

economie moderne, con effetti dirompenti sulla crescita dei mercati, sull'organizzazione della produzione e del consumo, sul lavoro. Le opportunità offerte dallo sviluppo di questo nuovo paradigma tecnologico sono, con molta probabilità, ancora da cogliere pienamente e lontane dall'esaurirsi. Ulteriori impulsi a questo processo potrebbero essere forniti dalla costruzione e dalla diffusione di NGAN all'interno del contesto economico e sociale.

La rilevanza della tematica è oggi accresciuta drammaticamente anche dalla difficile congiuntura economica mondiale che, accanto alle minacce di stagnazione e recessione, pone interrogativi pressanti sulla sostenibilità stessa del modello di crescita della società occidentale. Nonostante l'attuazione di rilevanti disegni strategici in tempi di crisi economica comporti notevoli e comprensibili difficoltà, legate a limitazioni di bilancio, difficoltà nel credito, elevata incertezza sull'evoluzione dell'economia mondiale, con la banda ultralarga<sup>4</sup> e le NGN si potrebbe aprire la concreta possibilità di trasformare la situazione di ritardo del nostro Paese in una reale opportunità di crescita e di sviluppo economico.

Osserviamo che il settore dei servizi innovativi e tecnologici conta in Italia circa 1 milione di imprese e 2,5 milioni di addetti, con un volume di affari di circa 350 miliardi di euro. Inoltre, si è registrata una crescita nell'ultimo quinquennio del 33% in termini di investimenti, pari a circa 24 miliardi l'anno, e del 20% in termini di occupati. La crisi economica, che ha coinvolto finora circa 100mila addetti, non impedisce a questo settore di esplicare un importante effetto moltiplicatore, pari a 2,38, su tutto il sistema economico italiano<sup>5</sup>. Per finire, il valore aggiunto prodotto direttamente dai Servizi Innovativi e Tecnologici è pari al 13% del PIL, ma raggiunge il 30% se si valuta il contributo indiretto fornito agli altri settori dell'economia.

Poter contare su infrastrutture, sia di rete fissa che mobile, che permettano un accesso a Internet ad alta velocità, diventa allora un cruciale obiettivo di policy in quanto renderebbe accessibili beni e servizi ad alto valore aggiunto ai consumatori, alle imprese, alla Pubblica Amministrazione, capaci di generare un circolo virtuoso di produzione e diffusione della conoscenza, componente essenziale per la crescita del Paese. Ed è in questa ottica che è stato proposto un primo modello di valutazione degli effetti degli investimenti nella rete NGN, con l'obiettivo di stimare l'impatto diretto di un investimento in banda ultralarga e la sua sostenibilità finanziaria. In termini sintetici, la dinamica descritta dal modello è la seguente: dato il livello della domanda totale, le decisioni di investimento determinano l'ammontare dei ricavi; a parità delle altre poste di bilancio, i ricavi determinano la capacità di autofinanziamento annuo del sistema; investimenti e autofinanziamento annui determinano, a loro volta, l'indebitamento annuo del sistema. Nel modello gioca pertanto un ruolo chiave la valutazione iniziale della domanda.

A partire da diverse risposte della domanda complessiva all'offerta, in termini di capacità della nuova rete, sono state calcolate le variazioni nella dinamica del debito. I risultati complessivi mostrano che gli effetti moltiplicativi dovuti agli investimenti in infrastruttura di rete dipendono dalla capacità dell'investitore di mo-

<sup>4</sup> Per banda larga si intendono le diverse tecnologie: ADSL, VDSL, cable modem, fibra ottica, banda larga wireless, Internet via satellite, banda larga mobile UMTS e HSPA, LTE e anche Internet attraverso la rete elettrica. Il confine tra banda larga e banda ultralarga non è definito univocamente, ma è spesso indicato in 30 Mbit/s di velocità in downstream, da rete a utente (vedi Progetto ISBUL 2010, Workpackage 1).

<sup>5</sup> Osservatorio Italia Digitale 2.0, Confindustria servizi innovativi e tecnologici 2009.

dificare tempestivamente le decisioni di investimento in relazione alle dinamiche della domanda. In particolare, l'investimento calcolato all'interno del Progetto "VATE", pari a 15 miliardi di euro, produce un effetto diretto moltiplicativo di 1,31 per complessivi 20 miliardi circa sul PIL, assumendo che la domanda risponda nel modo atteso.

Al di là di questo risultato, l'originalità del modello consiste nella sua capacità di prevedere differenti effetti moltiplicativi a partire da differenti risposte della domanda e dai conseguenti comportamenti adattivi dell'investitore. In questo senso, costituisce uno strumento euristico per valutare differenti opzioni di investimento a partire da un'esplorazione approfondita della domanda di ICT nei suoi principali comparti e, all'interno di ciascun comparto, nei suoi principali segmenti. Le prospettive di ricerca vanno inquadrare in questa direzione.

### GLI ESERCIZI DI SIMULAZIONE ECONOMICA

Mediante la formulazione di un modello aggregato dinamico per l'analisi degli investimenti abbiamo potuto simulare configurazioni alternative di scenario, intese come processi idonei a condurre il sistema dal presente a diversi possibili scenari futuri. In particolare, gli esercizi simulativi riguardano la valutazione di fattibilità di opzioni strategiche di investimento in nuova infrastruttura o in espansione della capacità di rete. Per fattibilità s'intende in questa sede la sostenibilità finanziaria delle spese di investimento in NGN, misurata in termini di dinamica del livello di indebitamento dell'insieme degli operatori (pubblici e privati) coinvolti nel Progetto. La scelta di focalizzare l'attenzione sul livello del debito e sulla sua evoluzione nasce dal riconoscimento dell'ampiezza dello sforzo finanziario associato alla costruzione di una infrastruttura di telecomunicazioni diffusa sull'intero territorio nazionale e dalla consapevolezza dei vincoli all'impiego di risorse pubbliche – indispensabili all'attuazione del Progetto – particolarmente rilevanti nell'attuale contesto di crisi economica.

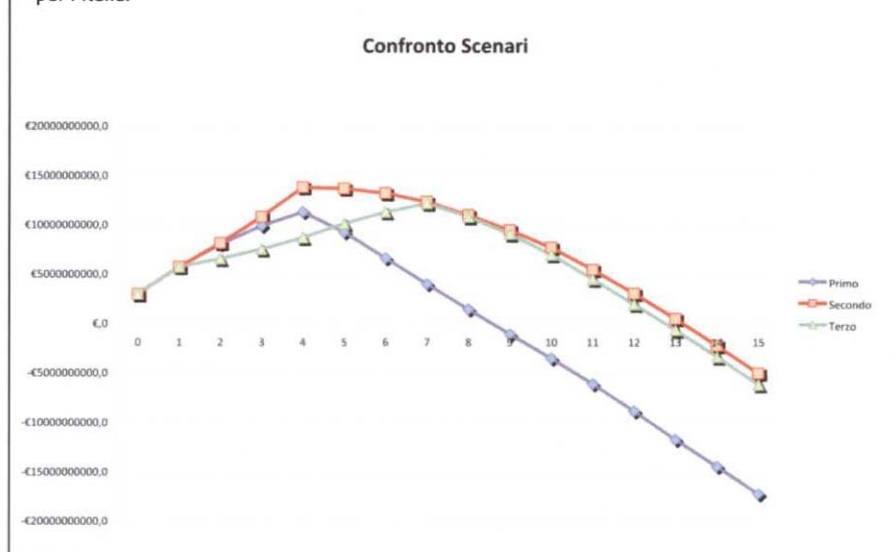
Le simulazioni devono essere considerate come esercizi esplorativi per verificare le conseguenze analitiche dell'impianto concettuale proposto e per illustrare alcune classi di problemi qualitativi che intervengono nello sviluppo di un fenomeno dinamico. L'impianto rimane comunque aperto all'introduzione di ipotesi di lavoro alternative. Sono stati intrapresi tre esercizi, descritti nella Figura 5.

Nel primo scenario, viene preso in considerazione un investimento in rete NGN pari all'importo di € 15.000.000.000 (15.927.407.430 attualizzato), calcolato dal Progetto e distribuito equamente su un arco temporale di 5 anni, a partire dall'anno 0. Date le traiettorie di crescita delle domande relative a tre differenti comparti (utenza consumer, imprese, Pubblica Amministrazione), l'investimento produce un volume di ricavi complessivo pari a € 24.902.257.176 in 5 anni, con un effetto moltiplicativo pari a 1,56. La dinamica del debito risultante dalla nostra analisi prevede una crescita progressiva fino all'anno 5, per poi invertire la tendenza e generare un effetto virtuoso che produce un debito negativo dall'anno 9.

Nel secondo scenario, abbiamo assunto che il mercato consumer risponda in maniera peggiore di quanto previsto inizialmente. Specificamente, abbiamo ipotizzato che la domanda consumer e imprese cresca ad un tasso pari alla metà rispetto allo scenario precedente. Si ipotizza, inoltre, che l'investitore non muti le sue scelte di investimento sulla base di quanto accade. I ricavi complessivi nei 5 anni, in questo caso, risultano essere di € 20.594.198.754, con effetto moltiplicativo di 1,29. La dinamica del debito risulta, ovviamente, peggiore in termini di valori assoluti, producendo valori negativi di debito solo dall'anno 14.

Nel terzo esercizio, infine, data la dinamica del debito ipotizzata nel secondo, assumiamo che l'investitore corregga il proprio piano di investimenti, dimezzando l'investimento annuo a partire dall'anno 2, e quindi suddividendo l'investimento totale su 8 anni invece che 5. In questo caso, il flusso dei ricavi nei 5 anni è ancora pari a € 20.594.198.754, ma con un effetto moltiplicativo di 1,62, dato l'investimento in quei 5 anni di soli € 12.747.614.826. La dinamica del debito risulta avere picchi più moderati rispetto ai due precedenti scenari, tendendo tuttavia verso un profilo simile allo scenario 2 dall'anno 7, raggiungendo però gli utili per la prima volta nell'anno 13 e non 14.

Figura 5: Andamento del debito per tre differenti scenari di realizzazione di una NGN completa per l'Italia.



Il primo scenario è, chiaramente, quello più ottimistico, perché assume che tutta la domanda ADSL si sposti sulla nuova rete. Le assunzioni sulla domanda del secondo e terzo scenario sembrano più ragionevoli. Possiamo notare come il terzo, fornendo risultati finali molto simili al secondo, consenta tuttavia di raggiungere un picco di debito inferiore, e quindi rappresenti l'alternativa preferibile.

## PUBBLICAZIONI

[1] M. Lucci, A. Valenti, S. Pompei, P. Bolletta, F. Matera, "Analisi su tecniche di ripristino MPLS veloci su una rete dorsale interamente basata su trasmissione GbE", *Fotonica 2010*, Pisa, maggio 2010.

[2] M. Lucci, A. Valenti, F. Matera, D. Del Buono, "Investigation on fast MPLS restoration technique for a GbE wide area transport network: A disaster recovery case", *Proceedings of ICTON 2010*, Munich, giugno 2010.

[3] M. Tabacchiera, F. Matera, A. Mecozzi, M. Settembre, "Dispersion Management in Phase Modulated Optical Transmission Systems", *Proceedings of ECOC 2010*, Mo2.C.2, Torino, 20-23 settembre 2010.

[4] M. Giuntini, A. Valenti, F. Matera, “Integrazione della rete di telecomunicazioni ottica con accessi radio che garantiscono la qualità del servizio”, *Fotonica 2010*, Pisa, maggio 2010.

[5] M. Giuntini, J. Morabito, A. Valenti, F. Matera, V. Carrozzo, S. Di Bartolo, “Integration of optical telecommunications and radio access networks to assure quality of service”, *Proceedings of ICTON 2010*, Munich, giugno 2010.

[6] A. Silvestri, A. Valenti, S. Pompei, F. Matera, A. Cianfrani, A. Coiro, “Energy saving in optical transport networks exploiting transmission properties and wavelength path optimization”, *Elsevier Optical Switching Network*, luglio 2010, Vol.7, N. 3, pp. 108-114.

[7] A. Coiro, M. Listanti, A. Valenti, F. Matera, “Reducing power consumption in wavelength routed networks by selective switch off of optical links”, *IEEE J. Of Selected Topics in Quantum Electronics*, Vol. 17, Issue 2, 2011, pp. 428-436.

## PROGETTI DI RICERCA NEL VII PROGRAMMA QUADRO DELL'UNIONE EUROPEA

- **BONE**  
*Building the Future Optical Network in Europe*
- **DOMINO**  
*Domino effect modelling infrastructure collapse*
- **EASYREACH**  
*Favorire le interazioni sociali degli anziani costretti a casa e delle persone con bassa scolarizzazione*
- **PANDORA**  
*Advanced Training Environment for Crisis Scenarios*
- **SAFETRIP**  
*Satellite Application For Emergency handling, Traffic alerts, Road safety and Incident Prevention*
- **ASSERT4SOA**  
*Advanced Security Service cERTificate for Service Oriented Architecture*

# BONE

## Building the Future Optical Network in Europe

RESPONSABILE

FRANCESCO MATERA

Il progetto europeo “BONE - Building the Future Optical Network in Europe” ha avuto inizio nel gennaio 2008 e si è concluso nel febbraio 2011, durando quindi tre anni. L’iniziativa, cofinanziata nell’ambito del VII Programma Quadro della Commissione europea, nella categoria “Reti di eccellenza”, ha visto il coinvolgimento di 49 partner da vari Paesi europei, per un totale di 389 mesi-persona con il coordinamento del belga *Interdisciplinair Instituut voor BroadBand Technologie* (IBBT).

Il Progetto ha trattato tutte le tematiche di avanguardia riguardanti le reti ottiche, all’interno di 17 Work Package (WP). Di questi, 4 erano di gestione (coordinamento, disseminazione, docenza e comunicazioni elettroniche (WEB) e gli altri di carattere tecnico, correlati con i principali temi di attualità per le reti ottiche: le tecnologie di rete (accesso, metro e core), i servizi e le applicazioni, la commutazione ottica, le trasmissioni ottiche, le tecniche e i protocolli di instradamento (dal *Multi Protocol Label Switching* al *Generalized Multi Protocol Label Switching* fino all’*Optical Burst Switching* e all’*Optical Packet Switching*).

### RISULTATI CONSEGUITI

In questa relazione ci si riferirà esclusivamente alle attività che hanno visto il coinvolgimento di FUB (impegnata nel Progetto per 5 mesi-persona): tecniche ottiche su Ethernet, reti di accesso in fibra ottica, sistemi di trasmissione ad altissima capacità e risparmio energetico nelle reti di TLC. Molte delle attività hanno riguardato sperimentazioni condotte in collaborazione con l’ISCTI (Istituto Superiore per le Comunicazioni e le Tecnologie dell’Informazione), anch’esso partner nel Progetto. Tali sperimentazioni congiunte hanno avuto luogo sul *test bed* di rete IP multi-accesso e multi-servizio presente nei laboratori ISCTI e operante da vari anni. Con la strumentazione di avanguardia ivi presente sono stati effettuati diversi esperimenti sulle tecniche Carrier Ethernet, su reti PON e tecniche di tipo WDM PON e su funzionalità dipendenti da dispositivi ottici avanzati come *Optical Cross Connect* e *Optical Add Drop Multiplexing*.

FUB ha anche contribuito al coordinamento scientifico del volume *The BONE experience on optical transmission systems*, dedicato ai risultati del Progetto e accettato per pubblicazione dalla prestigiosa casa editrice scientifica Springer (Germania) entro l’estate 2011. I capitoli 3 (“Simulation of optical transmission systems”) e 4 (“Experiments of optical transmission systems”), di tale volume sono stati prodotti da ricercatori FUB.

**EVOLUZIONE DELLE TECNICHE ETHERNET: VERSO IL CARRIER ETHERNET**

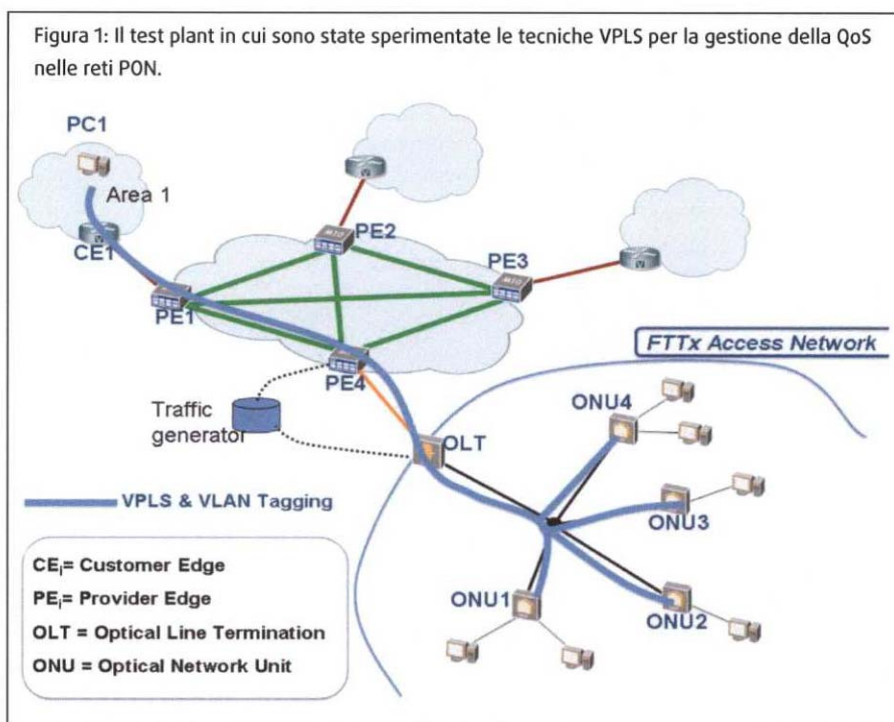
La progressiva migrazione delle funzioni di trasporto di tutti i servizi verso le tecnologie a pacchetto implica la necessità di individuare il modo migliore per realizzare questa convergenza. Sebbene non ci siano dubbi sul fatto che l'Internet Protocol (IP) sarà la base di tutti i nuovi servizi, questo protocollo non è in grado da solo di garantire sufficienti livelli di qualità di servizio (QoS, *Quality of Service*).

I principi alla base della tecnologia Ethernet – fino a ieri strettamente associata al funzionamento delle sole reti locali in singoli edifici o al più in ambito campus – si stanno affermando come nuovo paradigma per il trasporto e la commutazione di servizi su scala geografica. Ovviamente, non si tratta di sostituire il protocollo IP, ma di integrarne le funzionalità di comunicazione. La tecnologia Ethernet ha i vantaggi di costare poco, essere semplice da gestire (soluzione essenzialmente *plug and play*) e di essere *ipso facto* compatibile con sistemi largamente diffusi a livello di reti locali. Anche Ethernet però, fornendo un servizio connection-less, non soddisfa i requisiti di una tecnologia *carrier class*. Finora i suoi utilizzi come tecnologia di trasporto hanno fatto affidamento sul supporto di altri protocolli per sopperire alle funzionalità assenti. Si pensi per esempio alle soluzioni *Ethernet over MPLS* o *Ethernet over SDH/SONET*. Per questa ragione ITU-T e IEEE sono al lavoro da anni per rendere Ethernet indipendente dalle tecnologie finora usate come supporto.

Su questi temi FUB ha coordinato un'attività multilaterale nell'ambito del Progetto e ha condotto una serie di studi sull'evoluzione delle tecniche Ethernet e in particolare sul GMPLS, sul T-MPLS, sul VPLS [4-6] e sul PBT-TE, consolidati in una serie di documenti disponibili sul sito FUB ([www.fub.it/area2](http://www.fub.it/area2)). Alcune di queste tecniche sono state altresì sperimentate nei laboratori ISCTI, con particolare attenzione alle tematiche di ripristino nelle reti Ethernet operanti su aree geografiche di lungo raggio e sul multi cast di pacchetto a livello 2.

**QUALITÀ DEL SERVIZIO NELLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS**

FUB ha coordinato un'altra attività multilaterale sulla QoS nelle reti PON a cui hanno preso parte France Telecom, l'Università di Modena e l'ISCTI. In particolare, FUB ha sperimentato alcuni metodi per gestire la QoS nelle reti PON utilizzando procedure di priorizzazione nell'instradamento dei pacchetti basate sulla tecnica Virtual Private LAN Service (VPLS) e dimostrando che con questa tecnica gli operatori possono gestire i loro clienti come se fossero connessi con un unbundling di tipo fisico. Nella Figura 1 riportiamo il test plant configurato con il VPLS per connettere gli utenti di una rete PON con un server (PC1) in modo da dare una connessione di tipo logica ma con le caratteristiche di una connessione fisica tipica di un unbundling.



Mediante simulazioni numeriche, ottenute con il software OPNET (gentilmente concesso in uso a FUB dalla società OPNET con licenza gratuita) che permette la simulazione di reti fisse e wireless, FUB ha mostrato che queste tecniche di priorizzazione del traffico possono essere anche utilizzate in connessioni di accesso di tipo wireless (WiMAX e LTE) [7-8] permettendo agli utenti di avere una banda riservata anche in condizioni di elevato utilizzo concorrente della rete wireless per la presenza di molti utenti.

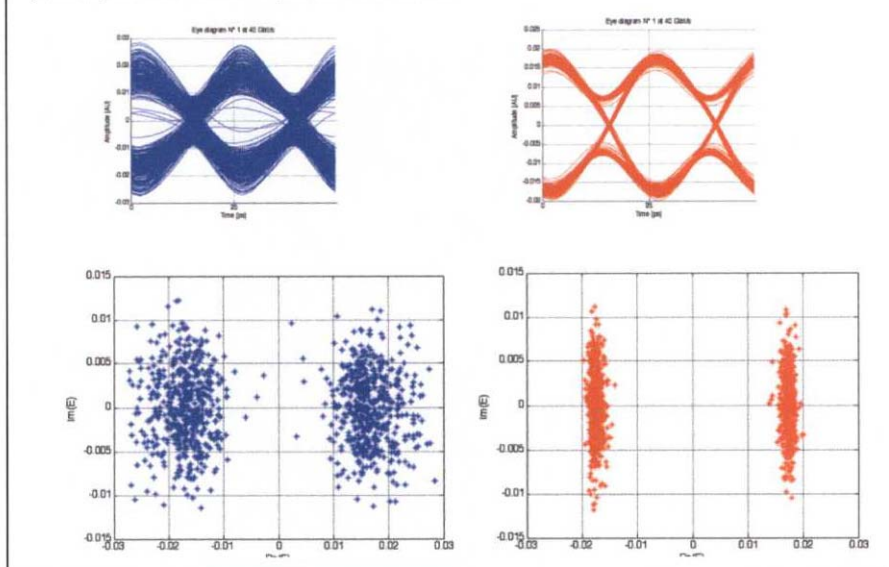
Infine alcuni studi hanno riguardato la sperimentazione di tecniche di conversione di lunghezza d'onda tutta ottica per la realizzazione di reti WDM PON [5]. In particolare è stato mostrato come si possa cambiare la lunghezza d'onda delle PON commerciali mediante gli amplificatori a semiconduttori.

#### TRASMISSIONI OTTICHE AD ALTA CAPACITÀ

FUB, in collaborazione con il Politecnico di Torino e con l'Istituto svedese ACREO, ha sviluppato studi teorici sui sistemi di trasmissione WDM ad alta capacità (multiple di 100 Gb/s) e a lunga distanza. In particolare, FUB si è occupata dei limiti imposti dall'effetto Kerr, presente nelle fibre ottiche, sui sistemi modulati in fase con particolare rilevanza per i sistemi DPSK e DQPSK. Si è dimostrato che questo disturbo può essere moderato mediante opportuna compensazione della dispersione cromatica lungo la linea [1-9]. Un esempio di questo principio è riportato in Figura 2 per un sistema DPSK operante a 40 Gb/s su un collegamento lungo 700 km con fibre G.652, in cui le perdite e la dispersione cromatica sono compensate ogni 100 km. Nella Figura 2 si riportano i diagrammi a occhio nel caso in cui è introdotta una piccola pre-compensazione della dispersione cromatica all'ingresso del collegamento (grafico a destra) e nel caso in cui invece tale pre-compensazione non è utilizzata (grafico a sinistra).

Per capire meglio la degradazione del segnale si riporta anche la distribuzione del campo elettromagnetico nei due casi (sotto).

Figura 2: Diagramma a occhio e distribuzione del campo per un sistema DPSK a 40 Gb/s lungo 700 km. A sinistra, nessuna precompensazione della dispersione cromatica. A destra, utilizzata precompensazione della dispersione cromatica.



### RISPARMIO ENERGETICO

FUB ha svolto diversi studi riguardanti il risparmio energetico nelle reti di TLC con particolare riguardo alle reti di accesso e alle reti dorsali.

Per le reti di accesso, FUB ha considerato diversi scenari riguardanti collegamenti in rame, via radio e in fibra. Già precedenti studi avevano mostrato come le reti di accesso in fibra ottica (Fiber to the x, FTX) conseguano, a parità di capacità con altri sistemi, i maggiori risparmi energetici. In uno studio svolto nel 2010 abbiamo dimostrato non solo che le reti in fibra ottica sono meno energivore delle reti in rame (xDLS) e di quelle radio (WiMAX, LTE), ma che i risparmi energetici realizzabili con le tecniche in fibra nell'arco di un decennio permettono addirittura il completo finanziamento delle opere per la realizzazione delle stesse.

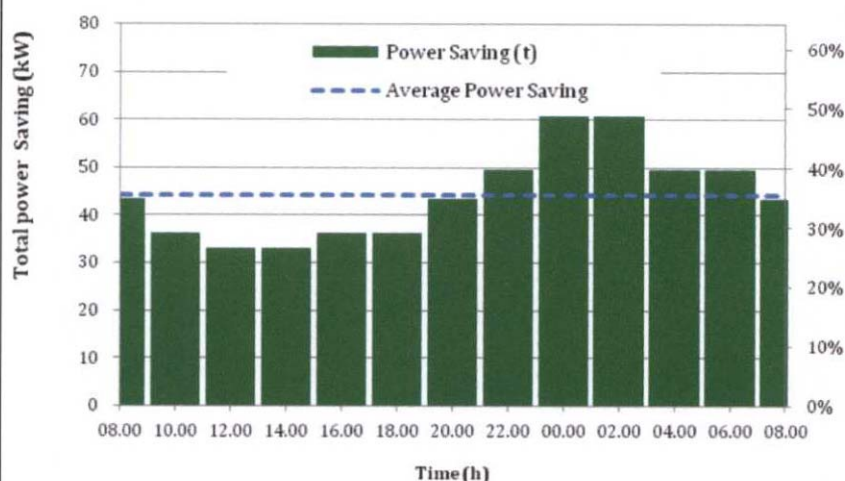
Per quanto concerne invece le reti dorsali, gli studi si sono concentrati su soluzioni che prevedono lo spegnimento dei collegamenti quando si è in condizione di basso traffico [2-3].

In particolare sono stati studiati protocolli e algoritmi per il re-instradamento del traffico su un minor numero di elementi di rete quando il traffico in rete è minore. L'approccio è basato su un metodo euristico che iterativamente prova a spegnere nodi e rami della rete, ordinandoli secondo un determinato criterio, che può essere casuale oppure in base alla quantità di traffico trasportato da ogni connessione. Avendo considerato una rete di trasporto ottica WDM e, dovendosi definire in tale tipo di rete la qualità del servizio in termini di tempo di fuori servizio, nei lavori svolti si è tenuto conto dei requisiti di protezione di ogni collegamento.

L'obiettivo è stato minimizzare l'energia consumata dai link ottici WDM mi-

nimizzando il numero di fibre attese nell'intera rete rispettando i vincoli di flusso, di capacità, di continuità delle lunghezze d'onda (ossia di assenza di convertitori di lunghezza d'onda) e di protezione con percorsi di backup condivisi.

Figura 3: Esempio della distribuzione del risparmio di potenza in ogni fascia oraria per una rete che copre 40000 metri quadri.



## PUBBLICAZIONI

- [1] M. Tabacchiera, F. Matera, A. Mecozzi, M. Settembre, "Dispersion Management in Phase Modulated Optical Transmission Systems", Proceedings *ECOC 2010*, Mo2.C.2, Torino, 20-23 settembre 2010.
- [2] A. Coiro, M. Listanti, A. Valenti, F. Matera, "Reducing power consumption in wavelength routed networks by selective switch off of optical links", *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. PP, Issue 99, agosto 2010.
- [3] A. Silvestri, A. Valenti, S. Pompei, F. Matera, A. Cianfrani, A. Coiro, "Energy saving in optical transport networks exploiting transmission properties and wavelength path optimization", *Elsevier Optical Switching Network*, luglio 2010, Vol. 7, N. 3, pp. 108-114.
- [4] M. Lucci, A. Valenti, F. Matera, D. Del Buono, "Investigation on fast MPLS restoration technique for a GbE wide area transport network: A disaster recovery case", *ICTON2010*, Monaco di Baviera, giugno 2010.
- [5] M. Giuntini, J. Morabito, A. Valenti, F. Matera, V. Carrozzo, S. Di Bartolo, "Integration of optical telecommunications and radio access networks to assure quality of service", *ICTON2010*, Monaco di Baviera, giugno 2010.
- [6] M. Lucci, A. Valenti, S. Pompei, P. Bolletta, F. Matera, "Analisi su tecniche di ripristino MPLS veloci su una rete dorsale interamente basata su trasmissione GbE", *Fotonica 2010*, Pisa, maggio 2010.

[7]. A. Valenti, S. Pompei, A. Rufini, F. Matera, “Dimostrazione sperimentale della conversione di lunghezza d’onda in una rete ottica passiva”, *Fotonica 2010*, Pisa, maggio 2010.

[8] M. Giuntini, A. Valenti, F. Matera, “Integrazione della rete di telecomunicazioni ottica con accessi radio che garantiscono la qualità del servizio”, *Fotonica 2010*, Pisa, maggio 2010.

[9] M. Tabacchiera, F. Matera, A. Mecozzi, M. Settembre “Analisi della compensazione della dispersione cromatica per sistemi RZ DQPSK a 100 Gb/s”, *Fotonica 2010*, Pisa, maggio 2010.

## DOMINO

### Domino effects modelling infrastructures collapse

RESPONSABILE

DANIELE PERUCCHINI

In questi ultimi anni, l'utilizzo dei termini *infrastruttura* e *infrastruttura critica* ha subito un'interessante evoluzione di significato e una diffusione a livello tecnico, a livello politico e a livello mediatico. Nel corso degli anni '90, infatti, si è iniziato a utilizzare il termine *infrastruttura* per intendere oltre alle grandi opere (reti ferroviarie, reti elettriche, autostrade, porti) anche *servizi e funzioni di pubblica utilità*.

Il principale requisito associato al concetto di infrastruttura era, inizialmente, quello dell'*adeguatezza* (in termini di portata ed efficienza) alle esigenze dei cittadini e dei settori produttivi. Queste infrastrutture erano prevalentemente realizzate e gestite dalle Pubbliche Amministrazioni, con ingenti programmi di investimento attuati nell'arco di decenni.

Successivamente, la *disponibilità* dei servizi forniti dalle infrastrutture (intese sia come grandi opere, sia come servizi di pubblica utilità) è diventata un fattore abilitante lo sviluppo e un elemento caratterizzante la qualità della vita nei moderni Paesi occidentali. Di conseguenza, l'accento originario connesso all'*adeguatezza* si è spostato via via nella direzione della *protezione* dell'infrastruttura, protezione divenuta indispensabile per la rilevanza che quel complesso di *opere e servizi* ha nella vita dei cittadini e dello Stato. Da qui l'introduzione dell'aggettivo critica accanto al termine *infrastruttura*.

La protezione delle infrastrutture critiche è un'attività molto complessa che può essere compiutamente svolta solo con il coinvolgimento diretto delle istituzioni di un Paese. Un elemento che caratterizza la complessità della suddetta protezione è costituito dalle *dipendenze funzionali* che legano reciprocamente le infrastrutture; a causa di tali dipendenze, per il corretto funzionamento di un'infrastruttura è necessario che altre infrastrutture forniscano in modo adeguato il loro apporto in termini di servizi e prodotti. Lo scenario delle dipendenze tra infrastrutture, già in sé complesso, si è ulteriormente complicato in seguito al diffondersi del fenomeno della liberalizzazione del mercato a cui si è assistito negli ultimi vent'anni; seguendo questa logica, la gestione di molte infrastrutture è stata affidata ad operatori privati. Ciò ha comportato, come effetto secondario e nell'ottica di un'ottimizzazione dell'uso delle risorse, il ricorso sempre più diffuso alla pratica dell'esternalizzazione di servizi e forniture, con il conseguente incremento della complessità della rete delle dipendenze funzionali tra infrastrutture. Quest'ultimo incremento è stato a sua volta amplificato dall'affermazione sempre più massiccia dei sistemi ICT (Information and Communication Technology) a supporto della gestione dei processi di comando e controllo.

In questo contesto generale, le attività finalizzate alla protezione delle infrastrutture critiche di una nazione devono necessariamente essere in grado di prevedere e prevenire il

cosiddetto *effetto domino*, ovvero l'innescarsi di una serie di *fuori servizio* e malfunzionamenti a catena che causano la paralisi di settori produttivi e servizi distinti e apparentemente non correlati.

“DOMINO - Domino effect modelling infrastructure collapse” è un Progetto biennale cofinanziato dalla Commissione europea che contempla la Fondazione Ugo Bordoni (FUB) come leader tecnico e di progetto, la cooperazione di due partner italiani, Fondazione FORMIT e Theorematica, e di quattro partner istituzionali, la Presidenza del Consiglio dei Ministri italiana, l'Home Office britannico, il Segretariato Generale Nazionale per la Sicurezza e la Difesa francese e l'Ufficio del Primo Ministro bulgaro.

## OBIETTIVI

Il Progetto “DOMINO” rappresenta una prima applicazione operativa di una metodologia più generale individuata da FUB, in collaborazione con la Presidenza del Consiglio e descritta in dettaglio nell'articolo “An impact-based approach for the analysis of cascading effects in critical infrastructures” pubblicato sullo *International Journal on Critical Infrastructures* (Vol. 7, N. 1, 2011), la maggiore rivista scientifica del settore. Elemento cardine della metodologia è il concetto di *item* che sintetizza i servizi socio-economici legati a un sistema settoriale di infrastrutture. Un *item* è definito come *un bene o servizio che contribuisce a caratterizzare il livello di qualità della vita e per il quale è possibile individuare una catena di fornitura (supply chain)*.

La metodologia generale offre una possibile soluzione operativamente percorribile per risolvere alcuni aspetti legati alla valutazione *ex ante* degli impatti susseguenti al malfunzionamento di una o più infrastrutture che operano in un contesto geograficamente ben individuato come, ad esempio, una regione o una Nazione, indipendentemente dall'origine antropica o naturale del malfunzionamento stesso.

Il Progetto “DOMINO” rappresenta l'applicazione della metodologia generale nel contesto socio-economico italiano.

## RISULTATI ATTESI

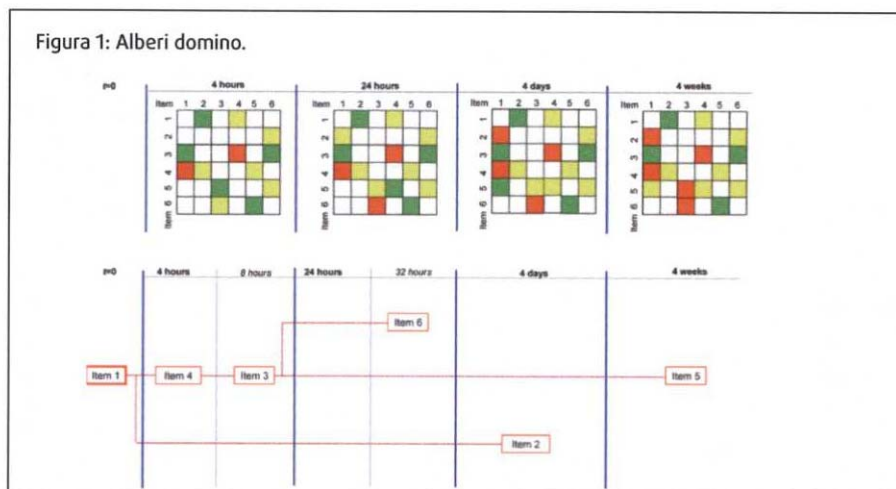
I principali risultati attesi dal Progetto “DOMINO” possono essere così descritti:

- Individuazione *ex ante* dei cosiddetti *alberi domino* (Figura 1) che rappresentano la propagazione nel tempo del malfunzionamento di una particolare infrastruttura sulle altre infrastrutture. Tale propagazione nasce dall'esistenza di interdipendenze operative e funzionali tra i vari settori costituenti il tessuto sociale ed economico della regione geografica oggetto di studio. Nelle matrici della parte alta della Figura, sono riportate le *dipendenze dirette* tra item (si intende per “dipendenza diretta” di un item j dall'item x la circostanza che l'item j non possa più essere fornito qualora l'item x non sia disponibile, essendo l'item x direttamente utilizzato da un qualche componente della catena di fornitura dell'item j) in funzione del tempo trascorso dal verificarsi del malfunzionamento; nella parte inferiore, invece, è riportato un tipico albero di effetto domino. Nell'albero, la presenza di un particolare item ad un certo istante di tempo indica che tale item è “fuori servizio”.
- Valutazione *ex ante* degli impatti associati ai suddetti alberi domino. Tali im-

patti vengono valutati, in accordo con quanto previsto dalla direttiva europea 2008/114/EC dell'8 dicembre 2008, recepita dal Consiglio dei Ministri in data 11 gennaio 2011, con tre “metriche” riguardanti, rispettivamente:

- gli impatti economici;
  - gli impatti sociali;
  - gli impatti sulla salute umana, espressi in termini di potenziali morti o di eventuali gravi danni alla salute.
- Predisposizione di strumenti sia software, sia metodologici che supportino i processi decisionali e di controllo che afferiscono al governo preventivo della sicurezza di una particolare regione geografica.

Figura 1: Alberi domino.



L'applicazione pratica della metodologia generale prevede, al fine di ottenere i risultati attesi, l'esecuzione dei seguenti "passi":

- individuazione degli item, ovvero delle strutture sociali ed economiche che operano in un particolare territorio (nel caso del Progetto "DOMINO", l'Italia);
- raccolta di dati riguardanti la composizione delle catene di fornitura interne a ciascun item;
- individuazione degli alberi domino derivanti dal malfunzionamento di ciascun item e valutazione dei relativi impatti.

Ovviamente, l'intero processo deve essere sviluppato con opportuni strumenti software che, in particolare, consentano la presentazione dei risultati in una forma utile per l'utilizzatore finale che, nel nostro caso, è rappresentato dal Decisore istituzionale preposto alla protezione delle infrastrutture critiche nazionali.

Nel seguito, si forniranno maggiori dettagli su ogni passo operativo e sui principali risultati ottenuti fino ad ora (a distanza di circa dieci mesi dall'inizio del progetto biennale).

## INDIVIDUAZIONE DEGLI ITEM

In "DOMINO", la struttura produttiva e sociale della nostra società è stata rappresentata mediante l'identificazione di 104 item, raggruppati in 14 categorie principali.

Parte degli item è derivata dal sistema di catalogazione NACE, usato nel-

l'Unione europea per classificare le attività economiche a fini statistici. L'elenco degli item è riportato nella Tabella 1.

La suddivisione adottata è particolarmente innovativa rispetto agli approcci metodologici adottati finora in ambito internazionale, i quali individuano un numero molto limitato (al massimo 10) di "infrastrutture critiche". Essi, inoltre, si fondano su ragionamenti *a priori* che presuppongono l'appartenenza delle infrastrutture di maggiore rilevanza a livello nazionale solo a determinati "settori" (ad esempio, energia, trasporti). Di fatto, dunque, si esclude (sempre *a priori*) che altri settori (apparentemente secondari) possano mettere in crisi anche i settori "primari", perché viene trascurata la stretta interconnessione funzionale tra i vari settori che caratterizzano società una moderna. Questo approccio, tuttavia, è smentito dai fatti.

"DOMINO" adotta una visione meno dogmatica ma molto più completa e, nel contempo, molto più complessa da realizzare. Anche per questi motivi è stata riconosciuta come molto "promettente" dalla Commissione europea e, in particolare, dall'organismo chiamato Gruppo di Lavoro dei Punti di Contatto dei Paesi membri che si occupa di fornire indicazioni utili per il completo recepimento e l'adozione della direttiva europea sulla protezione delle infrastrutture critiche europee.

Tabella 1: Elenco degli item.

1. Water	6.1. education	9.8. wood products, straw and similar supply chain	11.1. political institutions (national, regional and local)	13.4. informatics and related activities
1.1. drinkable water	6.2. research	9.9. paper and paper supply chain	11.2. public order / safety	13.5. real estate activities
1.2. irrigation water	6.3. associationism	9.10. rubber and plastic supply chain	11.3. civil protection	13.6. consultancy (legal, accounting, risk analysis, ...)
2. agriculture, raising, fishing and forestry	6.4. creative, arts, sports, amusement and entertainment activities, cultural heritage	9.11. glass supply chain	11.4. civil defence	13.7. advertising and market research
2.1. agriculture and its products	6.5. religion, religious organizations	9.12. non-metallic minerals quarry	11.5. Public administration and services to the population (registry office, elections, licences, concessions, authorizations, etc.)	13.8. facility services (cleaning, laundry, maintenance and resource optimization)
2.2. raising and its products	7. Energy	9.13. ceramics, terracotta, china, non metallic mineral products supply chain	11.6. justice	13.9. employment activities (temporary employment services)
2.3. fishing and its products	7.1. electricity	9.14. metals quarry	11.7. defence	13.10. private security services
2.4. forestry	7.2. LPG	9.15. metallic products supply chain	11.8. detention system	13.11. other services (graphics, photography, optics ...)
2.5. wood	7.3. crude oil	9.16. electrical devices, electric domestic appliances supply chain	11.9. foreign affairs (diplomacy)	14. Transport and Logistic
3. Food	7.4. fuel (petrol, diesel, biodiesel, ...)	9.17. machineries and metal equipments supply chain	11.10. government financial transfer services	14.1. transport (public and private) of passengers by road
3.1. frozen food	7.5. coal	9.18. construction supply chain	12. Health services	14.2. transport of goods and general purpose logistic by road
3.2. fresh food	7.6. methane	9.19. other goods	12.1. public and private medical services	14.3. air transport of passengers
3.3. long life food	8. Finance	10. Information and communication (ICT)	12.2. social motivation (psychological wellness, availability to work)	14.4. transport of goods and general purpose logistic by air
3.4. beverages (included bottled water)	8.1. cash	10.1. radio broadcasting	12.3. manpower	14.5. rail transport of passengers
4. Environment	8.2. payment services (cash excluded)	10.2. television broadcasting	12.4. social assistance	14.6. transport of goods and general purpose logistic by rail
4.1. Integrity of the territory	8.3. insurance, reinsurance and pension funding	10.3. internet and data exchange	12.5. medications and off the shelf medical devices	14.7. sea/oceanic transport of passengers
4.2. Quality of water (oceans, seas, lakes, rivers)	8.4. stock market and securities	10.4. publishing (books, periodicals and newspapers)	12.6. emergency health services	14.8. transport of goods and general purpose logistic by sea/oceanic
4.3. Quality of air	8.5. loans and mortgages	10.5. postal service	12.7. veterinary services	14.9. inland waterway transport of passengers
4.4. dams	9. Industry	10.6. fixed phone	13. Services	14.10. transport of goods and general purpose logistic by inland waterway
4.5. wastewater	9.1. textile supply chain	10.7. mobile phone	13.1. accommodation services	
4.6. normal waste removal	9.2. wearing apparel supply chain	10.8. satellite services	13.2. restaurants and food services	
4.7. special waste removal	9.3. leather and fur supply chain	10.9. radio communication services	13.3. software and related activities	
4.8. weather and climate services	9.4. chemical supply chain	11. Institutions and public administration		
5. Commerce	9.5. metallurgical supply chain			
5.1. whole sales	9.6. electronic supply chain			
5.2. retail sales	9.7. furniture supply chain			
6. Culture, icons, aggregation places				

Sulla base della suddivisione in item presentata nel paragrafo precedente, è stato predisposto un questionario (*pilot survey*) che è stato sottoposto a selezionati Esperti nazionali sia del settore pubblico, sia del mondo industriale. Il testo completo della *pilot survey* è scaricabile liberamente dal sito del Progetto “DOMINO” <http://www.dominoproject.eu/>

Il questionario è suddiviso in cinque parti, di cui la prima e l'ultima sono finalizzate a raccogliere informazioni generiche sull'item e sulla competenza dell'Esperto che risponde al questionario.

La seconda parte è dedicata a raccogliere informazioni di dettaglio sull'item di competenza dell'Esperto e, più in particolare, sulla catena di fornitura dell'item, individuabile attraverso l'elencazione delle componenti che contribuiscono alla produzione e alla fornitura dell'item stesso (cioè, dall'approvvigionamento delle materie prime fino alla disponibilità dell'item per la fruizione da parte dei cittadini). Per ogni componente inoltre, si richiede di specificare i principali attori (operatori o aziende) presenti sul mercato nazionale e la loro “quota di mercato” (in termini percentuali).

La terza parte del questionario è finalizzata a individuare le dipendenze dirette dell'item in esame da altri item. Ovviamente, tale dipendenza può manifestarsi in tempi successivi al momento in cui l'item da cui si dipende non è più disponibile e può essere influenzata da vari fattori, quali, ad esempio, la stagionalità, il luogo geografico in cui sopraggiunge la non disponibilità, ecc. Nel questionario si richiede solamente di indicare se queste variabilità esistono.

La quarta parte è destinata a raccogliere informazioni relative a vari indicatori utili al calcolo dell'impatto di un eventuale fuori servizio dell'item, suddividendo le risposte in tre sezioni:

- Aspetti economici, ossia:
  - il fatturato (a livello nazionale) complessivo annuo dell'item;
  - l'esistenza di una variabilità su base temporale del fatturato e, in caso affermativo, la tipologia di variabilità (ad esempio, stagionale, notte/giorno, periodi di picco o di minimo, ecc.); i dati richiesti dovrebbero essere forniti, quando e se disponibili, specificando il valore minimo, il valore massimo e la loro attendibilità;
  - la disponibilità di studi di settore o fonti informative (ufficiali o indipendenti) che caratterizzano in modo specifico gli aspetti economici/finanziari relativi all'item (sia a livello nazionale, sia a livello internazionale).
- Codici ATECO (NACE 2.0) delle categorie di classificazione di attività economica che meglio descrivono le caratteristiche globali dell'item.
- Aspetti sociali, ossia:
  - il numero di persone che l'item serve giornalmente in modo diretto. Il dato richiesto dovrebbe essere fornito, quando e se disponibile, specificando il valore minimo, il valore massimo e la sua attendibilità;
  - il livello di sostituibilità dell'item con un altro item da parte dell'utenza e, nel caso sia sostituibile, il principale item con il quale è possibile effettuare la sostituzione;
  - l'intervallo di tempo che si ritiene necessario per rendere operativa la sostituzione e per quanto tempo si ritiene che sia possibile per gli utenti tollerare la sostituzione;
  - se si sia mai verificato che un evento di fuori servizio dell'item sia stato riportato in cronaca;