

STRUTTURA DELLA LINEA RICERCA

Il modello organizzativo della Fondazione risponde all'esigenza di presidiare le tradizionali competenze FUB relative allo sviluppo delle reti e ai servizi della società dell'informazione, pur ampliandole con nuove competenze nell'ambito della regolamentazione e del mercato di reti e servizi.

La struttura organizzativa preserva inoltre uno dei principali asset immateriali della FUB: la formazione di ricercatori e di tecnici di elevato profilo.

Il personale FUB opera all'interno delle seguenti strutture:

- i Centri di competenza (CdC)
- le Unità di ricerca
- le Unità specialistiche.

I Centri di competenza

I Centri di competenza lavorano principalmente sui Progetti e impiegano ricercatori FUB che hanno sviluppato, nella loro carriera, esperienza specifica sui temi cui fa riferimento il Centro.

I ricercatori che operano all'interno dei Centri di competenza lavorano tipicamente in Progetti, ma svolgono anche attività di studio e approfondimento scientifico. In tal modo il Centro di competenza mantiene aggiornate le competenze disponibili, promuove e coordina progetti di ricerca e attiva partnership con altri centri di ricerca.

I Centri di competenza sono:

- Trasporto dell'informazione
- Gestione dell'informazione
- Politiche dell'ICT.

Le Unità di ricerca

Le Unità di ricerca lavorano su temi d'interesse scientifico selezionati per il loro potenziale strategico e di ausilio ai Centri di competenza. Per queste Unità, è previsto sia l'impiego di ricercatori in organico alla Fondazione, sia l'attivazione di borse di dottorato di ricerca e il reclutamento di giovani ricercatori post-doc che opereranno sotto la responsabilità di un Tutor.

I ricercatori che operano all'interno di Aree di ricerca svolgono tipicamente attività di pubblicistica scientifica, prototipazione, brevettazione e trasferimento interno di conoscenze. Ma svolgono anche attività di consulenza per le tematiche scientifiche che trovano applicazione nei Progetti. Anche in questo caso, è di norma previsto il ricorso a collaborazioni esterne con enti di ricerca e accademici.

Le Unità di ricerca ricevono input tematici dai Centri di competenza e riversano in essi nuove conoscenze, anche con il trasferimento di personale che abbia raggiunto la maturità per essere impiegato nell'ambito di attività progettuali finalizzate.

Le Unità specialistiche

Le Unità specialistiche raccolgono figure di eccellenza tecnica presenti in FUB che operano quasi a tempo pieno a supporto dei Progetti, ma svolgono anche attività di aggiornamento e approfondimento culturale e tecnologico.

Le Unità specialistiche sono:

- l'Unità specialistica statistico-economica
- l'Unità specialistica tecnologica.

Le strutture di supporto alla Direzione delle Ricerche

Per finire, la Fondazione si avvale di due Strutture che operano in stretta collaborazione con la Direzione delle Ricerche, le Unità di ricerca e i Centri di competenza:

Progetti Internazionali

Opera nei seguenti ambiti:

- monitoraggio dei bandi di gara comunitari
- progettazione europea
- networking.

Gli obiettivi specifici della struttura comprendono:

- l'analisi dei programmi per l'accesso ai finanziamenti internazionali al fine di individuare le possibilità di partecipazione
- la produzione di report su bandi e politiche europee
- la definizione di possibili collaborazioni interne tra aree di competenza presenti in Fondazione, in vista della partecipazione a iniziative di ricerca internazionali
- l'assistenza ai colleghi nella formazione di consorzi e nella preparazione di proposte
- la creazione di una rete di contatti per l'individuazione di possibili partner per la formazione di consorzi e la presentazione congiunta di domande di finanziamento.

Comunicazione e Disseminazione

Opera in stretta sinergia con la DR cui fornisce supporto per iniziative di comunicazione esterna e interna. Tra gli obiettivi generali affidati alla struttura vi sono:

- la gestione del Sito istituzionale
- l'ideazione, la progettazione e la realizzazione di soluzioni redazionali e grafiche
- l'organizzazione e la gestione di eventi
- la produzione annuale della Relazione sull'attività svolta nell'anno precedente
- l'archiviazione delle pubblicazioni scientifiche della Fondazione e la realizzazione di strumenti atti a promuovere la circolazione interna delle informazioni.

ATTIVITÀ DELLE UNITÀ DI RICERCA CONTENT CENTRIC NETWORKS

L'attività di ricerca su questa tematica riguarda lo studio delle metodologie di rete che permettono la trasmissione dei contenuti con alta affidabilità e qualità. Nello specifico ci si riferisce all'evoluzione delle tecniche di trasporto e instradamento dell'informazione dal livello fisico a quello dei protocolli di livello 3 e 4, considerando soprattutto il passaggio dal paradigma *client-server*, tipico del protocollo IP, a quello *client-content* che caratterizza oggi i modelli più innovativi delle *Content Centric Networks* o *Information Centric networks*.

Nel 2016 le attività di questa Unità di ricerca sono state rivolte alle tematiche di trasmissione e instradamento dell'informazione che mettono al centro delle strategie sulle reti le esigenze dell'utente (*user centric networks*), quantificate correlando la qualità percepita con la qualità misurata nella rete. Occorre precisare che oggi il termine *Content Centric Networks (CCN)* si riferisce ad uno specifico modello basato sul passaggio dal paradigma *client-server*, tipico del protocollo IP, a quello *client-content*, con una profonda modifica quindi dei protocolli operanti al livello 4 della pila OSI. Tuttavia gli studi che sono stati svolti in questa Unità hanno considerato un panorama più generale e rivolto in particolare a tutte quelle metodologie che permettono alle reti di adattarsi alle esigenze dei contenuti in maniera dinamica, come le tecniche *Software Defined Networks (SDN)* che noi intendiamo manovrate proprio dalla qualità percepita dall'utente.

Le attività svolte nel corso del 2016 possono essere suddivise in quattro tematiche principali:

- Misura della Qualità del Servizio e correlazione con la qualità dell'esperienza
- Riconfigurazione della rete secondo i principi delle *Software Defined Networks*
- Architetture per reti Eterogenee nel paradigma 5G: il network slicing
- Comunicazioni ottiche: sistemi e reti
- Aspetti strategici sulle *Content Centric Networks*.

Misura della Qualità del Servizio e correlazione con la Qualità dell'Esperienza

Anche se il Progetto Europeo "mPlane" si è concluso nel 2015, alcuni studi sono continuati nel 2016, con particolare riferimento al tema della correlazione tra la qualità del servizio (QoS) e la qualità dell'esperienza (QoE) [1]. Per la misura della QoS è stata utilizzata la sonda attiva *mSLAcert*, realizzata dalla FUB nell'ambito di "mPlane", mentre per quanto riguarda la QoE, oltre a considerare le valutazioni espresse da gruppi di utenti, FUB ha effettuato studi sugli agent in grado di misurare alcuni parametri che caratterizzano i dispositivi per la fruizione dei contenuti, come ad esempio il *buffer filling*. Mediante la sonda *mSLAcert* sono state effettuate diverse campagne di misure sul test bed dell'ISCOM su diversi tipi di accesso (xDSL, GPON, Wi-Fi), in diverse configurazioni di rete (percorsi con priorità basati su Virtual LAN) introducendo anche una congestione del traffico in alcuni segmenti. Inoltre le misure di QoS sono state correlate con misure di monitoraggio del traffico (con particolare riferimento

alla ritrasmissione dei pacchetti) effettuate sugli apparati centrali (router) [2]. In questo ambito, la correlazione tra il throughput e il comportamento riguardante la ritrasmissione dei pacchetti ha portato alla definizione di alcuni algoritmi che permettono di stabilire le situazioni in cui la degradazione della QoE può essere imputata, con un alto livello di attendibilità, ad alcune cause come la diminuzione del rapporto segnale/rumore nella linea di accesso, o la congestione in un segmento della rete [3].

Riconfigurazione della rete secondo i principi delle Software Defined Networks

FUB ha proposto un nuovo modello SDN, che è stato anche sperimentato nei LAB ISCOM [4]. In questo modello l'*orchestrator*, cervello della SDN, permette di adattare la rete di TLC a tutte le esigenze derivanti dalle periferie (data center, reti machine-to-machine, content delivery networks ed altre reti ad hoc) e soprattutto assegna le risorse di rete (circuiti fisici e virtuali) in base alle segnalazioni che arrivano dal *reasoner* della piattaforma mPlane che effettua il monitoraggio della rete stessa. È questa, a nostro avviso, un'importante innovazione in quanto il piano di misura mPlane è in grado di valutare lo stato della rete e, con alcuni accorgimenti, di scoprire anche i punti in cui avviene ad esempio una congestione. Quindi il reasoner può informare l'*orchestrator* dell'SDN riguardo i punti critici della rete e l'*orchestrator* può provvedere ad effettuare delle modifiche nella rete per eliminare le fonti di degradazione.

Tutto ciò è stato sperimentato nei LAB ISCOM in una rete GMPLS con accessi GPON, in cui una congestione veniva indotta in un certo intervallo in un collegamento tra due router. Le sonde mSLAcert situate sul lato utente delle GPON rilevavano il disturbo e il reasoner informava l'*orchestrator* che così aumentava la capacità della connessione eliminando la congestione.

Questo modello è stato anche testato considerando accessi in ambiente wireless di tipo Wi-Fi e emulando una cella LTE e Wi-MAX con il codice NS3 [5].

Architetture per reti Eterogenee nel paradigma 5G: il network slicing

Uno degli aspetti studiati in questo anno ha riguardato le architetture per la connessione di reti radio eterogenee nel paradigma 5G, dove ciascuna rete radio ha un dominio che riguarda punti di accesso che possono essere situati in luoghi molto lontani tra loro. L'informazione riguardante ciascuna rete radio può quindi attraversare una rete molto complessa e richiederebbe il trattamento con percorsi che assicurino determinate caratteristiche di affidabilità e sicurezza. È questo il tema dello *Slicing* e che ha importanti risvolti strategici riguardo al mercato degli operatori verticali (*verticals*). FUB ha scelto come principale tecnica di instradamento per lo slicing il Carrier Ethernet, che permette la creazione di percorsi logici con altissima affidabilità e con caratteristiche molto vicine a quelle di circuiti fisici indipendenti. Tale tecnica permette inoltre tempi di ritardo molto ridotti e con scarso jitter ed inoltre utilizza un approccio per il multicast altamente efficiente che non produce inutili repliche dell'informazione all'interno della rete core. Nel LAB ISCOM è stata sperimentata come tecnica Carrier Ethernet il Provider Backbone Bridge-Traffic Engineering (PBB-TE) in una configurazione con diversi accessi radio con test riguardanti la riconfigurazione della rete [6] e con misure di QoS in presenza delle funzionalità SDN [5] descritte nel paragrafo precedente.

Comunicazioni ottiche: sistemi e reti

Il modello analitico per la valutazione di sistemi ottici WDM, introdotto lo scorso anno, è stato considerato per altri bit rate e formati di modulazione [7-8], e i risultati sono stati confermati da estese simulazioni. Questo modello, poiché consente di tenere in conto tutti gli aspetti trasmissivi dei segnali, ha permesso la modellizzazione di reti WDM con un'efficiente allocazione automatica delle lunghezze d'onda. Lo stesso modello è stato utilizzato anche per realizzare degli algoritmi per il risparmio energetico nelle reti core nei momenti di minor traffico [9].

Altri studi hanno riguardato i sistemi ottici per l'area di accesso che sono poi stati sperimentati nel test bed dell'ISCOM nell'ambito del Progetto "TERT", mostrando tutte le possibili implicazioni a livello

strategico che potrebbero derivare dalla realizzazione delle reti Fiber to the Curb (FTTC), Fiber to The Building (FTTB) e Fiber to the Home (FTTH) nell'ambito del programma Banda UltraLarga del Governo. Specifiche analisi sono state effettuate sui costi per le infrastrutture della rete di accesso con diverse configurazioni di tipo FTTC, FTTB e FTTH, per tutte le diverse aree A, B, C, D in cui è stato suddiviso il territorio italiano, considerando anche diverse metodologie definite nell'ambito del progetto PRIN ROAD-NGN per la scelta dei percorsi di scavo [10].

Infine, sono stati effettuati studi sull'evoluzione delle reti GPON con l'utilizzo di tecniche WDM e OFDM.

Aspetti strategici sulle Content Centric Networks (CCN)

Le possibili ricadute che potrebbero derivare dal passaggio dall'attuale paradigma client-server di Internet a quello client-content proposto per le Content Centric Networks (CCN) costituisce oggi uno degli argomenti più dibattuti nell'ambito della ricerca sulle TLC.

FUB ha effettuato in merito uno studio dal quale si evince che il tema è molto importante anche per gli operatori, per le manifatturiere e per gli organi di standardizzazione e di politica industriale. Infatti le CCN, che prevedono una profonda modifica dei protocolli operanti al livello 4 della pila OSI, introducono una profonda rivoluzione nella rete: l'utente non cerca più un indirizzo, ma un contenuto, inviando una richiesta a tutti i nodi a lui vicini; il nodo che possiede questo contenuto (e tutto quello che è allegato) lo invia al richiedente. In questa modalità, i router (dotati di ampie memorie) riassumerebbero un ruolo fondamentale nella rete e, con loro, gli operatori di rete. In altri termini, questa strategia sarebbe alternativa a quella delle Content Delivery Networks (CDN) che sono l'attuale fortuna degli Over The Top (OTT). È chiaro inoltre che le CCN hanno un ruolo strategico anche a livello di sicurezza e tracciabilità dell'informazione.

FUB ha anche iniziato degli studi per vedere l'impatto delle CCN sul consumo energetico delle reti, e anche da questo punto di vista i primi risultati mostrano gli importanti vantaggi di questi nuovi modelli di rete.

Tuttavia, per quanto molto avvincenti e interessanti, le CCN appaiono ancora lontane dall'esser implementate, proprio per la rivoluzione in termini di costi che richiederebbero. Al momento sono apparsi sul mercato alcuni prototipi, ma per dare concretezza ai modelli proposti occorrerà creare una comunità di sperimentatori e sviluppatori che accrescano l'interesse sul tema e che dovranno dimostrare che le reti CCN siano fattibili da un punto di vista tecnologico e sostenibili nei costi, considerando tempi di ammortamento non troppo lunghi. Soprattutto dovranno dimostrare che una rete senza IP sia l'ambiente più idoneo a supportare in modo più efficiente le applicazioni attualmente più utilizzate e a consentire uno sviluppo più semplice di nuovi servizi.

PUBBLICAZIONI

- [1] Casas P., Fiadino P., Wassermann. S., Traverso S., D'Alconzo A., Tego E., Matera F., Mellia M., 2016, "Unveiling network and service performance degradation in the wild with mplane", *IEEE Communication Magazine*, March 2016, pp. 71-76.
- [2] Tego E., Matera F., Del Buono D., "Experimental Investigation on Transmission Control Protocol Throughput behavior in Optical Fiber Access Networks", *Fiber and Integrated Optics*, Vol. 35, n. 2, pp. 72-85, 2016.
- [3] Mellia M., Traverso S., Tego E., Rufini A., Valenti A., Matera F., Scarpino M., Kahveci A.E., Invernizzi F., "Quality of Service monitoring adopting correlation among active and passive measurements", *Networks 2016*, Montreal, September 2016.

- [4] Tego E., Rufini A., Valenti A., Matera F., Mellia M., Traverso S., "Software Defined Network approach driven by the mPlane Measurement Plane", *AEIT International Conference*, Capri (NA), October 5-7 2016.
- [5] Matera F., Giuntini M., Grazioso P., Valenti A., Attanasio V., Di Bartolo S., Nistri E., "Enabling Optical Network Test Bed for 5G Tests", in stampa su *Fiber and Integrated Optics*.
- [6] Pulcini L., Grazioso P., Valenti A., Matera F., Del Buono D., Attanasio V., "Software Defined Networks over Carrier Ethernet for 5G: Tests from a GMPLS test bed", *Fotonica 2016*, Roma 6-8 giugno 2016.
<http://digital-library.theiet.org/content/conferences/cp704#headline1>
- [7] Matera F., "Nonlinear noise contributions in highly dispersive optical transmission systems", *Fiber and Integrated Optics*, Vol. 35, n.1, pp.1-21, 2016.
- [8] Matera F., "Nonlinear Interaction Length in Unmanaged and Managed Dispersion Compensation Links", *Fotonica 2016*, Roma, 6-8 giugno 2016.
- [9] Matera F., Coiro A., "Impact of WDM Impairments in Energy-Aware Design of Optical Networks", *Fotonica 2016*, Roma, 6-8 giugno 2016.
- [10] Matera F., Vari M., Medranda Posada S., Maier G., Giannone F., Valcarengi L., Marotta A., Antonelli C., "Fiber Access Cost Models from Road NGN Project", *Fotonica 2016*, Roma, 6-8 giugno 2016.
<http://digital-library.theiet.org/content/conferences/cp704#headline1>

DOTTORANDI

.....

- Giuseppe Rutigliano, "Physical Layer Security for Optical Communications", con UNIROMA2.
- Pierluigi Perrone, "An Optical Communication System with Multilevel Modulation for High-Capacity Twisted Optical Fibers", con UNIROMA2.

SOFTWARE / TOOL

.....

- Ambiente NS3 e GNS3 per simulazione reti radio.

LABORATORI

.....

- Ulteriori Misure con la sonda mSLAcert (mPlane) in ambiente LAB ISCOM.
- Realizzazione presso ISCOM di una SDN over mPlane.

ATTIVITÀ DELLE UNITÀ DI RICERCA WEB INTELLIGENCE & PRIVACY

La Web Intelligence si occupa della creazione di nuovi prodotti, servizi e processi basati sul Web, attraverso l'utilizzazione e l'integrazione di tre tecnologie principali: intelligenza artificiale, scienza delle informazioni e scienza delle reti. La Fondazione ha una consolidata esperienza in questi settori e ha fornito anche più recentemente rilevanti contributi scientifici, pubblicati sulle principali riviste e premiati con riconoscimenti internazionali, in particolare su Web mining, analisi dei grafi, motori di ricerca semantici, personalizzazione e privacy online. L'obiettivo generale di questa Unità è di mantenere e accrescere le competenze acquisite in questo settore, continuando a fare ricerca su una serie di temi descritti nel seguito e mirando al contempo ad acquisire nuove commesse di progetti industriali o di ricerca sulle tecnologie intelligenti per il Web.

Nel 2016 sono state svolte le seguenti attività, in collaborazione con due gruppi di ricerca dell'Università La Sapienza:

- *Gestione e personalizzazione del Web tracking.* Definizione e implementazione di una metodologia (disponibile come estensione di un web browser) per la generazione del profilo di tracking associato ad un utente e l'influenzamento del processo di acquisizione del profilo da parte delle reti pubblicitarie. Attività svolta in collaborazione con La Sapienza, dal 2015; quest'anno sono state completate le valutazioni ed è stato preparato un articolo.
- *Monitoraggio della Cookie law.* Sviluppo di un sistema per la valutazione di conformità di un sito web alla Cookie law. Attività svolta nel contesto del Progetto SPAI nel 2015; quest'anno sono state completate le valutazioni ed è stato preparato un articolo.
- *Data privacy e tecniche di anonimizzazione.* Realizzazione di un survey sulle metodologie che consentono di pubblicare i query log aumentando in modo significativo la privacy dei dati senza compromettere la loro utilizzazione.
- *Etichettatura semantica di testi con concetti Wikipedia.* Sviluppo di una metodologia e sua implementazione parziale per il riconoscimento automatico dell'argomento di un testo (news, pagina web, articoli scientifici, ecc.). In collaborazione con La Sapienza.
- *Riconoscimento dei siti di commercio elettronico.* Definizione e sviluppo di un algoritmo per il riconoscimento dei siti di commercio elettronico basato sull'estrazione automatica di record logici da una pagina web (nel contesto del Progetto UIBM).
- *Classificazione automatica della legittimità dei siti di commercio elettronico.* Definizione e implementazione parziale di una procedura per l'apprendimento automatico di siti contraffattori nei risultati delle ricerche web (nel contesto del Progetto UIBM).
- *Salvaguardia della Privacy nelle Applicazioni Mobili.* Preparazione della proposta di progetto SPAM (Salvaguardia della Privacy nelle Applicazioni Mobili) per ISCOM.

PUBBLICAZIONI

- Carpineto C., Romano G., "A Review of Ten Year Research on Query Log Privacy", Proceedings of the *7th Italian Information Retrieval Workshop (IIR 2016)*.
- Lo Re D., Carpineto C., "Enhancing user awareness and control of web tracking with ManTra" Proceedings of *2016 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI'16)*, pp. 391-398.
- Carpineto C., Lo Re D., Romano G. (to appear), "Automatic Assessment of Website Compliance to the European Cookie Law with CoolCheck", Proceedings of the *15th Workshop on Privacy in the Electronic Society (WPES 2016)*, pp. 135-138.

JOURNAL REVIEWER

- Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE), IEEE
- ACM Transactions on Information Systems (TOIS), ACM
- Artificial Intelligence, Elsevier

PARTECIPAZIONE A COMITATI DI PROGRAMMA

- **SIGIR 2016**: 39th ACM Special Interest Group On Information Retrieval Conference, Pisa, Italy.
- **CIKM 2016**: 25th ACM International Conference on Information and Knowledge Management, Indianapolis, Indiana, USA.
- **ICTIR 2016**: 2nd International Conference on the Theory of Information Retrieval, Newark, Delaware, USA.
- **ECIR 2016**, 38th European Conference on Information Retrieval, Padua, Italy.
- **WI 2016**: 2016 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, Omaha, Nebraska, USA.
- **IIR 2016**: 7th Italian Information Retrieval Workshop, Venice, Italy.

ATTIVITÀ DIDATTICA

- Carpineto è un membro del Consiglio di Dottorato in Informatica dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

DOTTORANDI

- Il 2016 è stato il terzo e ultimo anno di Dottorato in Informatica dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" per Davide Lo Re (supervisor Carpineto), sul tema "Web tracking". Lo Re lavora in FUB e la ricerca viene svolta in collaborazione.

ATTIVITÀ DEI CENTRI DI COMPETENZA TRASPORTO DELL'INFORMAZIONE

Il Centro di competenza Trasporto dell'Informazione racchiude tutte le competenze FUB sugli aspetti più attuali che riguardano le reti, da quelle radiodiffusive a quelle fisse (cavo, rame e fibra) e mobili, incluse tutte le tematiche che riguardano il loro monitoraggio, con particolare rilevanza per i temi della qualità del servizio offerto dalle reti medesime.

I concetti di rete e di qualità del servizio sono da intendersi in tutte le possibili declinazioni, con riferimento alla funzionalità delle reti nella loro globalità (reti pubbliche fisse e mobili, reti locali, reti private a lungo e corto raggio, reti di diffusione radiofonica e televisiva) anche a supporto di specifiche entità come le aziende che operano nel contesto dei contenuti (Over the Top) e dell'energia.

Rientrano nell'attività di questo Centro tutte le tematiche riguardanti la propagazione dei segnali, le architetture di rete (accesso fisso e mobile, core network, TV broadcasting), tutti gli aspetti dell'instradamento dell'informazione quali il routing, lo switching e la codifica di dati per le reti, nonché le problematiche inerenti allo spettro radio con tutte le metodologie e le tecniche di pianificazione e assegnazione delle risorse trasmissive.

Sulla base delle attività svolte nel 2016 all'interno dei Progetti che afferivano a questo Centro, è stato possibile individuare tre principali temi di approfondimento scientifico:

- Reti verso il 5G
- Prestazioni delle reti
- ICT per l'energia.

Reti verso il 5G

Attività di ricerca e sviluppo che fanno riferimento alle tecniche di trasmissione radio, allo studio delle interferenze e alle comunicazioni satellitari, il tutto visto nell'ambito delle future reti 5G. Sono stati affrontati tutti gli aspetti riguardanti i sistemi e le reti radio operanti con finalità rivolte alla trasmissione dell'informazione, sia a banda ultralarga che in modalità ultra affidabile, considerando sia ambienti uman centric sia quelli dedicati all'Internet delle cose (Internet of thing, IoT).

Coesistenza di reti radio e modelli di propagazione

La migrazione dei sistemi cellulari 4G verso la futura tecnologia 5G richiede di affrontare diversi aspetti tecnici e normativi. Un particolare tema d'interesse è lo studio delle bande di frequenza nelle quali potrà essere implementato il sistema mobile di futura generazione.

In ambito ITU sono state esaminate le bande inferiori a 6 GHz, effettuando studi di compatibilità e coesistenza tra IMT e diversi servizi incumbent (diffusivi, terrestri, satellitari, scientifici) nelle bande 2.3-2.4 GHz e 3.4-4.2 GHz. In particolare, per la banda 2.3-2.4 GHz, gli studi sono stati effettuati considerando diversi servizi incumbent (fisso, PMSE, telemetria), sia attraverso simulazioni sia attraverso

misure in campo rese possibili dallo sviluppo di una sperimentazione dell'approccio Licensed Shared Access (LSA) avviata dal MiSE e dal JRC con il coordinamento della FUB. Nell'ambito del Progetto PACOS, è stato implementato presso ISCOM un banco di misura proprio per valutare le problematiche di compatibilità e coesistenza nel canale adiacente tra possibili sistemi IMT operanti nella parte alta della banda 2.3-2.4 GHz e i sistemi WiFi che lavorano sopra i 2.4 GHz. Sono stati effettuati anche studi sui modelli di propagazione da utilizzare per stimare in modo rigoroso il livello d'interferenza che arriva al ricevitore del servizio incumbent da proteggere.

Le altre due bande su cui sono stati effettuati approfonditi studi sono quelle intorno ai 700 MHz e i 3.5 GHz, su cui sono stati realizzati anche tool di simulazione per la valutazione di aspetti tecnico-economici riguardanti la canalizzazione dei servizi in queste bande, considerando anche l'impiego di nuove tecnologie per la diffusione di contenuti televisivi che consentono una maggior efficienza dello spettro radioelettrico nella banda di frequenze 470-694 MHz.

Si è inoltre continuato ad esaminare lo scenario di coesistenza tra LTE e DVB-T in vista del graduale passaggio della banda verso l'utilizzo da parte di sistemi IMT nei paesi della Comunità europea. Ciò richiede di prendere in considerazione anche scenari di coesistenza al confine tra paesi, qualora il passaggio al sistema LTE avvenga in tempi diversi.

Altri studi hanno invece riguardato i modelli di propagazione in atmosfera e le caratteristiche della propagazione sopra 6 GHz, su cui oggi c'è molto interesse proprio per le reti mobili di quinta generazione. Al fine di valutare le potenziali aree di copertura ottenibili alle frequenze superiori ai 6 GHz, sono state effettuate delle simulazioni attraverso un software implementato dalla Fondazione Ugo Bordoni. Il modello di propagazione utilizzato per le verifiche di copertura dipende dallo scenario di propagazione. Sono stati considerati due diversi scenari: un ambiente di propagazione di tipo area rurale/suburbana, in cui i collegamenti sono prevalentemente in linea di vista (LOS), e un ambiente di tipo area urbana densa, dove la propagazione avviene non in linea di vista. Su questo tema sono state svolte anche delle sperimentazioni nei laboratori ISCOM sia per la banda a 75 GHz che a 5GHz.

Internet of Things (IoT)

Uno degli aspetti più importanti della telefonia 5G sarà quello di includere nella galassia delle comunicazioni radio anche quelle che sono usate per le comunicazioni con e tra gli oggetti. Rispetto alle comunicazioni Machine to Machine (M2M), che già gestivano oggetti senza necessariamente passare per la rete Internet, con l'Internet delle cose si cerca di fare un ulteriore passo grazie proprio alla definizione di standard che includono queste tecniche nel mondo iperconnesso di Internet.

FUB ha svolto molte attività su queste tematiche, alla luce di una possibile applicazione delle tecniche M2M/IoT in diversi contesti. Innanzitutto ha realizzato un sistema di elaborazione per il calcolo delle coperture Wireless delle tecnologie abilitanti M2M/IoT al fine di predisporre degli strumenti per supportare l'analisi comparativa delle diverse soluzioni per i servizi riguardanti le comunicazioni verso e tra gli oggetti. In questo ambito sono state elaborate le mappe di copertura delle principali tecnologie wireless di accesso in vari ambienti (urbano, suburbano, rurale) per riscontrare le prestazioni effettivamente raggiungibili dalle diverse soluzioni per abilitare applicazioni M2M/IoT. Questo studio, che ha riguardato le tecniche oggi disponibili e in cui sono stati considerati anche gli aspetti regolamentari, avrà un notevole impatto sulle scelte tecnologiche da adottare in diversi contesti in quanto illustra le comparazioni tra le diverse soluzioni abilitanti fornendo indicazioni sulla potenziale capacità di ogni soluzione nel garantire la connettività necessaria per implementare innovativi servizi in ottica "smart city". Secondo la nostra visione queste tecnologie wireless possono essere così raggruppate:

- IoT Cellular Networks: soluzioni licenziate basate su reti mobili secondo lo standard 3GPP, partendo dalla soluzione consolidata 2G, alla sua evoluzione 3G, fino alle ultime Release della rete LTE (R14);
- LWPA (Low Power Wide Area) Networks: soluzioni proprietarie espressamente sviluppate per applicazioni M2M/IoT (169 MHz, LoRa, SigFox) e quindi in grado di soddisfare i requisiti di estensione di copertura e di basso consumo di potenza.

Va sottolineato che in questo studio sono state effettuate comparazioni di scenari reali, considerando anche ambienti di propagazione critici come sottoscale e cantine, e le valutazioni sono state predi-

sposte considerando sia la copertura ottenuta da un singolo operatore attivo sul territorio sia nel caso di roaming.

Ulteriori attività sulle M2M, effettuate specificamente per il settore energetico, sono riportate nell'ultima parte di questa sezione.

Prestazioni delle reti

Anche nel 2016 una delle tematiche principali della FUB è stato lo studio delle prestazioni delle reti, specialmente nell'ambito dell'accesso, sottolineando che gli aspetti di ricerca a più lungo termine sulle reti sono riportati nella sezione dell'Unità di Ricerca "Content Centric Networks".

Qualità di accesso ad Internet

Nel corso del 2016 sono state approfondite le tematiche della qualità di accesso ad Internet nell'ambito dei due importanti progetti commissionati dall'AGCOM e riguardanti la misura della qualità del servizio di accesso ad Internet sia da postazione fissa sia da postazione mobile.

In particolare, per quanto riguarda la QoS per rete fissa, è stato progettato e sviluppato il nuovo metodo di misura che rispetta le indicazioni del nuovo standard ETSI ES 202 765 parte 4, migrando così dal precedente approccio *Misurainternet* basato sul protocollo FTP al nuovo approccio basato sul protocollo http, passando inoltre da una logica "dimensioni del file costante" ad una logica "tempo costante". Questa evoluzione permette ora la misura certificata di linee di accesso ad Internet con banda maggiore di 30 Mbps, adeguando quindi i test alle nuove reti ultrabroadband basate sull'accesso in fibra. Tutta l'attività di studio e prototipazione è stata effettuata anche mediante numerose attività di tipo sperimentale, sia in laboratorio sia in campo, al fine di validare i risultati conseguiti. Il nuovo metodo, incluso nel software Nemesys, è stato certificato per le misure delle linee di accesso ad Internet da parte degli utenti finali, ed è ora operativo.

Per quanto riguarda la rete mobile, nel corso del 2016, è stata innanzitutto terminata la campagna di misura della QoS misurata sugli smartphone connessi, anche con tecnologia 4G, alle reti degli operatori di telefonia mobile nazionale. I principali risultati di queste campagne di misura sono stati pubblicati, in maniera aggregata, dall'AGCOM nel mese di agosto. Inoltre i risultati comparativi dell'intera campagna 2015-2016 sono ora riportati sul web alla pagina <http://misurainternetmobile.it/risultaticomparativi/>. Una nuova campagna di misura è stata avviata il 24 ottobre 2016 per consentire una valutazione dell'evoluzione della QoS offerta dalle reti mobili.

Nel frattempo, specialmente per interpretare alcune anomalie che si sono presentate nelle misure, sono stati intrapresi ulteriori studi sulle statistiche dei test di Ping e, in generale, sul comportamento del jitter in funzione della sequenza dei pacchetti utilizzata nei test. Con l'interpretazione delle anomalie verificatesi in alcune misure l'insieme dei dati è stato rielaborato per una successiva versione aggiornata del report sui dati aggregati nel dicembre 2016.

QoS per futuri scenari 5G

Il tema della QoS è stato affrontato anche con lo scopo di comprendere come la tematica della qualità dei servizi si svilupperà nel 5G, considerando questo come un nuovo paradigma di comunicazione che mira ad unificare le tecnologie trasmissive in un sistema *end-to-end*. L'analisi è stata riservata principalmente ai servizi video, in quanto sono attualmente, e lo saranno ancor di più, i servizi più diffusi, specialmente in ambito 5G.

Pertanto sono stati studiati gli aspetti di rete che saranno presenti in ottica 5G (seguendo in particolare il lavoro dell'ITU) ed è stato studiato come le misurazioni ad oggi effettuate (a livello *network performance*, QoS e QoE) ed i relativi Service Level Agreement (SLA) dovranno mutare per poter valutare correttamente il livello di qualità nelle reti future. In particolare, sono stati identificati i Key Performance Indicator (KPI) relativi non più alla sola efficienza della rete, ma al servizio video nel suo complesso e nelle sue peculiarità, esaminando come gli stessi parametri tradizionali nelle reti 5G assumeranno un significato differente. Infine, è stata effettuata una sperimentazione per la valutazione della qualità di un servizio video on-demand così come potrebbe esser fruito in una possibile

rete 5G, comprendendo sia reti wired che wireless. La sperimentazione è stata realizzata nel laboratorio Test Plant dell'Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione, ed è stato creato un agent che ha permesso di valutare KPI sia di rete che di servizi (*web-browsing* e *Video on Demand*) utilizzando sia diversi collegamenti di rete fissa, che la rete mobile LTE reale.

Evoluzione delle reti in doppino

Anche se ormai la fibra ottica sta penetrando nelle nostre case in maniera molto capillare, sospinta anche dalle azioni del Governo nelle cosiddette aree bianche, o a fallimento di mercato, si intravede comunque che per molti anni ancora, specialmente in alcune abitazioni, il doppino in rame manterrà un ruolo importante e quindi sarà necessario valutare tutte le possibili tecniche che potranno permettergli di ottenere prestazioni compatibili con gli obiettivi dell'Agenda digitale 2020, in particolare i 100 Mb/s. Sono quindi stati fatti studi sulle tecnologie e-VDSL, Vectoring, G.Fast per infrastrutture di tipo FTTC/FTTB, in alcuni casi con sperimentazioni nei laboratori ISCOM, analizzando anche aspetti regolatori per garantire un accesso multioperatore agli utenti finali. Infatti, a livello regolatorio, si è visto come la situazione in Europa risulti essere piuttosto disomogenea, sia per quanto riguarda le tecnologie che la regolamentazione. In Italia, è stata individuata una soluzione, il Multioperator Vectoring (MOV), che prevede una cooperazione tra gli apparati dei diversi operatori al fine di cancellare l'interferenza su tutti i doppi del particolare cavo. Le criticità di questa soluzione sono diverse, tra cui spicca la necessità della definizione di standard internazionali.

Sono state poi effettuate simulazioni riguardo alle soluzioni VDSL2 e alla sua evoluzione EVDSL, considerando il ruolo del Vectoring e della sua effettiva applicabilità, anche considerando la soluzione di Vectoring non coordinato con accesso in frequenza (proposta indipendentemente sia da Alcatel-Lucent e UniRoma2) che cerca di massimizzare i vantaggi, pur rinunciando ad una soluzione più sofisticata come il MOV.

Dalle sperimentazioni effettuate nel laboratorio Test-Plant dell'ISCOM, sono stati raccolti dati utili che hanno confermato le prestazioni teoriche della tecnica del Vectoring applicata alla tecnologia VDSL2 e hanno dato interessanti indicazioni sui benefici ottenibili in scenari multioperatore in assenza di Vectoring coordinato.

ICT per l'energia

Nel 2016 il tema dell'ICT nel settore energetico è stato affrontato principalmente dal punto di vista del supporto delle telecomunicazioni alle reti elettriche, anche se alcuni studi hanno ancora riguardato il tema del consumo energetico nelle reti, con specifiche soluzioni basate sulla gestione del traffico nelle reti WDM, tema comunque descritto nella Sezione dell'Unità di ricerca "Content Centric Networks".

Negli ultimi anni c'è stato un interesse crescente riguardo a tecniche di controllo avanzate per la gestione efficiente della rete di distribuzione elettrica passando dall'ormai obsoleto concetto di rete di distribuzione passiva a quello di rete attiva, spesso intesa con il nome di *Smart Grid*. In questo ambito sono stati studiati scenari di reti TLC adatte per il settore energetico, sia con l'adozione di reti esistenti (2G-4G) che di quelle future, al fine di garantire il soddisfacimento dei requisiti di QoS necessari nei servizi previsti nelle Smart Grid. Tale studio è stato effettuato tenendo in conto le caratteristiche delle reti Power Line Communication (PLC), che sono state sviluppate considerando l'infrastruttura domestica della rete elettrica, ma che risultano vantaggiose solo quando l'erogatore del servizio energetico è un incumbent, e cioè possiede l'intera rete di distribuzione.

In particolare, riguardo al tema del monitoraggio occorre precisare che tra i vari fattori ICT abilitanti lo sviluppo delle Smart Grid, l'uso del paradigma di comunicazione Machine-to-Machine (M2M) è quello che consentirà di definire un sistema di tipo Advance Monitoring. Tuttavia, le caratteristiche uniche delle comunicazioni M2M pongono una serie di questioni sulle reti di telecomunicazioni tradizionalmente concepite per un traffico dati completamente differente. Gli studi hanno riguardato quindi sia soluzioni basate su banda licenziata (M2M Cellular Networks), quali e-MTC (enachend-Machine Type Communication), NB-IoT (Narrowband IoT), EC-GSM (Extended Coverage GSM); sia soluzioni Unlicensed LPWA (Low Power Wide Area) basate su scelte proprietarie, quali, SIGFOX e LoRa.

Nell'ambito delle soluzioni basate su reti cellulari, si è cercato di valutare come le tecnologie di nuova generazione, come le reti 4G, possano essere considerate adatte per implementare applicazioni M2M in ottica Smart Grid. In particolare, sono state valutate le prestazioni della rete in termini di copertura e di capacità considerando due casi d'uso tipici per applicazioni M2M in ambito energia:

- il monitoraggio dati dei contatori intelligenti (AMI - Advanced Metering Infrastructure Use Case);
- il monitoraggio delle Cabine Secondarie nella rete di distribuzione della rete elettrica per lo scambio dati necessario alla gestione della tratta di linea a Media Tensione (Substation Monitoring Use Case).

Lo scopo di questo studio è di verificare se la rete d'accesso radio della tecnologia cellulare sia in grado di soddisfare i requisiti delle applicazioni proposte, al fine di dare indicazioni per l'effettiva implementazione di nuovi servizi per le Smart Grid (Smart Energy Services). L'analisi per i due casi d'uso è stata effettuata partendo dapprima da un approccio teorico, per poi validarlo tramite un modello simulativo che considera un contesto urbano di copertura radio con una conseguente densità di distribuzione di dispositivi (Smart Meter per il primo scenario, e Cabine Secondarie per il secondo).

Il principale risultato di questa analisi è che per lo sviluppo di nuovi servizi Smart Grid, in cui si prevede un intenso scambio di dati, la tecnologia LTE tradizionalmente pensata per una tipologia di traffico diverso (Human2Human Communication) dovrà essere opportunamente riadattata per rispondere alle esigenze crescenti della rete elettrica. Lo studio continuerà considerando le ulteriori proposte che arrivano dallo scenario 5G.

Lavori futuri potranno confrontare i risultati ottenuti relativamente alla tecnologia LTE con altre tecnologie radio, quali ad esempio la tecnologia WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) che potrebbe essere vista come una soluzione wireless alternativa per l'effettivo sviluppo di servizi emergenti per Smart Grid.

Altri aspetti hanno riguardato le M2M basate su Embedded-SIM per applicazioni Smart Energy, considerando sia aspetti tecnici quali analisi di standard, Number Portability, funzionalità OTA, sia aspetti normativi quali Permanent Roaming a livello nazionale e a livello europeo.

Sono in fase di indagine alcune sperimentazioni da effettuare in collaborazione con il MiSE sulle reti di comunicazione per la valutazione delle prestazioni per applicazioni nel dominio energetico.

Tutte queste attività si inseriscono nell'ambito delle attività di sviluppo delle Smart Grid nel contesto Europeo secondo le raccomandazioni promosse dal Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan). L'adozione dei sistemi ICT in ambito energetico contribuisce a promuovere e accelerare lo sviluppo delle tecnologie low-carbon per perseguire gli obiettivi fissati al 2030.

PUBBLICAZIONI

Reti verso il 5G

Coesistenza di reti radio e modelli di propagazione

- Bosisio A.V., Cadeddu M., Fionda E., Ciotti P., "Forward modelling of an atmospheric scenario: path characterization in terms of scattering intensity", the *14th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment (MicroRad 2016)*, Espoo, Finland, 11-14 April 2016.
- Pulcini L., Grazioso P., Valenti A., Matera F., Del Buono D., Attanasio V., "Software Defined Networks over Carrier Ethernet for 5G: Tests from a GMPLS test bed", *Fotonica 2016*, Rome, Italy, June 6th-8th, 2016, paper B5.6.
- Celidonio M., Fionda E., Pulcini L., Dal Molin R., Restuccia E.R., "75GHz Indoor Radio Channels Propagation Measurements", *AEIT International Conference, Capri (NA)*, October 5-7 2016.
- Celidonio M., Fionda E., Pulcini L., Ferrante M., Restuccia E.R., "Outdoor-Indoor Radio Propagation Measurements on Two Candidate 5G Millimeter Wave Bands", *AEIT International Conference, Capri (NA)*, October 5-7 2016.
- Giuntini M., Grazioso P., Matera F., Valenti A., Attanasio V., Di Bartolo S., Nastri E., "Enabling Optical Network Test Bed for 5G Tests", *Fiber and Integrated Optics*, published online Dec. 14th, 2016, Taylor & Francis, <http://dx.doi.org/10.1080/01468030.2016.1262481>.

Internet of Things (IoT)

- Persia S., Rea L., "Next Generation M2M Cellular Networks: LTE-MTC and NB-IoT Capacity Analysis for Smart Grid Applications", *AEIT International Conference, Capri (NA)*, October 5-7 2016.

Prestazioni delle reti

Evoluzione delle reti in doppino

- Valenti A., Attanasio V., Persia F., Rufini A., Penna S., Del Buono D., Verticale G., Maier G., "Evaluation of the hybrid FTTx/VDSL2-Vectoring approach in an access network", *ICTON 2016*, Trento, 10-14 Luglio 2016.
- Valenti A., Rufini A., Verticale G., Maier G., Attanasio V., Penna S., "Ultra broadband access network performance in a multi operator scenario", *NETWORKS 2016*, IEEE, 2016, 26-28 September 2016, Montreal (Canada).
- Frascchetta M., Gaidolfi L., Balzani L., Tiberti M., Taddei I., Zanichelli P., Bruni M., Paolini P., Tedeschini M., Anania G., Baldassini S., Bontempelli D., Colantonio S., Marchesini G., Trepiccione M., Caccoli A., Geminiani L., Tinarelli R., Bellodi S., Cavallari M.A., Tosi M., Trombini M., Ceccarelli C., Graziosi G., Barbiroli M., Carciofi C., Valbonesi S., "Problematiche connesse alla misura dei livelli di campo elettrico emesso dalle tecnologie per telefonia mobile LTE e UMTS: normativa tecnica e confronto fra diversi sistemi di misura e simulazioni", *VI Convegno Nazionale AIRP*, Alessandria, 6-8 giugno 2016, ISBN 978-88-7479-130-9.
- Fuschini F., Barbiroli M., Zoli M., Perikleous A., Petrini V., Carciofi C., "Path-loss Statistical Model for Urban Mobile Backhauling at MM-Frequencies", *Convegno RINEM 2016*, Parma, 12-14 settembre 2016.

Organismi internazionali / Standard / Gruppi di normativa tecnica

- Guiducci D., Carciofi C., Petrini V., Spina E., Valbonesi S., "EMF exposure assessment in a real femtocell environment under 5G paradigm", *IRACON CA15104*, Lille, France May 30-June 1, 2016, contributo TD(16)01027.

ATTIVITÀ DIDATTICA

- Svolgimento del corso di "Tecniche elettromagnetiche per la localizzazione e il controllo ambientale" presso la facoltà di Ingegneria di Cesena.

SEMINARI

.....

Partecipazione come speaker ai Seminari organizzati dall'ISCOM:

- "Reti eterogenee nel contesto 5g: Potenzialità e prospettive", 11 febbraio 2016.
- "Le nuove frontiere tecnologiche del 5G: Le comunicazioni radiomobili ad onde millimetriche", 16 marzo 2016.

Partecipazione come relatore a invito al Seminario per Università degli Studi Milano Bicocca:

- "Evoluzione dei sistemi per le comunicazioni mobili verso il 5G: aspetti tecnologici e impatto territoriale".

EVENTI

.....

- "Smart Building Roadshow 2016", Bari, 2 febbraio.
- "Smart Building Roadshow 2016", Roma, 12 febbraio.

SOFTWARE / TOOL

.....

- Sviluppo SW per RSE, WMS per cartografia offerta Internet TIM e OLO su rete TIM.
- Aggiornamento dei SW Nemesys e MisuraInternet Speed Test (MIST).
- Sviluppo portale MisuraInternet Mobile per consultazione risultati comparativi.

LABORATORI

.....

- Laboratorio FUB di TV digitale.

ATTIVITÀ DEI CENTRI DI COMPETENZA

GESTIONE DELL'INFORMAZIONE

Il Centro di competenza Gestione dell'Informazione è una struttura a carattere multidisciplinare focalizzata sulle conoscenze, le tematiche e le metodologie operative connesse al tema della gestione dei dati e dei servizi, visti come applicazioni distinte dall'infrastruttura di rete.

Le principali problematiche analizzate e approfondite nel Centro di competenza riguardano:

- le tecniche di rappresentazione, trasformazione, codifica e riconoscimento delle informazioni multimediali;
- le tecniche di accesso, indicizzazione, ricerca e modellazione dell'informazione disponibile in rete (blog, microblog, ecc.), con particolare riferimento all'approccio semantico;
- la definizione di metodi e architetture flessibili per il "data mining" su grandi moli di dati eterogenei e destrutturati;
- i sistemi di intelligenza artificiale per la gestione delle informazioni energetiche nelle "smart grid";
- la valutazione e progettazione di interfacce e applicazioni multimediali interattive personalizzabili rispetto alle attività e ai servizi richiesti dall'utente;
- lo sviluppo di modelli adattativi per l'analisi dell'interazione utente-macchina nella modalità passiva e dinamica, e la definizione di metodologie avanzate per la profilazione del comportamento degli utilizzatori immersi in ambienti multimediali, virtuali e dinamici;
- l'osservazione e valutazione della qualità soggettiva e oggettiva dei media tramite procedure e tecniche di intelligenza computazionale basati sull'elaborazione dei contenuti multimediali;
- la sicurezza e la protezione dei dati (anche di carattere personale);
- la definizione delle procedure per la verifica e la certificazione della sicurezza e affidabilità dei sistemi informatici a supporto di infrastrutture e servizi critici di vitale importanza per la comunità civile, quali la fornitura di energia, la tutela della salute e della capacità produttiva nazionale, i trasporti, i servizi bancari, i sistemi di pagamento in mobilità;
- le metodologie di analisi e progettazione dei processi di business, applicati nei contesti specifici sia della verifica di fattibilità tecnica e organizzativa di norme e regolamenti, sia dell'organizzazione procedurale della Pubblica Amministrazione centrale nei rapporti con il cittadino.