ATTIVITÀ DIDATTICHE

Università “La Sapienza” di Roma, Dipartimento di Ingegneria Elettronica
Corso di Antenne I, Prof. Frank Silvio Marzano
“Laboratorio Interdisciplinare III”
Responsabile: Fernando Consalvi

Università “La Sapienza” di Roma, Dipartimento di Ingegneria Elettronica
“Laboratorio di Radio Meteorologia”
Staff: F. S. Marzano, L. Pulvirenti, N. Pierdicca
Advisor: Fernando Consalvi

Università di Bologna, II Facoltà di Ingegneria
“Microonde L A”,
Docente: Ing. Andrea Neri

Università di Bologna, II Facoltà di Ingegneria

Università di Bologna, II Facoltà di Ingegneria
“Tecniche elettromagnetiche per la localizzazione ed il controllo ambientale LS”
Docente: Prof. Ing. Gabriele Falciasacca
Co-docente: Dott. Ing. Claudia Carciofi

PAGINA BIANCA

2. APPROFONDIMENTO - I TEMI DI RICERCA

PAGINA BIANCA

I TEMI DI RICERCA

GESTIONE DELLO SPETTRO RADIO

Studi sugli aspetti interferenziali tra segnali DVB-T e mobile broadband in banda UHF

Con il completamento del processo di switch off, le porzioni di spettro impiegate dal segnale televisivo analogico che si trovano nella banda UHF da 470 a 862 MHz, saranno disponibili per la diffusione di canali DVB-T. Una porzione di tale banda – e precisamente l'intervallo 790-862 MHz – dovrà invece essere destinata ai servizi di telecomunicazioni mobili di prossima generazione (4G).

Potrebbe essere quindi necessario risolvere il problema di coesistenza tra i canali DVB-T adiacenti alla banda in questione e i segnali dei futuri sistemi di comunicazione mobili a banda larga, valutando soprattutto gli effetti prodotti da questi ultimi nei confronti della tecnologia DVB-T.

FUB ha focalizzato l'attenzione sulle principali tecnologie mobili a larga banda, quali WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) e LTE (Long Term Evolution), per valutare l'assenza di impedimenti di natura tecnica alla loro implementazione nelle bande che risulteranno effettivamente disponibili.

A tal fine, sono stati effettuati studi preliminari su specifici parametri prestazionali quali:

- il rapporto di protezione (protection ratio): definito come il valore minimo del rapporto misurato all'ingresso del ricevitore (potenza segnale desiderato / potenza segnale interferente), tale da garantire un livello dato di qualità del segnale desiderato;
- la distanza di protezione: ovvero la distanza minima a cui può essere collocata un'antenna di un sistema mobile (stazione radio base o terminale d'utente) rispetto a un'antenna TV, affinché l'interferenza non sia tale da compromettere la qualità del segnale televisivo.

Dallo studio, è emerso che la distanza di protezione diminuisce all'aumentare della potenza del segnale DVB-T ricevuto dall'antenna TV. Inoltre, lo stesso parametro risulta fortemente influenzato dal formato di modulazione del segnale DVB-T: a parità di potenza ricevuta dall'antenna televisiva, l'implementazione di uno schema di modulazione 64QAM richiede distanze di protezione notevolmente maggiori di quelle richieste in presenza di uno schema di modulazione 16QAM. Si sono potuti stabilire con ragionevole esattezza i vincoli che occorre tenere in considerazione per la corretta collocazione di stazioni radio base LTE o WiMAX in fase di progettazione delle corrispondenti reti, con l'obiettivo di non pregiudicare il servizio fornito dalle reti DVB-T.

EVOLUZIONE SISTEMI RADIOMOBILI

Valutazione dei vantaggi nell'impiego della banda 800 MHz

Il dispiegamento di sistemi di comunicazioni mobili di terza e di quarta generazione in bande di frequenza sotto 1 GHz trarrà un grande beneficio dalle condizioni di propagazione più favorevoli rispetto alle frequenze più elevate attualmente in uso o in procinto di esserlo (2,1 GHz e 2,6 GHz). In partico-

lare, l'utilizzo delle frequenze più basse consentirà di migliorare le prestazioni del sistema sia in ambiente urbano, soprattutto per quanto riguarda la copertura all'interno degli edifici. Inoltre, l'aumento nel raggio di copertura migliorerà la connettività wireless in zone laddove l'accesso fisso è insufficiente o totalmente inesistente (aree soggette a digital divide).

FUB ha ottenuto risultati preliminari – comunicati a importanti conferenze internazionali – che quantificano il miglioramento di copertura che si otterrà passando alla banda degli 800 MHz (in termini di riduzione di siti necessari, a parità di area di servizio).

Ray Tracing

Un significativo contributo al miglioramento della qualità di servizio nei sistemi radio è oggi consentito dalle cosiddette tecniche MIMO (Multiple Input-Multiple Output), che permettono di trarre vantaggio dalla conoscenza delle caratteristiche del canale di comunicazione.

Tuttavia, con le tecniche attuali tale informazione non è praticamente disponibile nelle reti mobili. Ciò a causa delle rapidissime variazioni del canale in condizioni di mobilità, incompatibili con i tempi necessari per la stima del canale mediante scambio di informazioni fra trasmettitore e ricevitore. D'altro canto, la continua evoluzione tecnologica renderà in breve tempo disponibili sistemi di comunicazione mobile dotati di notevoli capacità di calcolo.

In questo ambito, FUB ha avviato un'attività di ricerca sull'impiego di strumenti evoluti per la previsione del campo, come il Ray Tracing, nei sistemi di quarta generazione. L'obiettivo è rendere disponibile la stima del canale nell'istante della trasmissione, in modo da poter adottare le strategie ottimali consentite dai sistemi MIMO per il raggiungimento di elevate velocità di trasmissione.

Predisposizione modelli a 3.5 GHz outdoor e indoor

I modelli di propagazione a 3.5 GHz attualmente disponibili in letteratura presentano forti limiti di accuratezza e precisione. A queste frequenze è importante caratterizzare in maniera accurata il livello del campo elettromagnetico sia in ambienti esterni (outdoor) che in ambienti interni (indoor) dove la ricezione risulta più complessa e difficoltosa a causa di una maggiore attenuazione nella penetrazione all'interno degli edifici.

FUB è impegnata nella validazione di un modello di propagazione ray-tracing (RT) implementato in un tool proprietario – Scat-Ray, sviluppato dall'Università di Bologna – e nella messa a punto di un modello statistico che superi i limiti dei modelli attualmente disponibili (es. SUI, COST231, Hata-esteso). La fase di utilizzo del tool RT di propagazione ha richiesto la realizzazione di diverse campagne di misura nomadiche e mobili in diverse città e ambienti. Quest'attività sperimentale è stata condotta in collaborazione con l'Università di Covilhã (Portugal) che ha fornito la strumentazione di misura. I modelli statistici disponibili sono stati applicati ai diversi scenari di misura e vagliati nelle loro criticità.

La convalida del modello di RT è in fase avanzata di completamento: maggiori approfondimenti del modello sono ancora allo studio per lo scenario street-corner e per la ricezione in-car nella città di Bologna e per i percorsi in ambiente collinare della città di Covilhã.

Lo sviluppo di un modello statistico a partire dalle misure disponibili e dalla generazione di valori di campo mediante l'uso del RT è ancora in una fase iniziale.

Dispositivi wireless in mobilità a forte velocità

Allo stato attuale, per fornire una connessione a banda larga a utenti che si muovono a velocità elevate (come nel caso dei passeggeri di treni ad alta velocità), è possibile utilizzare, in linea di principio, diverse tecnologie che differiscono in termini di costi di implementazione e di prestazioni (GSM/GPRS, UMTS/HSPA, WiMAX, Satellite). Tuttavia, con tali tecnologie l'utilizzazione di un unico sistema di telecomunicazione potrebbe non risultare ottimale, sia perché implicherebbe costi elevati per garantire il servizio su entrambe le tratte UL (uplink) e DL (downlink), sia perché risulterebbe inefficiente in termini di prestazioni raggiungibili.

FUB effettua studi teorici e sperimentali, al fine di:

- analizzare lo strato fisico e la modalità trasmissiva impiegata nella tratta di comunicazione downlink (cioè dalla stazione radio base verso il terminale d'utente) dalla tecnologia LTE;
- verificare se risulta possibile fornire connettività mobile a banda larga, con sufficiente livello di qualità, anche nel caso di mobilità dell'utente ad alte velocità (fino ai 350 Km/h).

Il movimento relativo tra terminale d'utente e stazione radio base determina, infatti, la presenza dell'effetto Doppler, che in sistemi trasmissivi multi-portante, quale l'OFDM impiegato nella tecnologia LTE, comporta la generazione di interferenze altrimenti assenti in sistemi trasmissivi a singola portante (GSM, UMTS).

Dai primi risultati ottenuti, è stato possibile verificare che la degradazione delle prestazioni, in termini di velocità di connessione, in condizioni di mobilità a velocità elevate dipende da fattori diversi, quali la frequenza portante utilizzata in trasmissione e il modo di propagazione dalla sorgente alla destinazione del segnale trasmesso, che può seguire un unico o molteplici percorsi. In particolare, si è verificato che per frequenze portanti di 900 MHz, le prestazioni generali del sistema risultano migliori rispetto al caso di portante a 2.1 GHz.

Reti a femtocelle

L'aumento di traffico voce/dati derivato dal crescente utilizzo delle reti mobili in futuro sarà un elemento chiave della qualità di servizio. Ciò ha determinato lo sviluppo di nuove soluzioni architetturali, tra cui quella basata sulle femtocelle.

Con questo termine ci si riferisce a stazioni radio domestiche, a basso costo e a basso livello di potenza, gestite da remoto dall'operatore mobile, con lo scopo di migliorare la copertura cellulare indoor (2G/3G/WiMax/4G), aumentando le prestazioni dei servizi voce e dati. Da parte sua, l'operatore beneficia del vantaggio di indirizzare parte del carico di traffico della propria rete mobile verso la rete fissa (collegamenti xDSL, fibra ottica, ecc.), con un conseguente risparmio dei costi richiesti per il potenziamento dell'infrastruttura di rete.

In questo contesto, FUB ha analizzato dei tipici scenari interferenziali tra reti femtocellulari e reti macrocellulari con lo scopo di definire i parametri prestazionali e i relativi vincoli fisici che debbono essere rispettati per massimizzare il throughput totale della rete.

Inoltre, sono state proposte delle architetture di accesso a larga banda innovative basate sull'integrazione delle femtocelle con infrastrutture cablate esistenti negli edifici (ad es. impianto televisivo centralizzato). Tali architetture sono state quindi messe a confronto con le soluzioni femtocellulari tradizionali, sia dal punto di vista implementativo che da quello prestazionale.

EVOLUZIONE DEL SERVIZIO TELEVISIVO

Valutazione della User Experience con la Televisione Digitale Terrestre

Il Ministero dello sviluppo economico – Dipartimento comunicazioni ha affidato alla FUB il monitoraggio delle politiche di comunicazione adottate durante il processo di switch off e, in particolare, dei seguenti aspetti:

- il livello di diffusione delle diverse piattaforme televisive presso le famiglie;
- il grado di conoscenza delle famiglie sul passaggio alla televisione digitale terrestre;
- le criticità e gli aspetti di user experience.

L'attività di monitoraggio ha interessato sia gli aspetti di tipo tecnico (copertura e qualità del segnale delle diverse piattaforme/tecnologie), sia gli aspetti più strettamente connessi all'esperienza d'uso (modalità di fruizione, difficoltà nell'uso) in relazione a specifici segmenti sociodemografici e culturali.

L'attività di monitoraggio ha consentito di delineare una serie di scenari socio-culturali (cognitivi,

emotivi, simbolici) strettamente intrecciati alle valutazioni tecnico-economiche delle reti e dei servizi ICT, anche in relazione allo sviluppo della domanda di servizi veicolati dalla banda larga e ultralarga.

Il cuore dell'impianto metodologico è stato la costruzione di una base di dati sulla televisione digitale che racchiudesse tre tipi di informazioni principali:

- le piattaforme tecnologiche disponibili presso le famiglie: DTT, satellite, IPTV e rispettivi apparati (ad esempio decoder);
- esperienze d'uso e criticità;
- scenari d'uso possibili grazie all'integrazione broadcast/Internet e ricadute sociali e istituzionali connesse.

Nel data base sono confluiti dati:

- di tipo quantitativo (es. survey CATI);
- di tipo qualitativo (es. focus group);
- dati provenienti da altre indagini (es. Indagine Multiscopo Istat).

La piattaforma per la TV su IP

Nel corso del 2011 sono continuati gli studi e le ricerche per cercare di proporre e analizzare una serie di tecniche per aiutare la diffusione della TV digitale. Oggi siamo di fronte ad una realtà in cui l'utente comincia ad avere più televisori che acquisiscono i contenuti sia dalle reti digitali terrestre e satellitare, sia dalla rete IP. Tuttavia mentre la TV satellitare e quelle terrestre sono in grado di servire gran parte delle utenze, la TV su IP presenta ancora delle forti criticità, fondamentalmente legate alla mancanza di copertura della larga banda, o in presenza di una larga banda non idonea al servizio TV, e anche quando questa risulta elevata in termini nominali per l'utenza si potrebbero però realizzare delle condizioni che rendono la qualità di questa piattaforma non idonee alle aspettative. Per queste ragioni la FUB ha effettuato approfonditi studi tra la relazione che sussiste tra la qualità televisiva e qualità della rete con particolare analisi per il contesto della rete fissa: xDSL e fibra. I risultati mostrano come il sistema operativo dei PC, ma anche quelli che ora operano sulle Smart TV hanno un ruolo fondamentale ai fini dello sfruttamento della capacità che viene fornita all'utenza. In questo ambito un'altra forte limitazione per la qualità cui l'utente guarda una TV (Quality of Experience) dipende dalla sua distanza dal server che distribuisce i contenuti. Per questo un ruolo fondamentale è sempre più dato dalle cosiddette Content Delivery Networks, di cui gli operatori di servizi e contenuti ne devono far sempre più uso.

Nel corso di quest'anno, pensando sempre più ad un ambiente connesso con una rete ad alta capacità (>30 Mb/s) come richiesto dall'Agenda EU 2020 sono stati fatti ampi studi sulle reti domestiche ad alta capacità, realizzate in particolare con fibre plastiche, che hanno il vantaggio di essere molto più piccole dei cavi coassiali e UTP e di trasportare maggiori capacità di dati. È stato in particolare realizzato un modello per la simulazione delle reti in fibre plastiche, mostrando come una fibra plastica sia in grado di sostituire la rete in cavo coassiale e sulla stessa infrastruttura trasportare anche il traffico internet. In questo modo con una sola rete domestica si è in grado di trasportare sia la TV digitale terrestre (o satellitare), la rete dati e quindi quella della TV su IP.

Reti NGN avanzate

Nell'ambito del progetto ATENA sono state sperimentate architetture di rete basate su processi Multicast avanzati ai fini di un trasporto dei servizi televisivi in maniera più efficiente. In particolare sono state sperimentate con successo tecniche di processamento per reti dorsali e metropolitane a "livello 2" di tipo Carrier Ethernet utilizzando i nuovi apparati PBB-TE presso l'ISCOM. Con queste tecniche il processo di instradamento subisce una semplificazione perché non è necessario risalire ai livelli superiori.

Inoltre, per le nostre conoscenze, è stato sperimentato per la prima volta un processo Multicast tutto a livello ottico (layer 1) mantenendo tutte le funzionalità IP. Questa tecnica propone una profonda variazione nel panorama delle reti, specialmente pensando ai dispositivi ottici di futura generazione come All Optical Cross Connect e All Optical Wavelength Converters.

Queste sperimentazioni mostrano come le future reti dorsali richiederanno sistemi ottici WDM con maggiori capacità e efficienza spettrale. La capacità di questi sistemi è limitata dalle nonlinearità presenti nelle fibre ottiche. La FUB, in collaborazione con l'Università dell'Aquila, ha elaborato un modello analitico che permette di valutare le prestazioni dei sistemi ottici WDM anche in presenza di effetti nonlineari. Il modello è stato verificato con simulazioni numeriche e sono stati presentati diversi case studies per sistemi DPSK, DQPSK anche in presenza della moltiplicazione di polarizzazione. In particolare è stato mostrato come trasmettere canali a 200 Gb/s in ampie reti geografiche (centinaia e migliaia di km).

GREEN ICT E ICT 4 GREEN

Con riferimento all'approccio diretto della Green ICT, FUB ha svolto diversi studi riguardanti il risparmio energetico, con particolare attenzione agli aspetti di:

- consumi e risparmi energetici nelle reti di accesso fisse;
- risparmio energetico nelle reti dorsali;
- riduzione dei consumi energetici nelle reti radiomobili;
- produzione di energia da fonti alternative.

Rispetto all'approccio dell'ICT4Green, la Fondazione ha affrontato i seguenti temi:

- soluzioni per la sicurezza e l'efficientamento energetico nelle "smart grid"
- progressiva integrazione dell'ICT nelle smart grid per le utility

Consumi e risparmi energetici nelle reti di accesso fisse

Anche nel settore dell'ICT, quello del consumo energetico è un tema molto dibattuto: è stimato, infatti, che questo settore sia responsabile di circa il 4% delle emissioni globali di CO₂. Focalizzando l'attenzione sulle reti di telecomunicazioni, nei prossimi anni la massiccia crescita del traffico dati, dovuta principalmente all'esplosione dei servizi video, imporrà stringenti requisiti in termini di disponibilità di banda, alla reti di accesso.

Le odierne reti di accesso in rame non saranno in grado di soddisfare pienamente tale richiesta di banda, e dovranno essere sostituite con reti di accesso in cui la fibra ottica arriverà sempre più vicino alla casa dell'utente finale (Fiber To The Building/Home, FTTB/FTTH). Tale sostituzione comporterà, di fatto, la realizzazione di nuove reti di accesso sul territorio nazionale, con la necessità di enormi investimenti da parte degli operatori di rete.

Come già dimostrato, l'adozione delle tecnologie ottiche, oltre a migliorare le prestazioni delle reti, consente di avere anche un maggior risparmio energetico.

FUB ha condotto un'analisi sperimentale sui consumi di potenza nelle reti di accesso fisse al fine di quantificare il risparmio energetico dovuto alla sostituzione completa della rete in rame con una in fibra ottica. Le misure sono state effettuate sulle reti di accesso presenti presso i laboratori dell'Istituto Superiore delle Comunicazioni e Tecnologie dell'Informazione (ISCOM) e hanno riguardato accessi di tipo xDSL (Digital Subscriber Line) e GPON (Gigabit Passive Optical Networks).

Relativamente al caso di reti di accesso in tecnologia ADSL, è stato misurato il consumo del modem ADSL2+ e del DSLAM utilizzando un power analyzer. Sul DSLAM, le misure sono state fatte con (ON state) e senza traffico (IDLE State), variando il numero di utenti agganciati da 1 a 48.

Sui modem, il consumo è stato misurato in presenza (ON state) e assenza (IDLE state) di traffico, ma comunque a link attivo tra modem e DSLAM. Il traffico di test (ON state) è di 15 Mbit/s in download e 512 kbit/s in upload. Le misure mostrano come un DSLAM ADSL2+ consumi circa 90W, mentre un modem ne consuma circa 8.2W (consumi medi in un'ora). Tali consumi sono indipendenti dal traffico e non variano al variare del numero di utenti attestati al DSLAM.

Nel caso di reti di accesso ottiche, le misure hanno riguardato la OLT e le ONU/ONT.

- La OLT è composta da una scheda GPON (GPON Card), una scheda di controllo (control card) e da una di uplink (uplink card) che collega la OLT al router. La scheda GPON ha 4 porte GPON, ognuna delle quali può servire fino a 64 ONU/ONT. Ogni singola scheda è stata misurata variando il numero di ONU connesse e registrate sia in presenza (ON state) che in assenza (IDLE State) di traffico. La OLT ha un consumo totale di circa 77W, ottenuto sommando i consumi della GPON card, della control card e uplink card. I consumi risultano essere invariati rispetto al traffico e al numero di ONU registrate. Inoltre, anche se non esplicitamente riportato, tali consumi non variano al variare del numero di porte GPON attive.
- Le ONU sono state misurate negli stati ON e IDLE, a registrazione avvenuta. La ONU mostra un consumo di circa 10 W.

Guardando al consumo di potenza delle due reti di accesso considerate, la rete di accesso ottica appare più "green" rispetto a quella basata su rame. Tuttavia, per introdurre una considerazione di tipo economico, è utile fare riferimento alla Potenza (consumata) per Utente.

Per una rete ADSL2+ è stato considerato uno scenario in cui il DSLAM è collegato con un link a 1 Gbit/s alla rete di aggregazione, 48 utenti sono attestati al DSLAM, e ogni utente ha una velocità di 15 Mbit/s. Per lo scenario considerato, la potenza per utente di un accesso ADSL risulta pari a $P_u = 2.8$ W, considerando solo la parte di potenza in carico agli Operatori di Rete.

Per la GPON è stato considerato uno scenario in cui la OLT è composta da 4 porte GPON, ognuna servente fino a 64 utenti; il link verso la rete di aggregazione è un link a 10 Gbit/s. In questo modo, la OLT è in grado di servire 256 utenti con una velocità garantita di almeno 30 Mbit/s. Pertanto, per lo scenario considerato, si ha una potenza per utente pari a circa 0.45 W, considerando solo la parte di potenza in carico agli Operatori di Rete.

Come evidenziato dai risultati, la GPON ha un consumo nettamente inferiore rispetto a un accesso ADSL2+: tale differenza è pari a 2.3W in 1 ora, cioè un differenziale nei consumi di energia pari a 2.3Wh.

Assumendo di sostituire totalmente la rete ADSL2+ con una GPON, in un anno si potrebbero risparmiare circa 20 kWh. Considerando lo scenario italiano, dove il numero di unità immobiliari è di circa 25.3 milioni, e assumendo di coprirne il 100%, si potrebbe avere un risparmio di 510GWh/anno, che porterebbe, secondo le tariffe in vigore, a un risparmio economico di circa 71.4 M€/anno.

Pertanto, considerando il risparmio economico derivante da un minor consumo di potenza, e i relativi effetti indiretti derivanti dalle minori emissioni di CO₂, è possibile risparmiare circa 80 M€/anno; se si considera un orizzonte temporale di 20 anni, tempo considerato normalmente per l'ammortamento degli investimenti in una nuova rete di accesso, è possibile risparmiare 1.6B€. Peraltro, tale valutazione non tiene conto di ulteriori ottimizzazioni che possono essere realizzate nelle reti core e che possono portare a ulteriori risparmi energetici e quindi economici.

Risparmio energetico nelle reti dorsali

Approfonditi studi teorici sono stati effettuati sulle reti dorsali per ottimizzare il risparmio energetico. In particolare si è studiato il comportamento del traffico nel corso della giornata e si è visto che nei periodi di scarso traffico alcuni collegamenti e apparati possono essere spenti, riindirizzando il traffico sui percorsi rimasti attivi. L'analisi ha mostrato su quali apparati conviene maggiormente agire per ridurre i consumi. In particolare sono stati presi in considerazione routers, collegamenti in fibra ottica con amplificatori. L'analisi mostra che complessivamente conviene agire sulla parte "elettronica" della rete. Sono stati proposti anche diversi algoritmi per rendere più efficienti i processi di spegnimento degli apparati. I risultati mostrano che con queste tecniche, nei momenti in cui il traffico si riduce al 20% rispetto a quello massimo, si può arrivare ad un risparmio energetico del 60% rispetto a quello in cui è presente il massimo carico.

Riduzione dei consumi energetici nelle reti radiomobili

Il layout di un sistema cellulare radiomobile ha un impatto sulle performance sia in termini di copertura che di capacità, così come sugli aspetti economici e di sostenibilità ambientale. In questa at-

tività, si sono studiate differenti strategie di copertura cellulare per identificare quale soluzione si adatta meglio ai vincoli sui parametri citati.

Si sono considerati due scenari: uno scenario teorico a singola cella in cui abbiamo fatto variare il raggio della cella e un ambiente urbano più realistico, tipo Manhattan con copertura macrocellulare e micro cellulare. Nel primo caso si è utilizzato un modello di propagazione Hata-like dual-slope, nel secondo caso (propagazione sia all'interno che all'esterno degli edifici) un programma basato su 3D Ray Tracing. L'efficienza energetica è stata valutata in termini di Emitted Power Density (EPD). I risultati mostrano che una distribuzione capillare del segnale attraverso celle di piccole dimensioni porta ad una migliore efficienza energetica. Inoltre lo studio eseguito ha mostrato che una pianificazione micro-cellulare street-level, generalmente supporta una copertura scarsa ai piani alti mentre un overlay, macro-cellulare e micro-cellulare, garantisce una copertura uniforme permettendo l'utilizzo di potenze emesse dalle micro-celle inferiori e valori di EPD più bassi.

Per uno studio completo di efficienza dell'intera rete, è inoltre importante valutare la Supplied Power Density che considera la potenza realmente consumata dall'intero sistema e il consumo della rete di back-hauling. Un layout micro-cellulare porta a valori bassi di EPD, ma parallelamente necessita di una più capillare rete di back-hauling; ciononostante, considerare celle di dimensioni ridotte sembra rimanere una soluzione più efficiente dal punto di vista energetico rispetto ad un pianificazione macro-cellulare.

Produzione di energia da fonti alternative

La FUB ha anche svolto una approfondita analisi tecnica ed economica sulla produzione dell'energia con fonti alternative. Da questa analisi risulta che:

- le tecniche fotovoltaiche, anche se di grande interesse, mostrano ancora dei limiti in termini di efficienza che rendono questa tecnica ancora molto costosa. Occorrerebbe quindi spingere molto nel campo della ricerca, specialmente dei materiali, per aumentare il rapporto di conversione tra corrente e luce;
- la tecnica più promettente per il futuro appare il "solare termodinamico" che potrebbe essere determinante specialmente nelle regioni del Sud Italia;
- le tecniche eoliche sono quelle che permettono il miglior rendimento anche se va sempre considerato l'impatto paesaggistico;
- grossi vantaggi potrebbero essere ottenuti con l'installazione di nuovi apparati per l'idroelettrico;
- maggiori approfondimenti sono richiesti per lo sfruttamento delle biomasse, in particolare prendendo considerazione gli ultimi ritrovati e i risultati delle ultime sperimentazioni.

Soluzioni per la sicurezza e l'efficientamento energetico nelle "smart grid"

Il processo di trasformazione che sta portando all'integrazione di avanzate tecnologie di controllo e di comunicazione nella rete elettrica ha tra gli obiettivi quello di aumentare l'efficienza, l'affidabilità e la sostenibilità energetica. I fattori trainanti di questo rinnovamento sono la crescente domanda di energia elettrica da parte della società civile e la necessità di mitigare il cambiamento climatico riducendo le emissioni di gas a effetto serra. Il processo di trasformazione interessa, inoltre, le modalità di produzione e trasmissione dell'energia grazie agli incentivi economici alle sorgenti di energia rinnovabile e alla disponibilità di dispositivi di storage ad alto rendimento. Gli impianti di generazione centralizzata sono affiancati da quelli, più piccoli, di generazione distribuita che comprendono una vasta gamma di tecnologie (microturbine a gas, fotovoltaico, eolico) a minore impatto ambientale.

La realizzazione del potenziale emergente della generazione distribuita sta avvenendo secondo un approccio sistemico che vede i carichi e le sorgenti di energia direttamente associati a formare un unico sottosistema denominato microgrid. Le micro-reti garantiscono ai consumatori un maggiore grado di indipendenza energetica e un livello di qualità di potenza personalizzato.

L'integrazione nella rete di distribuzione di nuove fonti di energia distribuita richiede una revisione delle tecniche di spacciamento elettrico e pone nuove sfide al monitoraggio e controllo del sistema

elettrico. Avanzate tecnologie ICT, architetture distribuite multi-agent e solidi strumenti matematici devono essere adottati per garantire il funzionamento affidabile ed efficiente delle nuove reti elettriche intelligenti. A tale riguardo la FUB sta studiando l'applicabilità degli algoritmi di intelligenza artificiale per la minimizzazione del carico di picco nei contesti urbani.

La presenza nella rete elettrica di nodi intelligenti, capaci di interagire e comunicare autonomamente, e l'utilizzo di smart meter in grado di rilevare i consumi energetici in tempo reale, espongono l'infrastruttura elettrica alle vulnerabilità tipiche di un ambiente informatico integrato. Nuove problematiche di sicurezza e di privacy devono essere affrontate per assicurare il funzionamento affidabile e sicuro della rete elettrica. Le intrusioni e la manomissione dei dati nei sistemi informatici, che gestiscono e controllano la rete, possono compromettere il corretto funzionamento di larghe porzioni dell'infrastruttura e generare "black-out" anche a grandi distanze dal nodo violato dai pirati informatici. Le questioni di sicurezza informatica non solo riguardano l'infrastruttura IT della rete di alimentazione ma anche i suoi utenti. I dati raccolti dagli "smart meters" rivelano, infatti, molte informazioni sulle abitudini e consumi dei clienti e possono essere soggetti a divulgazioni non autorizzate. L'attività della FUB ha preso in considerazione tutte queste tematiche di sicurezza (riservatezza, confidenzialità e disponibilità dei dati) valutandone l'impatto su tutti gli attori coinvolti: clienti e società di servizi.

Progressiva integrazione dell'ICT nelle smart grid per le utility

Il 12 gennaio 2011, si è tenuto a Roma il Workshop "Green ICT. Mercato elettrico e telecomunicazioni", promosso dalla Fondazione al fine di stimolare la riflessione e il confronto su questioni di tipo infrastrutturale, tecnologico e regolamentare, quali:

- standardizzazione dei protocolli relativi alle molteplici interfacce necessarie in ambito metering e grid;
- requisiti di sicurezza e continuità dei servizi essenziali;
- natura e proprietà delle reti di TLC per le smart grid del settore elettrico;
- dibattito sul risparmio energetico abilitato dalle reti mobili e da quelle in fibra.

Al workshop hanno partecipato rappresentanti delle istituzioni e delle imprese operanti nei settori elettrico e TLC. Dal dibattito sono emerse alcune indicazioni di grande interesse:

- Lavorare a un processo di identificazione dei requisiti di comunicazione in vista dello sviluppo di una nuova generazione di smart grid. Si tratta di un'analisi di tipo interdisciplinare che richiede la collaborazione tra professionalità operanti nei diversi settori coinvolti.
- Costituire Tavoli permanenti finalizzati a costruire un accordo su alcuni punti centrali:
 - modelli economici che possano rendere gli investimenti sostenibili per gli operatori e, per quanto possibile, sinergici per i due mondi;
 - suddivisione dei ruoli e degli asset;
 - base regolatoria comune (mediante tavoli congiunti tra le due Autorità).
- Estendere la riflessione, spesso troppo focalizzata sul mercato elettrico, all'intero mercato energetico.

In generale, la FUB è stata sollecitata a svolgere un ruolo competente e autorevole di coordinamento e di "regia", per la definizione di obiettivi chiari da raggiungere in tempi definiti.

SISTEMI INFORMATIVI MULTIMEDIALI

FUB affronta un ampio ventaglio di temi che riguardano la gestione e organizzazione dei dati multimediali e il reperimento e l'analisi delle informazioni contenute nel Web o in basi dati di grandi dimensioni.

Clustering e Probabilistic Rand Index

Uno dei punti deboli dell'attuale tecnologia dei motori di ricerca è costituito dalla modalità di presentazione dei risultati, offerti come una lista di elementi spesso ridondanti e senza nessuna organizzazione logica. I motori di ricerca a categorie (clustering engines) offrono uno schema di visualizzazione complementare, in cui i risultati recuperati da un motore di ricerca tradizionale vengono successivamente raggruppati in categorie omogenee, alle quali l'utente può accedere in modo indipendente. La diversificazione è la seconda strategia più diffusa per migliorare l'output dei motori di ricerca, e si basa sul principio che la collocazione di un risultato ai primi posti dipenda non soltanto dal valore intrinseco di quel risultato, ma anche dalla ridondanza rispetto agli elementi che lo precedono.

KeySRC (Keyphrase-based Search Results Clustering) è un esempio di clustering engine innovativo, sviluppato in FUB e accessibile su Web (<http://keysrc.fub.it/Keysrc/>), che si caratterizza per l'elevata espressività delle descrizioni delle categorie.

Nel 2010, KeySRC è stato esteso per farne anche uno strumento di diversificazione dei risultati. Le prestazioni di KeySRC, utilizzato nelle due modalità, sono state confrontate con sistemi alternativi, ottenendo risultati generalmente positivi e ascrivibili alla precisione con la quale l'utente riesce a discriminare il contenuto dei cluster creati da KeySRC. L'analisi delle prestazioni di KeySRC si è successivamente evoluta in una valutazione complessiva dell'efficacia dei sistemi per subtopic retrieval, mettendo direttamente a confronto le due strategie principali (clustering e diversificazione). Ne è emerso che le due strategie sono essenzialmente complementari: il clustering funziona meglio quando siamo interessati a recuperare documenti multipli che afferiscono a ciascuna subtopic, mentre la diversificazione è preferibile quando l'obiettivo è di coprire il maggior numero possibile di subtopic con almeno un documento.

Nel corso del 2011, le prestazioni del clustering engine KeySRC sono state analizzate con tecniche più robuste e confrontate con altri sistemi di questo tipo. Le nuove valutazioni hanno confermato che l'utilizzazione di KeySRC consente di ottenere prestazioni migliori in termini del numero di documenti recuperati afferenti a singole "subtopic", in virtù della maggiore precisione con la quale le etichette create dal sistema identificano il contenuto dei cluster alle quali esse sono associate. I risultati di questi esperimenti sono stati pubblicati sulla rivista "Web Intelligence and Agent Systems".

Così come i risultati prodotti da motori di ricerca distinti possono essere fusi in un meta motore di ricerca, con l'obiettivo di valorizzare gli elementi presenti in più ranking, anche per i clustering engine è pensabile combinare gli output in un unico clustering di risultati più robusto e preciso. Quest'analogia ha condotto alla definizione, implementazione e validazione di un metodo per fondere i clustering (partizioni) prodotti da un insieme di clustering engine di input in un meta clustering engine.

È un approccio nuovo, proposto da FUB per la prima volta. È stato definito un indice di somiglianza fra due partizioni, basato sulla concordanza probabilistica delle decisioni assunte dalle due partizioni rispetto alle possibili coppie di risultati da partizionare. Successivamente, il problema di meta-clustering è stato formulato come un problema di ottimizzazione della concordanza fra la meta partizione e le partizioni di input, ed è stato dimostrato che metodi di calcolo euristici molto efficienti producono soluzioni con un buon grado di approssimazione. La validazione è consistita nell'esaminare le proprietà della meta partizione rispetto alle partizioni individuali, ed ha evidenziato un miglioramento di prestazioni sia rispetto alla riconoscibilità dei cluster nello spazio delle caratteristiche, sia rispetto all'utilizzazione delle partizioni come sistema interattivo per browsing retrieval, sia infine per quanto riguarda la capacità di ricreare classificazioni naturali note a priori.

Il lavoro sulla fusione di clustering multipli iniziato nel 2010 ha condotto alla definizione di una nuova versione probabilistica del ben noto Rand Index, per stabilire la similarità fra due partizioni di un insieme di oggetti. L'indice di Rand è basato sul conteggio del numero di volte in cui ciascuna coppia di oggetti da partizionare è stata classificata nello stesso gruppo o in gruppi distinti dalle due partizioni. Il suo limite principale è che non tiene conto del fatto che il numero di cluster presenti in una partizione influenza la possibilità che due oggetti siano raggruppati insieme o meno. Partendo da questa osservazione abbiamo definito un nuovo indice, denominato Probabilistic Rand Index, nel quale alle concordanze e discordanze presenti nella classificazione di ciascuna coppia di oggetti nelle

due partizioni vengono assegnati dei pesi basati sulle loro probabilità casuali di occorrenza. Successivamente, questo nuovo indice è stato utilizzato come criterio da ottimizzare nella combinazione di clustering multipli (consensus clustering), realizzata mediante un metodo stocastico semplice ma molto efficiente. Ai fini della valutazione delle prestazioni dello schema complessivo, sono stati analizzati sia classici problemi di riconoscimento di cluster non convessi o rumorosi, sia l'applicazione del consensus clustering al problema di riconoscere ed etichettare i temi presenti nell'elenco dei risultati restituiti da un motore di ricerca (subtopic retrieval). Questo lavoro sarà pubblicato sulla prestigiosa rivista IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence.

Estensione dei metodi di ranking mediante i livelli di energia delle parole

Nell'ambito della fisica quantistica ci sono stati negli ultimi dieci anni alcuni lavori che hanno cercato di sfruttare la similitudine con i livelli di energia per estrarre parole chiave da testi lunghi (ad esempio la Bibbia). In sostanza si è visto che le parole significative tendono a raggrupparsi mentre le altre si distribuiscono uniformemente. Questo tipo di analisi centrato sulla spaziatura delle parole all'interno di un testo si è sviluppato in modo ortogonale rispetto agli approcci basati sulle frequenze tradizionalmente usati in information retrieval e text mining. Avendo verificato sperimentalmente che i risultati dei due metodi sono correlati, abbiamo definito un nuovo modello di ranking basato sulla loro integrazione. Il risultato principale dei nostri esperimenti è stato che il metodo quantistico da solo non funziona bene, mentre il metodo combinato consente di migliorare in modo significativo le prestazioni del metodo classico frequentistico, in particolar modo quando la lunghezza dei documenti recuperati aumenta. Questo studio è probabilmente il primo tentativo di riconciliare due linee di ricerca apparentemente complementari che si sono sviluppate in comunità scientifiche distinte, e fornisce alcune indicazioni quantitative sulle potenzialità di un approccio combinato.

Analisi dei log di un motore di ricerca multimediale

FUB ha condotto un'analisi dei log delle ricerche effettuate dagli utenti nel corso del 2010 sul Catalogo Multimediale Teche di RAI. Questo tipo di studi non è molto comune in letteratura, dove invece c'è una forte attenzione sui log dei motori di ricerca per il Web. I dati originali (circa sei milioni di interrogazioni) sono stati pre-elaborati per ripulirli, normalizzare il testo, comprimerlo mediante codifica, ed estrarre mediante procedure euristiche dati strutturati nella forma di coppie attributo-valore. Successivamente sono state effettuate una serie di analisi sia a livello di singole interrogazioni sia a livello di sessione di ricerca, quest'ultima essendo stata modellata come una sequenza di interrogazioni legate cronologicamente e concettualmente. L'estrazione delle sessioni ha consentito in particolare di modellare e studiare le strategie di riformulazione delle interrogazioni impiegate dagli utenti nelle loro ricerche. È stato evidenziato che il dimensionamento dell'insieme di risultati recuperati in seguito ad una interrogazione ha un impatto modesto sul comportamento degli utenti, i quali invece adottano decisioni che non sembrano compatibili con la logica di reperimento delle informazioni del sistema, con la conseguenza di una utilizzazione non ottimale delle risorse disponibili.

È da segnalare inoltre che sul tema del data mining, attorno al quale ruotano molte delle attività descritte, è stata attivata una convenzione fra CNR e FUB, presentata ufficialmente il 25 febbraio 2011 presso la sede del CNR.

Recupero ed espansione automatica delle interrogazioni in piattaforme di Blog e Microblog

Nei sistemi di recupero delle informazioni per le piattaforme di Blog e Microblog (Twitter), le interrogazioni effettuate sono scarsamente descrittive e pertanto il recupero risulta spesso impreciso o poco esaustivo. In generale per migliorare l'efficacia del recupero dei sistemi di recupero dell'informazione si adottano tecniche di espansione automatica delle interrogazioni, che arricchiscono l'interrogazione con termini aggiuntivi, consentendo così di selezionare fra le pagine candidate quelle il cui contenuto corrisponde meglio all'effettivo bisogno informativo dell'utente.

Quando i documenti sono molto variabili in lunghezza o contengono un vocabolario molto vasto o rumoroso (multilingue, con emoticon o neologismi, ecc.) quali quelli relativi alle piattaforme di Blog e Microblog purtroppo nessuna tecnica di espansione automatica si è dimostrata funzionare affatto.

A tal fine FUB ha introdotto una tecnica di espansione automatica dell'interrogazione basata sul tempo, che dimostra che la componente temporale risulta essere una dimensione decisiva per l'applicazione efficace di tecniche di espansione automatica per le collezioni di Blog.

Il modello di recupero dell'informazione è stato applicato al contesto specifico di Twitter (messaggi corti multilinguismo, con parole relative agli hashtag ecc.). La prestazione è stata valutata come la seconda migliore tra tutti quelli presentati dai 59 gruppi di ricerca partecipanti alla Conferenza per la valutazione dei sistemi, TREC, organizzata da National Institute of Standards and Technology (NIST), Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) e Advanced Research and Development Activity (ARDA).

Inoltre, è stato introdotto un modello di recupero che tiene conto dei possibili errori di battitura o di dizionari rumorosi (OCR o tipici delle piattaforme di Blog e Microblog) ottenuto spezzando opportunamente le parole in frammenti più piccoli (k-grammi).

Per finire, la Fondazione ha organizzato la terza Conferenza Internazionale sulla Teoria dell'Information Retrieval a Bertinoro (Forlì) e ne ha curato gli atti.

Classificazione di immagini e video

La crescita del World Wide Web ha reso disponibili grandi quantità di informazione visuale facendo emergere una forte domanda di metodologie efficienti per la gestione, classificazione e il recupero di immagini così da massimizzare i benefici che l'utente può trarre dallo sfruttamento di questo tipo di dati. I sistemi tradizionali di accesso all'informazione multimediale sono basati su parole chiave, associate manualmente ai video e/o alle immagini, e su sistemi testuali di indicizzazione e recupero. Con l'aumentare del numero delle immagini, l'applicabilità di queste tecniche è divenuta estremamente critica e poco efficiente, spingendo l'interesse della comunità scientifica verso algoritmi e metodologie di classificazione di tipo "content-based". Queste tecniche effettuano l'accesso alle immagini sulla base delle caratteristiche di basso livello (colore, luminanza, tessiture, statistiche sull'orientamento dei bordi) e delle misure di similarità.

Lo scenario descritto ha motivato la FUB a proporre un innovativo algoritmo di raggruppamento e classificazione delle immagini che è risultato particolarmente efficiente nella navigazione su vaste collezioni di dati. Il metodo sviluppato individua e presenta all'utente gruppi di immagini omogenee all'interno del database. L'efficacia di questa operazione è strettamente correlata con una corretta caratterizzazione delle immagini attraverso le "feature" di basso livello. Questo aspetto della procedura di classificazione è stato particolarmente curato, selezionando le zone dell'immagine ad elevato contenuto informativo. Le regioni dell'immagine possono essere analizzate con i descrittori spazio-temporali basati sulle famiglie di funzioni di Laguerre-Gauss e Zernike, che per la loro natura piramidale semplificano le operazioni di creazione dei cluster tramite operazioni di confronto organizzate in alberi. L'ordinamento finale dei cluster da presentare all'utente, come risposta ad una sua query, viene generato con l'algoritmo BFS (Breadth First Search) per la ricerca dei sottografi connessi all'interno della matrice binaria calcolata sogliando la matrice di probabilità associata al processo di fusione dei cluster.

Valutazione oggettiva della qualità delle immagini e del video

Nell'ultimo decennio la pervasività delle immagini e dei video digitali nella rappresentazione e comunicazione dell'informazione ha portato l'individuo a relazionarsi con sistemi ricchi di segnali multimediali. Esempi tipici del massivo impiego dell'informazione visiva sono la televisione digitale, le applicazioni mobili sui telefoni cellulari, le applicazioni di social networking per la condivisione di archivi personali di immagini (Flicker, Picasa, Facebook). La presenza di contenuti visivi nelle applicazioni multimediali e la conseguente gestione di quantità elevate di immagini e video digitali pone la necessità di disporre di sistemi automatici per la valutazione e differenziazione oggettiva della qualità delle immagini.

I sistemi automatici sono essenziali per quantificare in tempo reale l'entità delle degradazioni introdotte dai processi di acquisizione, compressione e trasmissione delle immagini e dei video. Tali sistemi, inoltre, rivestono un ruolo importante per controllare, mantenere e migliorare la qualità dell'informazione visiva percepita dagli utenti dei servizi multimediali.

Queste motivazioni sono alla base dell'interesse della comunità scientifica verso gli algoritmi e i metodi automatici di valutazione oggettiva della qualità delle immagini. In tale contesto si colloca l'attività della FUB sullo sviluppo di metriche oggettive di qualità delle immagini di tipo "full reference" che ha portato alla proposta dell'indice di qualità E-SSIM (Equalized Structural Similarity Index).

L'obiettivo dell'attività FUB è stato quello di sviluppare un indice di qualità capace di predire in modo uniforme i valori del MOS di un'immagine anche in presenza di differenti tipologie di degradazione. L'equalizzazione delle prestazioni dell'indice di qualità rispetto ai vari tipi di degradazione è stata ottenuta attraverso una combinazione polinomiale di una metrica di similarità strutturale e di una metrica ausiliaria di categorizzazione del disturbo capace di mostrare una sensibilità diversa rispetto al rumore e al blur. La metrica di similarità strutturale è una statistica globale ottenuta nel dominio wavelet mediando l'errore quadratico sull'informazione locale di luminanza e di tessitura. La metrica ausiliaria è una statistica del primo ordine ottenuta calcolando la correlazione mutua locale tra i gradienti dell'immagine di test e di quella di riferimento. L'ottimizzazione dei parametri dell'indice E-SSIM è effettuata secondo il criterio di minimizzazione LSE utilizzando un ristretto dataset di immagini di cui è noto il valore empirico del MOS. Questa procedura di ottimizzazione ha il vantaggio di fornire un indice di qualità oggettivo, caratterizzato dallo stesso range di valori del MOS. La sperimentazione effettuata sui database internazionali di immagini ha consentito di verificare la accuratezza e consistenza dell'indice E-SSIM come modello computazionale oggettivo di misura della qualità dell'immagine percepita da un osservatore umano.

La visione stereoscopica e le sue evoluzioni

La rappresentazione tridimensionale del segnale video è un oggetto del desiderio del mondo dell'intrattenimento (Cinema e TV) sin dagli anni 50. L'uso del 3D nel multimediale ha subito negli anni recenti diverse ondate di successi e fallimenti, fino ad imporsi come uno dei modi per far tornare il pubblico nelle sale cinematografiche e per incrementare le vendite di apparecchi TV. Ma da qui a dire che il 3D è finalmente una realtà, ancora il passo è lungo. L'uso di occhialini (per ora indispensabili) limita fortemente l'uso domestico e quotidiano della TV 3D; in alcuni casi gli schermi 3D provocano fastidi ad alcuni spettatori particolarmente sensibili ai cambi di luminosità.

Ma la vera novità nel campo della percezione tridimensionale del video sta emergendo dall'attività di standardizzazione di nuove tecnologie in atto in MPEG (Moving Picture Expert Group). Qui il 3D viene trattato come risultato della sintesi di segnali provenienti da innumerevoli sorgenti video opportunamente sincronizzate e/o sintetizzate: la multivisione. Il tutto si risolve alla fine in una presentazione che la tecnologia dei display forza verso l'utilizzo di due canali (destro e sinistro), ma che, con l'avvento dei nuovi display senza occhialini (auto-stereoscopici) cambierà radicalmente le cose.

In quest'ambito la FUB, grazie alla decennale esperienza nel campo della valutazione della qualità, si è fatta carico di progettare e condurre gli esperimenti di valutazione delle nuove tecnologie per il segnale video tridimensionale a canali multipli.

Questa attività ha raccolto l'esperienza maturata nei più avanzati laboratori del mondo, al fine di mettere a punto delle metodologie di valutazione che rispecchiassero quanto più possibile le nuove tecnologie, pur tenendo conto dei limiti imposti dall'attuale tecnologia dei display 3D. Ciononostante la FUB, insieme ad altri dodici laboratori sparsi in tutto il mondo, fra cui anche il Laboratorio Multimediale dell'ISCOM, ha utilizzato per la prima volta la tecnologia autostereoscopica (a 28 canali) per valutare l'impatto di una visione tridimensionale, percepita senza l'utilizzo di occhialini.

Questo esperimento è stato condotto in parallelo ad una valutazione di tipo classico (utilizzando display che richiedono l'impiego di occhialini) al fine di dimostrare la validità delle nuove tecnologie in fase di standardizzazione.

I risultati hanno permesso di selezionare le migliori soluzioni tecniche unitamente alla verifica che il futuro della TV 3D ha finalmente intravisto la disponibilità di una tecnologia tale da permettere un notevole salto in avanti nella rappresentazione dei segnali video in qualsiasi contesto, sia esso domestico che di intrattenimento collettivo.

I risultati di questa attività sono illustrati nel rapporto finale dei test per il progetto 3DV di MPEG.