. È entrata nel 2016

a far parte del team di comunicazione e le relazioni esterne GARR portando la sua esperienza nei campi di advocacy, comunicazione istituzionale, sviluppo e attuazione di strategie di comunicazione e relazioni con i media sia nel settore privato che no-profit.

**Paolo Bolletta**

[paolo.bolletta@garr.it](mailto:paolo.bolletta@garr.it)



Paolo Bolletta è laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni ed è diventato ricercatore presso la Fondazione Ugo Bordoni nel 2009. Fa parte dello staff GARR dal 2011, quando ha

iniziato come ingegnere di rete al NOC, per poi spostarsi su altri temi relativi all'infrastruttura di rete ottica e IP/MPLS, tra cui commissioning e delivery e la progettazione e procurement della rete ottica. Ha recentemente partecipato a un gruppo di lavoro per la sperimentazione delle "lambda aliene".

**Bruno Nati**

[bruno.nati@garr.it](mailto:bruno.nati@garr.it)



Bruno Nati ha una laurea in Tecnologie della Comunicazione Audiovisiva e Multimediale. Ha iniziato nel 2002 ad occuparsi di tecnologie didattiche della produzione di contenuti multimediali per le scuole. Dal 2008 fa parte del

GARR, dove si occupa di comunicazione web e multimedia. Ha partecipato alla realizzazione di progetti di formazione e-learning, alla produzione di contenuti multimediali educativi e ad attività di tutoring. Il suo interesse per le tecnologie educative lo ha portato a lavorare sulle tecniche di streaming e di trasmissione audiovisivi dal vivo per GARR e gli eventi della comunità dei suoi utenti. Bruno progetta e gestisce vari canali web GARR e si occupa di produzione e post-produzione di contenuti e prodotti audiovisivi.

**Marco Paniccia**

[marco.paniccia@garr.it](mailto:marco.paniccia@garr.it)



Marco Paniccia si è laureato in Scienze Politiche presso l'Università di Roma "La Sapienza" e si occupa da 20 anni del disegno e della realizzazione di siti web e materiale informativo vario, cartaceo e digitale, statico e dinamico.

Da un anno e mezzo, per conto del GARR, lavora alla comunicazione web attraverso il portale ed i vari siti del Consortium e delle riprese video di conferenze, workshop ed eventi vari della comunità GARR.

Nel tempo libero coltiva la passione per la grafica 3d e la fotografia.

**Andrea Salvati**

[andrea.salvati@garr.it](mailto:andrea.salvati@garr.it)



Andrea Salvati ha iniziato la sua attività presso GARR nel 2000. Fa parte del Gruppo Operations di GARR, che si occupa dell'installazione e manutenzione degli apparati trasmissivi DWDM e dei router della rete GARR basata su tecnologie ottiche. Fa inoltre parte del Gruppo Planning che si occupa dell'analisi delle richieste di connettività e servizi da parte degli utilizzatori, e della successiva progettazione delle infrastrutture di rete per rispondere alle loro esigenze.

**Federica Tanlongo**

[federica.tanlongo@garr.it](mailto:federica.tanlongo@garr.it)



Federica Tanlongo ha un master in di secondo livello in ICT, New Media e Comunicazione conseguito presso l'Università di Roma "la Sapienza". È con il GARR dal 2004 dove coordina l'unità di Relazioni Esterne e Comunicazione. Esperta di comunicazione tradizionale, web e multimediale e divulgazione tecnico-scientifica, ha partecipato a numerosi progetti internazionali occupandosi sia di aspetti di comunicazione e formazione che manageriali.

**Giancarlo Viola**

[giancarlo.viola@garr.it](mailto:giancarlo.viola@garr.it)



Giancarlo Viola è nato a Cosenza nel 1971. Dopo aver frequentato le scuole superiori in Calabria, si è trasferito a Pisa per frequentare la Scuola di Ingegneria delle Telecomunicazioni, dove si è laureato nel 2001. Ha iniziato la sua carriera nel 2002 con Infotel Italia, dove ha lavorato per due anni come tecnico di rete IP tecnico. Nel 2003 arriva a Ericsson, dove ha ricoperto la carica di progettista di rete IP per quattro anni. Attualmente è Senior network Engineer presso GARR, dove ha cominciato a lavorare a partire dal 2007.

**Carlo Volpe**

[carlo.volpe@garr.it](mailto:carlo.volpe@garr.it)



Carlo Volpe è entrato a far parte dal 2007 dell'Ufficio Relazioni Esterne e Comunicazione del GARR, dove lavora alle attività di comunicazione e di relazione con gli utenti istituzionali. Si occupa in particolare di relazioni con i media, concept e progettazione grafica di materiali informativi e promozionali, nonché di web writing, social media ed eventi istituzionali.