

3.1.4 Progetto QIP-Quality over IP (Fastweb-ISCOM-FUB)

Il progetto QIP è nato da una collaborazione fra Fondazione Bordini, FastWeb e ISCOM, finalizzata alla determinazione di nuove strategie di controllo della qualità per un servizio IP-TV.

Il committente (FastWeb) ha incaricato ISCOM di sviluppare, avvalendosi della collaborazione della Fondazione Bordini, una ricerca che permettesse di determinare una strategia di misurazione della qualità del servizio percepita dall'utente finale per il servizio TV, erogato utilizzando un collegamento IP.

L'attività è stata svolta nell'arco di un anno (gennaio 2005 – dicembre 2005) e si è articolata in due fasi della durata di sei mesi l'una. La prima fase ha comportato lo studio teorico delle problematiche connesse e la messa a punto di un test-bed in grado di simulare un contesto del tutto identico a quello con cui gli utenti di FastWeb hanno accesso al servizio IP-TV. Nella seconda fase sono state simulate delle condizioni di degrado del servizio ed è stata misurata la qualità percepita dall'utente finale. Le simulazioni sono state effettuate sulla base di modelli di perdita di pacchetti IP così come indicato dal committente e comunque largamente eccedenti i casi realmente misurati nel normale esercizio.

Durante la prima fase le attività hanno portato alla realizzazione del test-bed e di uno strumento di simulazione di degrado di un servizio IP, in grado di simulare con la massima precisione i modelli di perdita indicati dal committente. Il test-bed era composto da un server IP, un Set-Top-Box (STB) per la ricezione di IP-TV, un sistema di acquisizione delle immagini video ricevute dal STB e un simulatore di degrado del servizio (realizzato con il nuovo strumento).

La seconda fase ha permesso di acquisire circa 120 sequenze TV (della durata di un minuto) degradate secondo i modelli di perdita di pacchetti IP indicati dal committente; le sequenze acquisite sono state sottoposte a prove soggettive formali.

Le prove soggettive sono state eseguite utilizzando una nuova procedura di test progettata per il caso specifico di valutazione della qualità globale del servizio. La nuova procedura si basa su una variazione di un metodo per valutazione di sequenze video

standardizzato dall'ITU-R⁸, realizzata con lo scopo specifico di ottenere indicazioni sulla percezione (da parte di utenti standard) della "qualità del servizio" osservata.

Il lavoro si è concluso effettuando una analisi basata sul confronto fra i risultati delle prove soggettive formali e i modelli di perdita di pacchetti IP.

Questo confronto ha permesso di formulare una "funzione logistica" che associa la tipologia di ciascun modello di perdita (misurabile presso il STB di ciascun utente finale) ad un livello di qualità soggettiva percepita dall'utente finale. Tale funzione logistica, assente fino ad ora nella corrente letteratura scientifica e normativa, permetterà di migliorare il controllo della qualità del servizio IP-TV attraverso la sola verifica dei dati ricevuti dai STB degli utenti finali, relativi alle perdite di pacchetti IP. Si prevede di sottoporre i risultati del lavoro svolto ad enti di normativa internazionale, al fine di standardizzare la "funzione logistica" frutto dell'attività di ricerca.

3.1.5 Le attività sulle reti a larga banda

Nell'ambito della larga banda, la Fondazione Ugo Bordoni ha svolto sia un continuo confronto tra le tecniche di accesso in termini di prestazioni, costi e adattabilità al luogo di impiego che un'azione di monitoraggio sulla crescita e sulla distribuzione degli accessi. In questo capitolo riportiamo le attività che hanno riguardato le reti in rame e in fibra ottica, mentre le attività sulle reti radio sono riportate nel capitolo 3.

- **Considerazioni sulla evoluzione delle infrastrutture per la larga banda in Italia.**

In questo paragrafo riportiamo alcune considerazioni fatte dalla FUB sull'evoluzione delle infrastrutture per la larga banda, basate sulle esperienze riportate nel precedente paragrafo (tecniche wired), in quello 3.1.6 (optical wireless) e del capitolo 3.2 (reti wireless).

⁸ ITU-R: International Telecommunication Union – Radio Communication Sector; Recommendation ITU-R BT 500

In Italia, ad oggi, la tecnologia ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) rappresenta quella più largamente diffusa ed è disponibile in tutti i capoluoghi di provincia e nella stragrande maggioranza dei comuni con più di 10.000 abitanti.⁹

Le evoluzioni di tale tecnologia, appartenenti alla famiglia xDSL, consentono di raggiungere capacità di gran lunga superiori a quelle consentite con modalità convenzionale su doppino, ma con prestazioni che dipendono significativamente dalla qualità e dalla lunghezza del doppino telefonico e dagli effetti della paradiafonia indotti da sistemi trasmissivi utilizzando lo stesso settore di cavo. Nella tabella che segue sono riassunte le principali caratteristiche di questa famiglia.

Prestazioni di tecniche xDSL

Tipo di DSL	Massima capacità			Massima distanza	
	Max Upstream (da utente a centrale)	Max Downstream (da centrale a utente)	Distanza	Downstream	Max Distanza
ADSL	800 kbps	8 Mbps	1500 m	1,5 Mbps	6000 m
HDSL	1,54 Mbps	1,54 Mbps	3650 m	1,54 Mbps	3650 m
SDSL	2,048 Mbps	2,048 Mbps	6700 m	2,048 Mbps	6700 m
ADSL2	3,5 Mbps	12 Mbps	1500 m	3 Mbps	4500 m
ADSL2+	3,5 Mbps	24 Mbps	300 m	12 Mbps	2000 m
VDSL	16 Mbps	52 Mbps	500 m	20 Mbps	1500 m

⁹ Aggiornando i dati al 2006 possiamo dire che a giugno 2006 l'Italia aveva 7352 mila accessi a larga banda (saranno circa otto milioni a fine del 2006), collocandosi al quarto posto in Europa dopo Germania, Francia e Gran Bretagna.

L'ADSL è quella che è stata ad oggi maggiormente installata. L'SDSL (Symmetrical Digital Subscriber Line) e l'HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line) sono sistemi simmetrici, che sono disponibili anche su 2 o 3 doppini, generalmente rivolti all'utenza business. L'ADSL2 e l'ADSL2+ sono i nuovi standard verso cui tutti i provider stanno migrando e garantiscono prestazioni migliori rispetto all'ADSL. Oggi l'ADSL2+ permette di diffondere la larga banda con una capacità in grado di fornire all'utenza servizi basati sulla IPTV, anche per lunghe tratte di doppino; questo è un aspetto strategico fondamentale, in quanto dal punto di vista tecnico, questo tipo di larga banda può essere fornita a tutte le utenze che hanno un lungo doppino (che può raggiungere anche qualche chilometro), e quindi in tutte le abitazioni, anche in zone rurali, che distano 2 o 3 chilometri dalla centrale. Il problema del digital divide potrà così essere risorto, tranne rarissimi casi (1 o 2% della popolazione), tramite una connessione della centrale alla dorsale con un collegamento ad alta capacità (centinaia di Mb/s che potranno esser forniti da una connessione in fibra ottica o wireless ottico-radio) e con equipaggiamenti nella centrale in termini di apparati DSLAM¹⁰. Occorre precisare che anche per l'ADSL2 e ADSL2+ possono essere utilizzati più doppini per raggiungere una banda equivalente pari alla somma di quella dei singoli doppini.

Anche se l'ADSL2+ mostra fantastiche prestazioni, oggi c'è già molto interesse verso il VDSL¹¹, che viene già visto come l'accesso dei 50 Mb/s, anche se su brevi distanze (centinaia di metri). E' quindi una tecnologia che risulta particolarmente interessante per le aree più densamente popolate dove i costi per portare la fibra fino agli armadi di ripartizione sono compatibili con i volumi di traffico che saranno poi utilizzati.

Tra le tecniche in rame meritano attenzione quelle basate sulla trasmissione del segnale attraverso la rete elettrica, tecniche denominate Power Line Communication (PLC). Tali tecniche risultano molto promettenti specialmente per la diffusione della larga banda in

¹⁰ o dei più moderni ISAM.

¹¹ Il VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line) è quello che consente di raggiungere le più alte capacità. Per il VDSL sono previsti diversi profili con share diverso fra up e downstream. Oltre al VDSL oggi è anche disponibile il VDSL2 che può arrivare fino a 300 Mb/s a 300 m. Il VDSL e il VDSL2 sono stati standardizzati nel 2006 adottando come unica tecnica di modulazione il DMT.

ambiente indoor e in particolare in ambito domestico per diffondere il segnale da un punto di accesso a tutti gli ambienti utilizzando le prese della corrente. Uno dei principali problemi per queste tecniche è comunque la mancanza di una garanzia della QoS in quanto il canale trasmissivo, specialmente nei vecchi impianti, non è facilmente controllabile.

Anche se il rame rimarrà per alcuni anni ancora il mezzo fisico più diffuso per la larga banda, sicuramente la fibra ottica, anche in area di accesso, avrà una penetrazione sempre più diffusa, avvicinandosi sempre più alla casa dell'utente e può essere considerata come una tecnologia a prova di futuro, particolarmente quando il numero di utenti e la banda richiesta satureranno l'attuale rete in rame. Al momento la sua diffusione in area di accesso è stata limitata a zone urbane densamente popolate, essenzialmente per i suoi alti costi di installazione confrontati con le attuali esigenze di banda degli utenti.

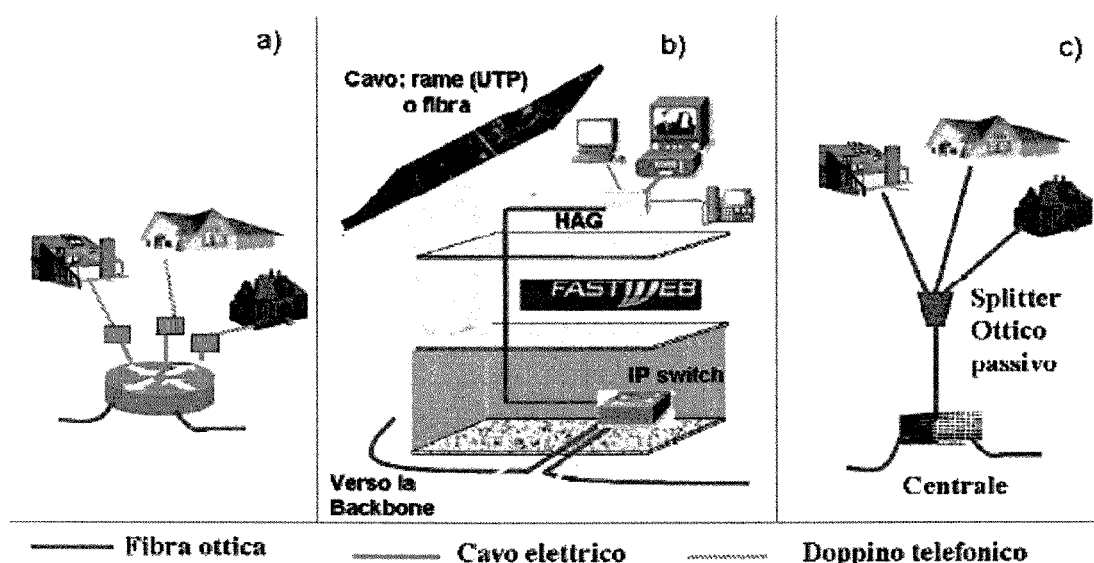
Con l'incremento dei servizi IP-TV, prevista per il 2006, e con un interesse sempre maggiore verso la TV ad alta definizione le esigenze in termini di fibre ottiche saranno sempre più impellenti. La fibra ottica ben si adatta ad essere integrata con altri dispositivi per l'accesso che garantiscono una banda altissima su brevi distanze (centinaia di metri). Ecco quindi lo sviluppo di architetture basate sul portare la terminazione della fibra in prossimità degli edifici (Fiber to the Curb, FTTC) o dentro l'edificio (Fiber to the Building, FTTB) per giungere poi all'utente mediante tecniche in rame (connessione con cavo UTP o doppino) o radio (Wi-Fi). Con la diffusione delle tecniche GPON, appaiono molto rilevanti le tecniche Fiber to the User (FTTU).

In questo panorama un'architettura molto interessante è quella basata sull'utilizzo del VDSL con un DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, dispositivo localizzato nelle centrali che permette di inviare nei doppini il segnale in formato DSL) inserito in un punto di accesso connesso in fibra, a cui le utenze sono connesse con doppini non più lunghi di 300 o 400 metri.

Oggi le architetture in fibra in area metropolitana sono essenzialmente basate sull'utilizzo di dispositivi per l'instradamento del traffico (Router) sempre più intelligenti, economici e soprattutto in grado di garantire la qualità del servizio.

Per la trasmissione in fibra è prevalentemente utilizzata la tecnica Gigabit Ethernet che risulta essere assai economica in termini di costo per bit e che ben si sposa con il protocollo IP. Per il futuro si prevedono architetture sempre più basate sulla presenza di dispositivi ottici passivi; un esempio è dato dalle reti Passive Optical Network (PON) costituite da una topologia ad albero in cui il segnale dalla centrale all'utenza rimane sempre a livello ottico.

L'evoluzione dell'accesso in fibra



a) FTTC la fibra arriva nelle vicinanze delle abitazioni e la larga banda è diffusa con tecniche xDSL (ad alta capacità, es. VDSL), b) FTTB-FTTH la fibra arriva nell'edificio e l'informazione è portata nelle abitazioni tramite cavi in rame (doppino, UTP) o fibre ottiche (in vetro o in plastica). Una delle future architetture in fibra è quella delle reti ottiche passive (Passive Optical Network), in cui l'informazione è trasportata da una fibra che dalla centrale si ramifica utilizzando solo dispositivi passivi e a basso costo, c).

Dal confronto tra le tecniche per la larga banda (incluso anche le reti radio come il Wi-Fi e il WIMAX) si rileva ancora una certa incertezza sui modelli di *business*. La tendenza è cercare di abilitare nuovi servizi in grado di migliorare la soddisfazione del cliente e, quindi, generare volumi di ricavi sufficienti per adeguati ritorni sugli investimenti, diminuire le spese di gestione operativa attraverso una maggiore efficienza

nell'utilizzazione delle risorse di rete e attraverso lo sviluppo di soluzioni a basso costo flessibili e scalabili.

E' quindi necessario sottolineare che anche se nell'ambito di ciascuna specifica tecnologia si presentano ancora oggi interessanti sfide (e.g. aumento della copertura, della capacità, dell'efficienza di utilizzo dello spettro radio, garanzia di sicurezza e qualità di servizio per favorire la diffusione effettiva dei servizi a larga banda) è generalmente condivisa l'idea che nessuna singola tecnologia wireless or wired in banda larga diventerà predominante o onnipresente, ma si tenderà verso una struttura di rete eterogenea, in cui il paradigma IP sarà sempre più dominante.

Sarà quindi sempre più importante sviluppare nelle reti nuovi nodi aggregatori di traffico e sistemi di trasporto basati su IP per sfruttare a pieno la moltiplicazione statistica propria delle reti a pacchetto, ma con possibilità di gestione del traffico in modo differenziato, consentire una ottimizzazione delle risorse di rete utilizzate e quindi una riduzione dei costi di esercizio, sviluppare innovativi sistemi di gestione capaci di supportare l'evoluzione verso architetture di rete più complesse che includono diverse tecnologie. A tale scopo sarà necessario porre il massimo sforzo a livello di standardizzazione, regolamentazione e coordinamento per individuare una piattaforma comune di convergenza, in cui il fisso ed il mobile, il wireless ed il wired possano operare in una sinergia sempre più spinta per consentire l'utilizzo di servizi tradizionali ed avanzati indipendentemente dalla modalità di accesso.

Concludendo possiamo dire che la presenza delle nuove tecniche xDSL, la diffusione della tecnologia Ethernet, i sistemi ottici in aria libera e l'ingresso del WI-MAX dovrebbe poter permettere una copertura totale per la larga banda (oggi al 90% della popolazione) con costi decisamente più bassi rispetto a quelli stimati da Between nel 2004 (intorno ai 3 miliardi di Euro). Per l'abbattimento del Digital Divide occorre sottolineare l'attività che sta svolgendo INFRATEL per la cablature delle zone più disagiate.

Occorre inoltre osservare che la sempre più pervasiva diffusione del WDM anche a livello metro, grazie anche ai bassi costi dei sistemi CWDM, fa intravedere delle grandi potenzialità per il frequency trading a livello ottico e cioè l'affitto delle lunghezze d'onda in una fibra ottica.

Proprio in funzione di questa condivisibilità delle fibre ottiche da parte di enti diversi, ai fini di sfruttare al meglio le infrastrutture già presenti, sarebbe opportuno realizzare un Catasto Nazionale delle Fibre Ottiche presenti sul nostro territorio.

- **Il monitoraggio degli accessi a larga banda**

Per quanto riguarda l'attività di monitoraggio degli accessi a larga banda, la FUB ha supportato il Ministero delle Comunicazioni nelle attività di conteggio degli accessi che provenivano dal contributo statale. Per il Ministero delle Comunicazioni la Fondazione Ugo Bordoni ha elaborato diversi studi statistici riguardanti la distribuzione degli accessi sul territorio nazionale, la diffusione delle diverse tecnologie e con confronti fatti con la EU e altri paesi che primeggiano nel mondo in questo settore. Per maggiori dettagli su questa attività di analisi statistica si rimanda al capitolo 3.6.

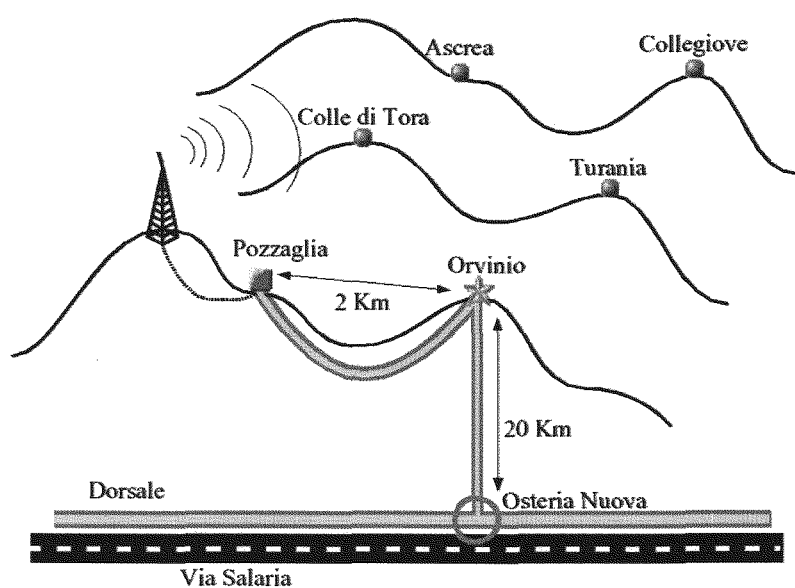
- **La diffusione della larga banda nel territorio. Case Study: ipotesi di diffusione in Alta Sabina**

La FUB ha effettuato delle analisi sulle possibili soluzioni per introdurre la larga banda nelle zone non ancora raggiunte da questo servizio, attraverso varie tecnologie e infrastrutture. Alcuni esempi sono riportati nel cap. 3.2 per quanto riguarda le soluzioni wireless.

Qui riportiamo alcuni passi di una indagine che è stata fatta sulle infrastrutture di rete in alcuni Comuni dell'Alta Sabina, che ha permesso poi di formulare delle soluzioni per la diffusione della Larga banda.

Per quanto riguarda la possibilità ADSL, sono stati definiti dei piani di progetto con il preventivo di spesa per la fornitura del servizio da parte di un ipotetico ISP già operante con sede a Roma.

L'Alta Sabina è rappresentativa di un gran numero di zone rurali o comunque lontane dai centri urbani che non hanno a disposizione connessioni a larga banda (se non tramite satellite). Come esempio si riporta il caso di un gruppo di Comuni, che rappresenta comunque la tipologia più frequente.

L'Alta Sabina**Schema delle infrastrutture in una zona dell'Alta SABINA**

Come riportato nella figura sopra, dalla dorsale in fibra ottica a 622 Mbit/s che costeggia la Via Salaria parte, tramite un ADM Alcatel 1651 situato all'altezza di Osteria Nuova, una diramazione che arriva nel Comune di Orvinio e da questo a Pozzaglia Sabina.

La diramazione consiste in un classico anello ottico a 4 fibre a 155 Mbit/s (STM-1). Il cablaggio è effettuato tramite cavo multifibra a 10 fibre (6 di queste sono spente e sono utilizzabili per sostituire eventuali fibre danneggiate o per realizzare altri collegamenti o estensioni).

La centrale telefonica di Orvinio è un vecchio modello Telettra MPXA400 e su di essa sono attestate circa 100 linee POTS e 4 linee ISDN.

Alla centrale di Pozzaglia Sabina è attestato un ripetitore (tramite collegamento a 34 Mbit/s) che consente ai paesi adiacenti di connettersi alla rete telefonica tramite ponte radio.

Partendo da questa infrastruttura, la FUB ha proceduto nell'analisi delle possibili soluzioni per realizzare la rete d'accesso, i cui dettagli sono riportati nel documento [A.1.4].

Rimanendo nell'ambito di queste due località, la prima e più immediata soluzione è il cablaggio in ADSL e la FUB ha elaborato un piano di progetto su questa tecnologia. Considerando un dislam da 32 porte il costo per i cambiamenti nella centrale sono intorno a qualche migliaio di euro, bassi se si pensa ai benefici per gli utenti ma troppo alti per un operatore che non vede immediati vantaggi in questa area. E' evidente che qui nasce un discorso a parte per il finanziamento di questa opera.

In alternativa all'ADSL si potrebbe realizzare una rete d'accesso, dal punto in cui arriva la connessione a larga banda verso l'ISP, tramite Ethernet. Essendo le distanze in gioco più grandi di una tipica realtà casalinga o di un classico ufficio, il cablaggio dovrebbe essere realizzato con una certa cura, ma utilizzando cavi di buona qualità si può arrivare a coprire un piccolo paese con costi non eccessivi.

Per i paesi in cui non arriva la fibra la soluzione più ovvia è scavare e portare la fibra ottica nelle vicinanze del paese da servire (10 000 euro a km). Ma è possibile anche stendere la fibra su cavi aerei già installati. Altra ipotesi è quella di utilizzare un sistema optical wireless che sono stati studiati dalla FUB in maniera molto dettagliata e sono riportati nel par. 3.1.6. Un sistema che trasmette a 155 Mb/s, operante su una distanza di 2 km costa intorno ai 20 000 Euro.

3.1.6 Gli studi sui sistemi ottici innovativi

Le attività della FUB sui sistemi ottici innovativi comprendono studi teorici e sperimentazioni sui dispositivi in fibra ottica e sui sistemi Optical Wireles.

Tra i principali dispositivi realizzati ricordiamo i convertitori ottici di frequenza e soprattutto un rigeneratore tutto ottico 3R¹², primo esempio in Italia. Tale dispositivo è stato brevettato. Tali dispositivi potrebbero avere un ruolo fondamentale, in un futuro non molto lontano, per la realizzazione delle cosiddette reti tutto ottiche, ed in particolare per realizzare quelle funzioni di instradamento nella reti metropolitane, regionali e dorsali basate sulla ormai ampiamente diffusa tecnica WDM (più canali, o lunghezze d'onda, in una stessa fibra ottica).

- **I sistemi Optical Wireless**

Tra le varie tecnologie che riguardano la rete di accesso e il backhoul da alcuni anni si sta autorevolmente proponendo la " Optical Wireless" comunemente denominata anche con la sigla FSO (Free Space Optics) . Il Free Space Optics rappresenta una eccellente alternativa, oltre che alle tecniche basate sul cavo, anche alla tecnologia Wireless convenzionale nel segmento "Last Mile" della rete. Essa permette collegamenti punto-punto perfettamente analoghi ai radio link a microonde con la sostanziale differenza di non utilizzare una risorsa "Scarsa" quale è lo spettro radio elettrico in quanto si utilizzano lunghezze d'onda dello spettro ottico, enormemente più ampio di quello radio. Per questa tecnologia si possono infatti valutare in migliaia di GHz i termini di banda

¹² Il rigeneratore ottico 3R è un dispositivo tutto ottico in grado di ricostruire perfettamente la forma di un segnale che ha subito una degradazione durante la sua propagazione in fibra ottica. Mediante questi dispositivi saranno possibili le trasmissioni di segnali anche ad altissime capacità (40 Gb/s e oltre) su distanze transoceaniche senza necessità di ricorrere alla conversione ottica-elettrica.

disponibile. Inoltre questa tecnica non richiede né autorizzazioni né licenze per l'installazione dei sistemi ed ha costi decisamente bassi

Data la rapidità di installazione e la portatilità degli apparati, questi sistemi sono di grande interesse in campo militare e nel campo civile nel caso di eventi devastanti. Inoltre non va dimenticato che in campo aerospaziale vi è un grande interesse per le comunicazioni tra satelliti utilizzando questa tecnica, data la grande direzionalità dei fasci e la conseguente bassissima vulnerabilità alle interferenze. E' tuttavia da rimarcare una forte dipendenza dalle condizioni meteorologiche, che si riscontra anche per i sistemi RF. In particolare la principale limitazione è data dalla presenza della nebbia. Disponibilità di servizio migliori del 99.9% sono comunque realizzabili e migliorabili, soprattutto in presenza di corte distanze (centinaia di metri o qualche chilometro), inoltre si possono pensare di ottimizzare le prestazioni End-to-End pensando a soluzioni miste (RF più FSO).

Sulla base di dati relativi al mercato Statunitense che rappresenta sempre un riferimento prioritario, è possibile comparare i costi tra le varie tecniche consolidate utilizzate nella rete di accesso. Se si assume come figura di merito quale dato finale di confronto, il costo per Mbps al mese, per un sistema Optical Wireless tipico da 155Mbps su distanza di 2 km, si ha un costo di circa 4\$ per Mbps/mese, mentre l'RF Wireless per apparati analoghi in velocità di cifra si ha un costo circa doppio. I sistemi su cavo tipo linea commutata, xDSL, xEthernet ovvero SDH hanno costi decine di volte superiori. Riguardo ai costi degli apparati essi variano in funzione della velocità di trasmissione, della distanza coperta e di eventuali dispositivi ausiliari di cui possono essere dotati (es. autotracking). Tipicamente per distanze di 300-500 mt un sistema da 155Mbps costa meno di 10kEuro. Per distanze tra 1 e 2 km tra 15kEuro e 30 kEuro.

Oltre ad uno studio sulle strategie di penetrazione dell'optical wireless, la FUB ha anche testato questa tecnologia utilizzando apparati commerciali.

I lavori di sperimentazione hanno dato luogo alla realizzazione di tre collegamenti wireless IR :

- 1) Torrino A- Torrino B;
- 2)Torrino A-Torre K Poste Italiane;
- 3) Torre K – LabB710 (provvisorio).

I dati, su cui sono effettuate le misure di bit error rate (BER), vengono inviati tramite una rete in fibra ottica stesa tra gli apparati TX-RX ed il Lab. B734 .

Ad un primo esame la misura del BER è risultata ottima anche durante i temporali estivi, si sono però rilevati sporadici episodi di SSE (secondi severamente errati) solo diurni. Una prima ipotesi è che si tratti di uccelli, probabilmente piccioni molto presenti nella zona, che si frappongono nel fascio ottico in spazio libero. La QoS non risulta però particolarmente degradata.

Nel periodo Ottobre - Dicembre 2006 è stato completato il sistema di rilevamento dati della centralina metereologica mediante Data Logger ed invio su cavo al Computer di elaborazione al Lab. B0733 dell'Uff. Primo ISCOM.

Inoltre si è proceduto ad una modifica degli apparati TX-RX ottici del collegamento in Free Space Optics in modo da estrarre il segnale di controllo automatico di guadagno CAG e rilevare da questo il valore della Attenuazione della tratta in atmosfera.

Questi risultati confermando le alte prestazioni di questi sistemi che li rendono particolarmente idonei per per quelle tratte tra i 500 metri ed 1 chilometro, in aree in cui la nebbia non è fortemente presente.

- **Le sperimentazioni con l'ISCOM sui sistemi e dispositivi ottici in fibra**

La FUB ha collaborato con l'ISCOM sullo studio teorico e sulla successiva sperimentazione di sistemi di telecomunicazione innovativi utilizzando le infrastrutture di laboratorio dell'ISCOM. E' da sottolineare che queste attività sono risultate essere di grande rilevanza a livello nazionale ed internazionale come mostrato dalle molte pubblicazioni su rivista con relazioni e partecipazioni a congressi. Inoltre queste attività sono state svolte in collaborazione con vari centri di eccellenza sia a livello nazionale che internazionale.

In particolare le sperimentazioni nei laboratori ISCOM hanno riguardato:

- 1) le trasmissioni a 10 Gb/s e 40 Gb/s;
- 2) la conversione ottica di lunghezza d'onda;
- 3) la rigenerazione tutta ottica 3R;
- 4) Componentistica innovativa.

Riportiamo di seguito le sperimentazioni effettuate, con i laboratori ISCOM coinvolti:

Risincronizzazione dei segnali e misura della modulazione di frequenza spuria sui dispositivi ottici di trasmissione(lab B020):

La sperimentazione ha previsto la realizzazione di un Laser ad anello in fibra che genera impulsi che possono essere utilizzati per risincronizzare e ritemporizzare un segnale ottico da rigenerare. Questo Laser infatti è alla base della parte di risincronismo del rigeneratore 3 R. Attualmente l'anello è in fase di rielaborazione per utilizzarlo come generatore di impulsi ultracorti della durata inferiore al picosecondo (millesimo di miliardesimo di secondo) per utilizzarlo come campionatore tutto ottico di segnale.

Nello stesso laboratorio è stato realizzato un interferometro tipo MacZehender che permette di misurare fenomeni di modulazione di frequenza spuria (chirping: letteralmente cinguettio) che intervengono quando si fa passare un segnale ottico ad esempio su un amplificatore a semiconduttore oppure quando, mediante un modulatore elettro-ottico, si associa ad una radiazione luminosa monocromatica (portante) l'informazione numerica (digitale) da trasmettere. Se è presente il chirping l'informazione viene degradata ed è quindi necessario caratterizzare il dispositivo in modo da avere l'entità della degradazione da esso indotta.

Componentistica fotonica (lab B015 – Camera Bianca):

Nel laboratorio è in funzione un laser ad Argon di potenza sufficiente per innescare un processo non lineare atto alla formazione di una guida d'onda per fotoni e questo rappresenta l'elemento base per la costruzione di un circuito integrato fotonico.