

GREEN WIRELESS NETWORKS

di Massimo Giussani (*)

Cloud computing, Big Data, Internet of Things: sono tre neologismi che sintetizzano la recente evoluzione, improntata alla connettività permanente, delle tecnologie informatiche e di comunicazione (ICT). Questa evoluzione, unita all'insaziabile 'fame di banda larga' generata dalla diffusione esponenziale di dispositivi portatili come smartphone e tablet, sta determinando un'espansione delle infrastrutture di rete tale da renderne il consumo di energia una voce di rilievo non solo nelle spese operative delle aziende che le gestiscono, ma anche nel delicato bilancio della produzione di gas serra.

Prima ancora delle considerazioni ambientaliste, a motivare i grandi operatori di telecomunicazioni a cercare vie ecosostenibili ci ha pensato l'impennata del costo dell'energia. Archiviata l'era della progettazione incentrata sull'ottimizzazione delle prestazioni, che ha portato alle tecnologie GSM e Umts, l'attenzione si è spostata su soluzioni volte a migliorare rendimento e consumi, come LTE e LTE Advanced. L'attuale evoluzione va verso il green networking, ossia lo sviluppo di reti in grado di ridurre i costi dell'energia necessaria al proprio funzionamento (eventualmente ricorrendo a fonti di energia alternativa) e a contenere il dispendio di energia dovuto alle fasi di

L'ESPLOSIONE DEL TRAFFICO DATI A LIVELLO GLOBALE, LA DIFFUSIONE DELLE RETI DI SENSORI SENZA FILI E L'AFFERMAZIONE DELL'INTERNET DELLE COSE IMPONGONO UN RIPENSAMENTO 'IN VERDE' DELLA COMUNICAZIONE

produzione, installazione e smaltimento delle apparecchiature.

Gli investimenti più corposi in R&D, per ovvie ragioni, riguardano le vaste reti cellulari dei principali gestori telefonici e fornitori di connettività, ma il consistente sforzo di ricerca posto in essere da questi attori sta avendo ricadute positive anche in ambiti più ristretti, come grandi e medie reti aziendali o impianti residenziali.

Contabilità energetica

Uno studio effettuato da Gartner ha stimato in circa il 3% la frazione di energia mondiale consumata nel 2011 dalle tecnologie ICT e nell'1,9% (corrispondente a 0,9 GtCO₂e) l'incidenza sulle emissioni globali di anidride carbonica. Le emissioni causate dalle reti di telecomunicazione hanno inciso per il 22% delle emissioni delle ICT, grosso modo equamente suddivise tra reti cablate e reti wireless (0,10 GtCO₂e). A titolo di confronto, nello studio Smart 2020 pubblicato nel 2008 da The Climate Group, le emissioni di gas serra dell'intero settore ICT (che comprende PC, reti di telecomunicazione, stampanti e centri dati) sono valutate in 0,43 GtCO₂e nel 2002, 0,64

GtCO₂e nel 2007 e stimate in 1,08 GtCO₂e nel 2020. Se si include il contributo di gas serra generato dalla produzione materiale delle apparecchiature, questi valori passano, rispettivamente, a 0,53 GtCO₂e, 0,83 GtCO₂e e 1,43 GtCO₂e. Uno spaccato dell'evoluzione dell'incidenza del solo settore delle telecomunicazioni tra 2002 e 2020 è fornito in figura 1: si passa da 151 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente nel 2002, il 43% delle quali dovute alle comunicazioni mobili, a una previsione di 349 milioni di tonnellate nel 2020, con un'incidenza delle reti mobili salita al 51%.

Con un volume di dati trasmessi che è destinato a crescere, secondo le proiezioni, di dieci volte ogni cinque anni, ci si attende che nel 2020 le ICT introducano nell'atmosfera gas serra per 1,3 GtCO₂e, il 2,3% delle emissioni globali. A crescere con maggiore rapidità saranno le emissioni associate ai data center (+7,1% all'anno), seguite da quelle delle reti di telecomunicazione (+4,6%), mentre l'espansione più lenta sarà relativa alle apparecchiature sul lato utente (+2,3%).

Secondo una ricerca effettuata dall'istituto australiano Ceet (Centre for Energy-

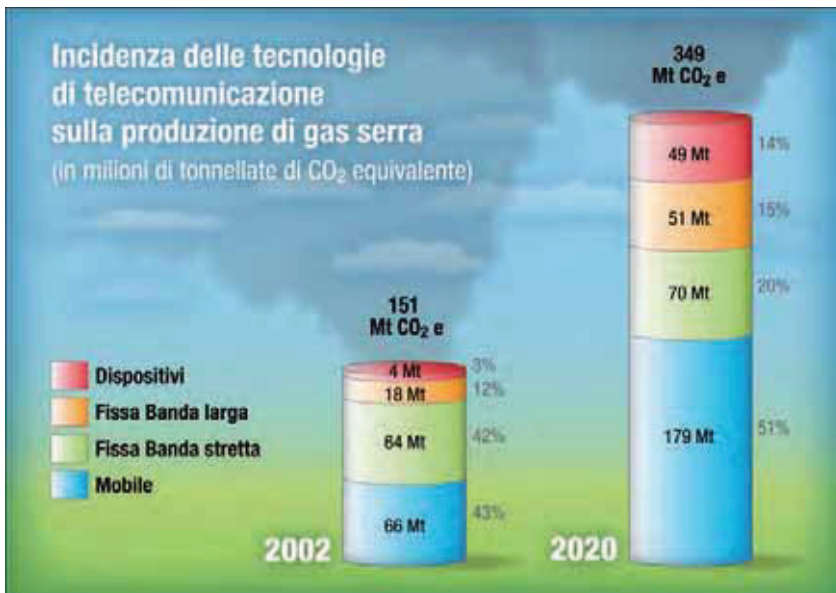


Figura 1 - Incidenza delle tecnologie di telecomunicazione sulla produzione di gas serra (in milioni di tonnellate di CO₂ equivalente) - Fonte Smart 2020

Efficient Telecommunications), a meritare maggiore attenzione non sarebbero tanto i centri dati, associati all'erogazione di servizi cloud, quanto le tecnologie di elezione per accedervi: reti cellulari e WiFi. Le stime di Ceet indicano che tra il 2012 e il 2015 il cosiddetto 'wireless cloud' subirà un incremento del 460% e prevedono che nel 2015 il 90% del consumo di energia delle ICT sarà dovuto alle reti di accesso senza fili, contro un più scarso 9% attribuito ai centri dati.

Focus sul wireless

A spingere la crescita del traffico dati senza fili è da un lato l'incremento degli abbonamenti alle reti di connettività mobile (si prevedono almeno 12 miliardi di abbonamenti nel 2020), dall'altro il proliferare di applicazioni e servizi caratterizzati da un intenso scambio di dati, dal cloud computing allo streaming audio e video ad alta definizione. A seconda delle fonti le stime per l'incremento del traffico mobile voce e dati nel 2020 variano tra 33 e 70 volte i valori del 2011. Anche considerando i valori più conservativi, una simile espansione comporta un incremento pressoché esponenziale della potenza richiesta per far funzionare l'infrastruttura di comunicazione e rischia di diventare insostenibile sia dal punto di vista economico, sia da quello ambientale.

La figura 2 (in alto) mostra in che modo sono ripartiti i consumi ener-

getici di una tradizionale rete cellulare: la voce di maggiore rilievo è quella di pertinenza delle stazioni fisse (BS - Base Station) che forniscono l'accesso via radio e assorbono oltre la metà della potenza necessaria al funzionamento della rete. I consumi di una tipica stazione fissa sono illustrati in figura 2 (in basso): il 60% dell'energia viene assorbita dall'amplificatore di potenza RF, un componente che ha un rendimento tipicamente inferiore al

50%. Questo si traduce in una considerevole dissipazione di potenza sotto forma di calore, che rende necessario dotare le stazioni di una qualche forma di condizionamento o quantomeno di ventilazione forzata, con ulteriore dispendio di energia. Tenendo conto di tutte le perdite, l'energia effettivamente trasferita sotto forma di segnale irradiato può finire per collocarsi al di sotto del 10% della potenza elettrica assorbita dalla stazione. Esiste un altro motivo che rende poco efficiente l'accesso radio a una rete wireless tradizionale: il carico di rete è in genere distribuito in maniera fortemente non uniforme, con il 10% delle stazioni fisse che gestiscono in media metà del traffico totale e un 50% delle stazioni fisse costrette a rimanere attive per trasferire appena il 5% delle comunicazioni. È su questi numeri che si sono concentrati negli ultimi anni gli sforzi di ricerca e sviluppo di istituzioni governative e grandi operatori telefonici: con 5 milioni circa di stazioni fisse nel 2011, destinate a diventare 6 milioni nel 2015 (fonte GreenTouch), anche dei piccoli miglioramenti si traducono in considerevoli risparmi per i gestori di rete. Per lo scarso rendimento attuale e le dirompenti potenzialità di crescita, quello wireless è il comparto del green networking che più si presta a trarre vantaggio da un

miglioramento dei rendimenti energetici. Secondo uno studio condotto da GreenTouch, le reti per l'accesso in mobilità possono arrivare a migliorare il proprio rendimento energetico di ben 1.043 volte. Per contro, le reti di accesso fisse e la rete di base ('core network') presentano dei fattori di miglioramento rispettivamente di 449 e 64.

Migliorare i componenti

Nel contesto delle reti senza fili il componente che offre maggiori margini di miglioramento, visto il suo scarso rendimento attuale, è l'amplificatore di potenza RF del punto di accesso alla rete. Sono stati proposti diversi accorgimenti per cercare di migliorare le prestazioni di questi componenti, a partire dalla loro collocazione direttamente dietro ciascun elemento di



Figura 2 - in alto) Suddivisione della potenza assorbita dalle diverse componenti di una rete cellulare in basso) Stime dei consumi tipici di una stazione fissa

antenna (così da contenere le perdite di inserzione), all'utilizzo di fibre ottiche per portare il segnale alla porzione digitale di circuiti di elaborazione, fino a nuove architetture (amplificatori in classe J, amplificatori Smpa). Il contenimento o l'eliminazione della dissipazione attiva del calore è una tendenza sempre più seguita tra i produttori di stazioni fisse. In alcuni casi si cerca di recuperare il calore generato riconvertendolo per mezzo di generatori termoelettrici. Nell'ottica di contenimento dei gas serra cresce anche il ricorso a fonti di energia rinnovabile per l'alimentazione (anche solo parziale) delle apparecchiature.

L'antenna è un altro elemento che sta evolvendo per ridurre la potenza emessa per bit di informazione trasmesso. Per

anche ai dispositivi utente in quanto diventa possibile demodulare solo quello che interessa effettivamente ricevere.

Intervenire sui punti di accesso

A parità di rendimento dei componenti hardware che fanno parte dell'infrastruttura di rete, un considerevole risparmio energetico si può conseguire riducendo l'overhead nel funzionamento a vuoto, così da ottenere un consumo il più possibile proporzionale al traffico gestito. Un'apparecchiatura di rete consuma tipicamente l'80 o 90% dell'energia per il solo fatto di essere accesa; a dipendere dal traffico effettivamente gestito è in genere solo il 10% del consumo energetico. Una possibile soluzione a

lativo delle bollette elettriche. Esistono soluzioni orientate anche alle piccole e medie imprese: Wi-Next, per esempio, è un'azienda italiana che realizza access point dotati di una gestione energetica intelligente per la realizzazione di reti mesh green (wireless e cablate) in grado di integrarsi con reti di sensori di vario tipo. Il passaggio da una modalità all'altra di consumo può così essere subordinato alla lettura dei dati dei sensori.

Alterare il layout di cella

Un altro livello al quale agire per migliorare il rendimento energetico di una rete di comunicazione senza fili è quello del layout di cella. Il numero, la disposizione, il profilo d'irradiazione delle celle che compongono la rete possono essere al-



Figura 3 - Le antenne di Wi-Next per la realizzazione di reti mesh sono in grado di integrarsi con un ecosistema di sensori (Rfid, Zigbee ecc.) per un networking orientato al risparmio energetico

esempio, l'utilizzo di schiere di antenne permette infatti di concentrare l'energia irradiata laddove effettivamente deve essere veicolata. Alcatel-Lucent ha messo a punto, nel contesto dell'iniziativa GreenTouch, una Large Scale Antenna con N elementi in grado di ridurre i consumi di un fattore N^2 rispetto a una soluzione tradizionale.

Il beamforming è reso possibile anche dai sistemi con antenne multiple distribuite in più posizioni spazialmente distanti (DAS - Distributed Antenna System) e consente l'implementazione di tecniche di ricetrasmisione Mimo (Multiple input multiple output) con notevole miglioramento del rendimento spettrale. In questo caso, il risparmio non è limitato alle sole stazioni fisse, ma si estende

questo problema consiste nel dotare i dispositivi di una modalità di attesa a basso consumo ('sleep') in cui essere posti quando il traffico scende al di sotto di una certa soglia. La chiave per continuare a garantire un adeguato livello di qualità del servizio risiede negli algoritmi di rete che stabiliscono come ridistribuire il traffico in maniera ottimale tra gli altri nodi nelle vicinanze. Tecniche di questo tipo si possono applicare con successo anche a reti su scala assai più ridotta di una rete cellulare, come quelle locali aziendali: in una LAN wireless (ma anche cablata) di una grande azienda possono esserci anche decine di migliaia di punti di accesso e l'introduzione delle modalità di attesa a basso consumo si traduce in un concreto risparmio sul conto cumu-

terati, in particolare in maniera dinamica, per fornire il migliore compromesso in termini di copertura, qualità del servizio e, in un'ottica green, rendimento energetico. L'adattamento del layout di cella è l'intervento con le migliori prospettive di risparmio energetico a livello di rete; bisogna tuttavia tenere presente che per avere effetto richiede modifiche concomitanti a tutti i livelli sottostanti.

Un primo modo di alterare il layout di cella consiste nel ridisegnare il profilo d'irradiazione della cella ('cell shaping') sulla base del traffico nella sua area: si va dal caso estremo di 'spegnimento' della cella stessa, a un semplice ridimensionamento del raggio di cella, fino a una vera e propria sagomatura del profilo per andare a coprire zone attigue lasciate

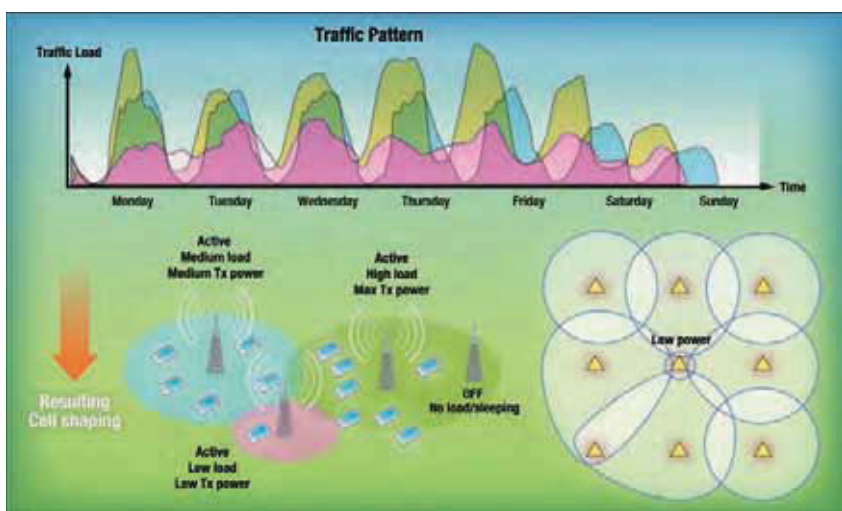


Figura 4 - Il 'cell shaping' è una forma di adattamento del layout di cella che consiste nel ridisegnare il profilo d'irradiazione della cella in base al traffico

(fonte: Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking 2012, 2012:142 doi:10.1186/1687-1499-2012-142)

scoperte da altre celle 'messe a dormire'. Lo scopo è garantire una copertura adeguata al livello di QoS desiderato. Il ridimensionamento dinamico delle celle in funzione del traffico è pittorescamente descritto dal termine 'respirazione cellulare' (o letteralmente 'respirazione delle celle' - 'cell breathing'). Gli algoritmi di cell shaping possono essere centralizzati, distribuiti o ibridi, con la rete che viene divisa in cluster che gestiscono separatamente il coordinamento delle operazioni di spegnimento e ridimensionamento di cella. Un altro modo per limitare le perdite di potenza consiste nel realizzare reti miste costituite da macro e femto

(o anche atto) celle. Secondo uno studio condotto dall'autorità britannica per le telecomunicazioni Ofcom, il ricorso a

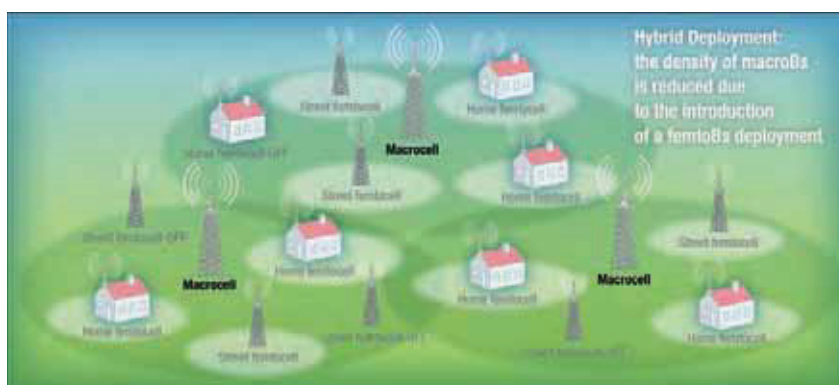


Figura 5 - Configurazioni ibride di macro e femtocelle aiutano a limitare la potenza di trasmissione dei vari nodi della rete

(fonte: Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking 2012, 2012:142 doi:10.1186/1687-1499-2012-142)

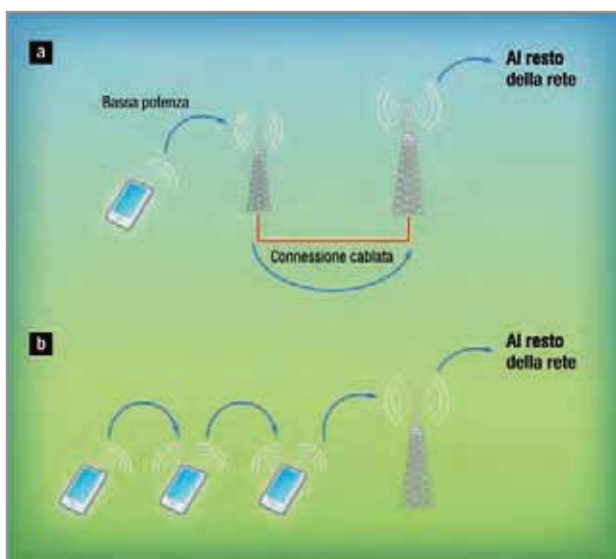


Figura 6 - Due esempi di ricorso a relay: con antenna 'green' connessa in via preferenziale a una stazione fissa, e comunicazioni multihop da parte di nodi intermedi

femtocelle per le stazioni fisse può ridurre il consumo energetico di un fattore 7 rispetto a una configurazione basata

solo su macrocelle. Configurazioni miste macro-femto celle sono state proposte in concomitanza con algoritmi di sleep o di cell breathing.

Chiudiamo questa panoramica delle tecniche di adattamento del layout di cella citando l'uso di ripetitori e relay. Un relay è un nodo intermedio (un'apparecchiatura dedicata oppure un altro terminale utente) che fa da tramite tra l'utente e la stazione fissa. È possibile conseguire risparmi energetici sul lato utente, che può limitare la potenza di trasmissione per raggiungere il più vicino nodo-stafetta, ma anche a livello di rete, grazie a collegamenti preferenziali tra relay

fissi (antenne 'green') e stazioni fisse, o al minore dispendio per effettuare più trasmissioni su tratte brevi piuttosto che una singola trasmissione su una tratta lunga.

I relay mobili possono anche memorizzare l'informazione da trasferire al nodo successivo mentre attendono di arrivare in una posizione più vantaggiosa per la trasmissione. Questa forma di relaying può portare a drastiche riduzioni della potenza di trasmissione, fino a un fattore 1.000 secondo alcuni studi.

(*) Fonti: Luis Suarez, Loutfi Nuaymi and Jean-Marie Bonnin, "An overview and classification of research approaches in green wireless networks", Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking, 2012:142 - <http://jwcn.eurasipjournals.com/content/2012/1/142>; Rapporto GeSI (Global e-Sustainability Initiative): "SMARTer 2020. The role of ICT in driving a sustainable future" - <http://gesi.org/SMARTer2020>