



Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
LESC - Laboratorio di Elaborazione dei Segnali e Comunicazioni

Green ICT: Sistemi wireless di comunicazione ad elevata efficienza energetica e sostenibilità ambientale

Dr. Simone Morosi, Ph.D.

Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Via di Santa Marta 3, 50139 Firenze, Italia
e-mail: simone.morosi@unifi.it



Sommario

- Introduzione
- Green Radio & Network
 - L'efficienza energetica nelle comunicazioni
 - Modelli di consumo per comunicazioni wireless
 - Tecniche energy-saving e risparmio energetico
- Tecniche ICT per la eco-sostenibilità
 - Internet of Things & smart environment
 - Reti di sensori Wireless (WSN)
 - Monitoraggio ambientale tramite WSN
- Conclusioni



Sommario

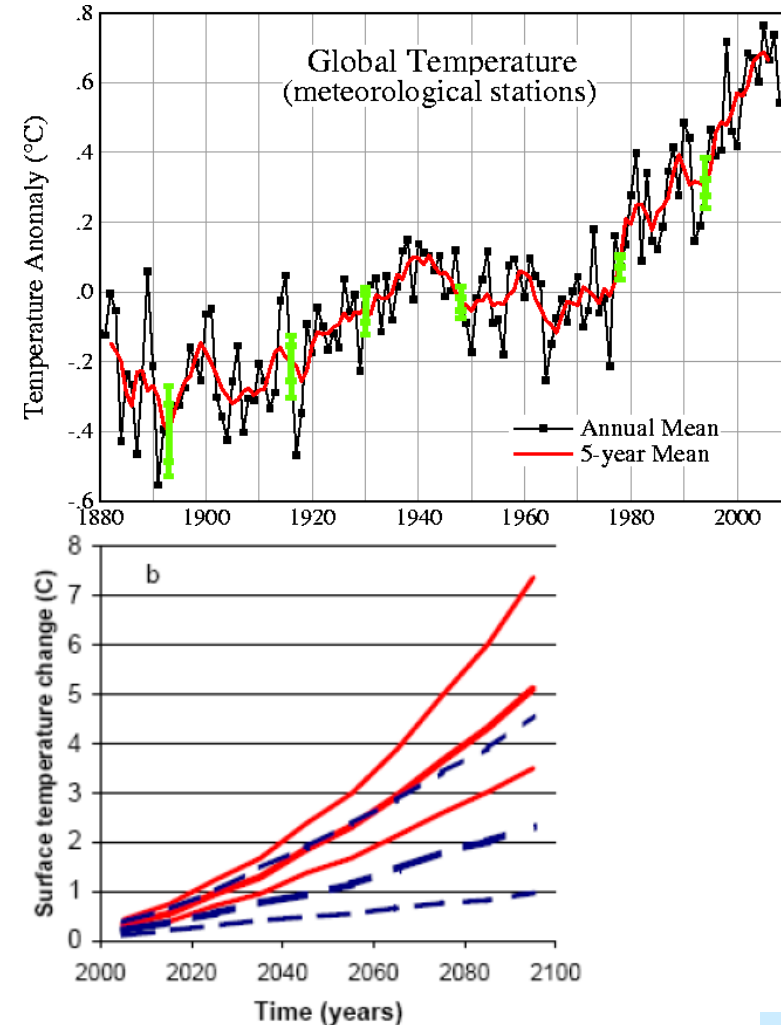
- **Introduzione**
- **Green Radio & Network**
 - L'efficienza energetica nelle comunicazioni
 - Modelli di consumo per comunicazioni wireless
 - Tecniche energy-saving e risparmio energetico
- **Tecniche ICT per la eco-sostenibilità**
 - Internet of Things & smart environment
 - Reti di sensori Wireless (WSN)
 - Monitoraggio ambientale tramite WSN
- **Conclusioni**



Introduzione

Global values	2007	2014	2020
Total subscriptions (millions)	2950 ^A	5600 ^A	7600
3G+ data subscriptions (millions)	30 ^C	700 ^C	1600
Total mobile phones sold (millions/yr.)	1150 ^A	1400 ^A	1700
Share of smartphones in total sales / in use (%)	9 ^A / 7	29 ^A / 24	33 / 33
Laptops and netbooks sold (millions/yr.)	23 ^A	280 ^A	510
Worldwide base station sites* (millions)	3.3 ^B	7.6	11.2
Average power consumption per site (kW)	1.7	1.3	1.1
Total global RAN power consumption (TWh)	49	84	98
Share of diesel generated power in total RAN power (%)	9.5	11.3	13.2
Mobile data (including voice as data, million TB/yr)	0.8 ^C	45 ^C	493-753
Share of mobile data in total mobile traffic (%)	37.5 ^C	98 ^C	99.6
Share of mobile data traffic in all IP traffic (%)	0.9 ^C	5 ^C	11-17
Mobile data per avg. subscription (GB/sub./yr)	0.3	8	65-100
Mobile data traffic per 3G+ data subscription (GB/sub./yr)	5 ^C	27 ^C	120-184
Average data traffic per base station (Mbit/s)	0.023	1.4	12-18

EARTH Project FP7 - Deliverable D2.1: "Economic and Ecological Impact of ICT"



Fonte: A.P. Sokolov et al., "Probabilistic Forecast for 21st Century Climate Based on Uncertainties in Emissions (without Policy) and Climate Parameters, Report 169, Jan 2009

Introduzione



=



=



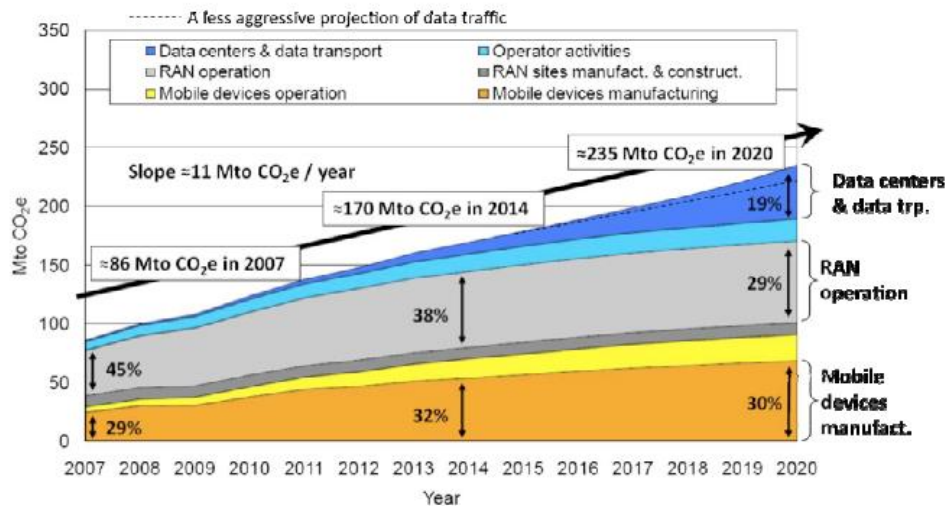
Industria delle telecomunicazioni
164 TWh/anno (1%) – 110Mt CO₂eq

15 milioni abitazioni americane in
termini di consumo energetico

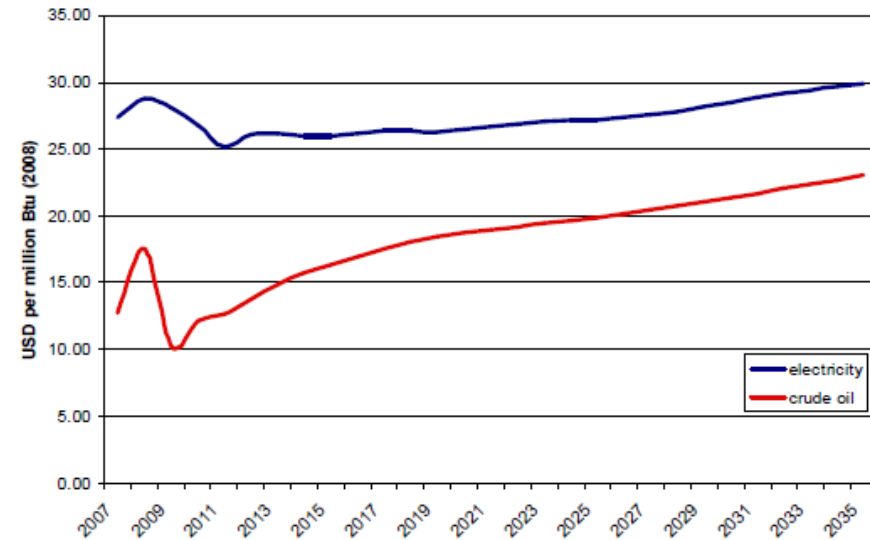
29 milioni di automobili in
termini di emissioni

Introduzione

- Nel quadro di sviluppo delle comunicazioni la questione energetica sta acquisendo un'importanza crescente.
- Le motivazioni risiedono principalmente negli ormai innegabili cambiamenti climatici e nel costo crescente dell'energia
- È necessario affrontare queste contraddizioni e ridurre i consumi energetici in tutti i settori compreso quello dell'ICT e delle infrastrutture per le comunicazioni.



Global carbon footprint of mobile communications projected until 2020 (CI with a continuation of current trends and a high data scenario)



Expected evolution of energy prices



Introduzione

■ Il ruolo positivo dell'ICT

- L'ICT consente di risparmiare energia; in particolare, nei diversi settori si hanno le seguenti stime:
 - Ottimizzazione di processo: 20-25%
 - Logistica ottimizzata: 16%
 - Integrated process chain : 30%
 - Sviluppo di nuovi prodotti: 40%
- Le stime dei risparmi energetici permessi dall'ICT per settore (e in totale) sono le seguenti:
 - Manifatturiero: 25-30% (totale 7-8%)
 - Trasporti: 26% (totale 8%)
 - Edilizia: 5-15% (totale 2-6%)

■ Il settore ICT è anche causa di consumi

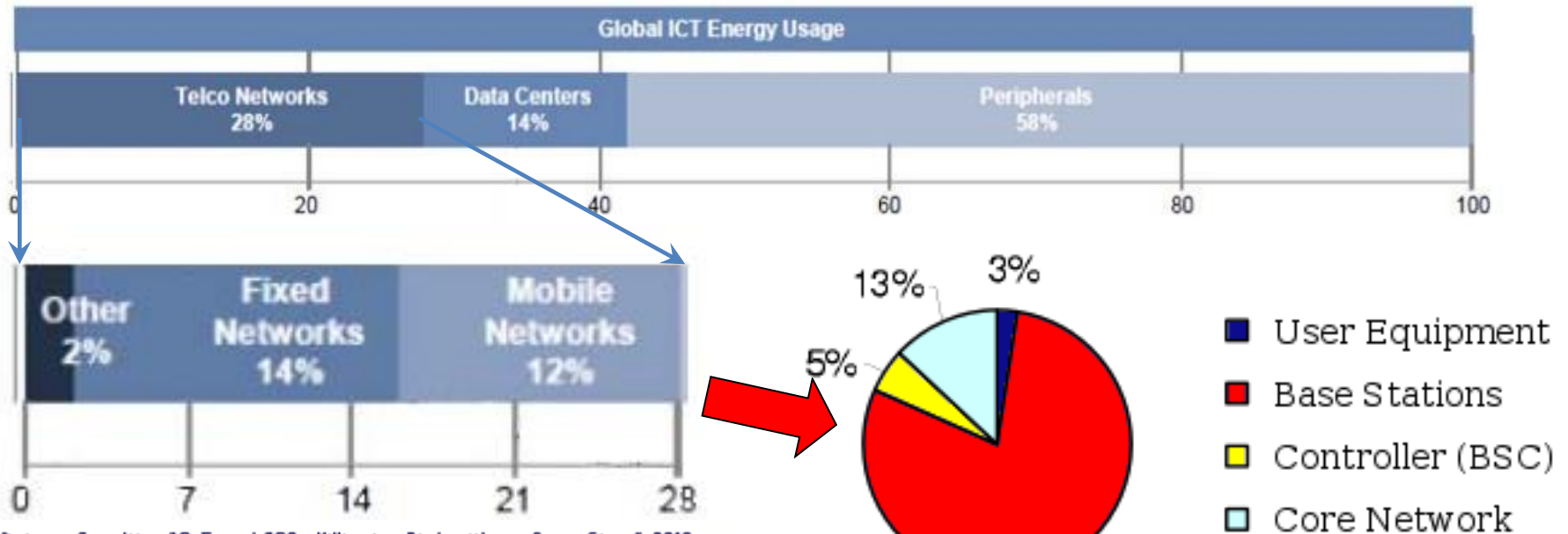
- È responsabile di una percentuale superiore al 2% dell'intero consumo di energia mondiale (fonte: global action plan).
- In Germania la richiesta di elettricità per il settore ICT è pari all'11% di quella complessiva (fonte Istituto Fraunhofer).
- Il settore ICT produce tra il 2 e il 3% delle emissioni di gas serra complessive (fonte ITU).

Fonte: Ad-hoc Advisory Group "ICT for Energy Efficiency" of the European Commission DG INFSO, 2008.

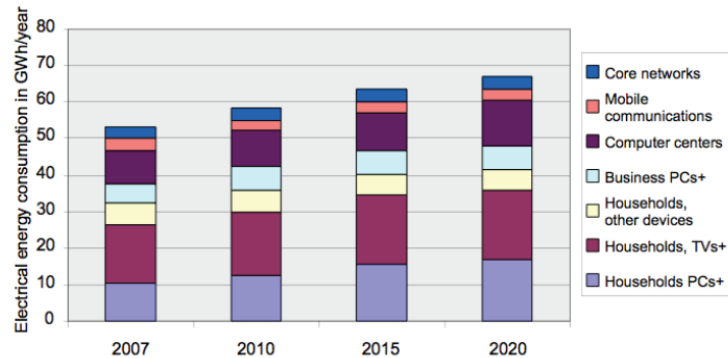


Introduzione: panoramica ICT

Consumi Energetici nel settore ICT



Fonte: Detecon Consulting, "OpEx and CO2 - Killing two Birds with one Green Stone", 2010



Fonte: Istituto Fraunhofer.

Green ICT... perché?

LIMITARE I CONSUMI ENERGETICI

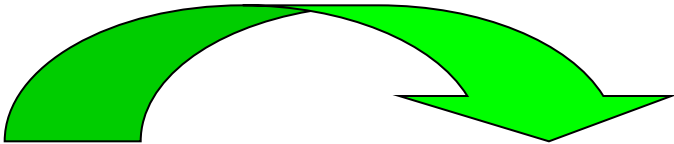
Ridurre le emissioni di CO₂ per contrastare i cambiamenti climatici

Abbassare la spesa operativa delle compagnie del settore ICT



Cosa intendiamo con Green ICT?

L'applicazione ai processi e ai prodotti ICT di tutti gli interventi volti a minimizzare l'impatto ambientale ed energetico del settore



Green ICT

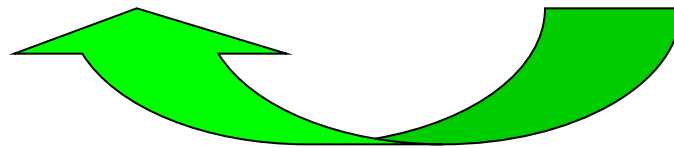
- Consumi Energetici
- Valutazione del ciclo di vita dei prodotti
- Efficienza Energetica
- Utilizzo di materie prime non inquinanti
- Strategie di Green Radio



Cosa intendiamo con Green ICT?

Dualmente possiamo utilizzare l'ICT per ridurre l'impatto ambientale in diversi settori industriali offrendo servizi come:

Green ICT



- Monitoraggio e controllo nei sistemi a rete: energia, trasporti, utility
- Smart Building
- Comunicazioni evolute in sostituzione degli spostamenti
- Smart cities
- Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico e delle acque



Sommario

- Introduzione
- Green Radio & Network
 - L'efficienza energetica nelle comunicazioni
 - Modelli di consumo per comunicazioni wireless
 - Tecniche energy-saving e risparmio energetico
- Tecniche ICT per la eco-sostenibilità
 - Internet of Things & smart environment
 - Reti di sensori Wireless (WSN)
 - Monitoraggio ambientale tramite WSN
- Conclusioni



Efficienza Energetica

Cosa intendiamo con efficienza energetica nelle comunicazioni?



Efficienza Energetica

I futuri sistemi ICT dovranno essere progettati anche puntando a minimizzare i costi da consumo energetico, massimizzando l'efficienza energetica. D'altro canto, l'obiettivo può essere centrato attraverso diversi approcci.

Energia Alternative e Cooling:

- Sistemi Fotovoltaici
- Sistemi Eolici
- Utilizzo di Bio-Combustibile
- Sistemi di Raffreddamento Intelligente

Un nuovo paradigma

Tuttavia, la massimizzazione dell'efficienza energetica passa attraverso l'acquisizione di un nuovo paradigma, dell'introduzione dell'efficienza energetica come criterio progettuale delle reti al pari della QoS e del data-rate.

In tale quadro, rientrano ad esempio l'introduzione di nuove architetture di rete e la definizione di opportune metriche.



Efficienza Energetica

Introduzione di nuove metriche

La misura dell'efficienza di un sistema ICT può essere eseguita tramite nuovi criteri legati alla quantità di energia necessaria per la trasmissione di un bit o al consumo energetico relativo all'area dove il servizio è usufruito.

■ Ad esempio l'efficienza energetica di una BTS può essere misurata con:

- ~~P_{TX}~~ → **Potenza Assorbita**
- $\frac{\text{Energia}}{\text{Bit}}$ ↔ **Area Power Consumption** = $\frac{\text{Consumo Potenza}}{\text{Area Copertura}}$



Energia per bit informativo

$$\Rightarrow \lambda = \frac{E}{bit} \quad \left[\frac{J}{bit} \right]$$

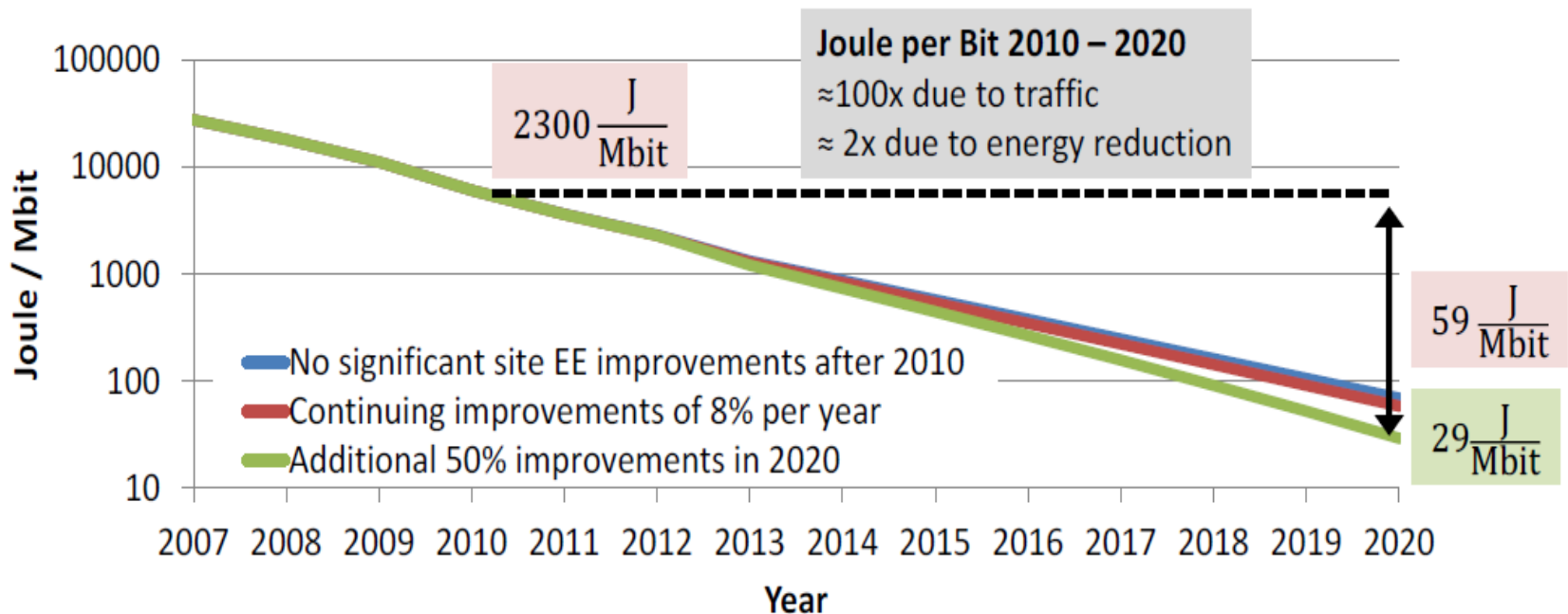
- Metrica a lungo studiata e consolidata;
- Relaziona due quantità facilmente misurabili all'interno della rete.
- La quantità di bit informativi trasmessi può variare anche in maniera significativa. Ci possono essere difficoltà a capire il reale risparmio in termini di energia tra soluzioni diverse;
- Il caso estremo è quello in cui trasmetto pressoché nessuna informazione.



Metriche per Efficienza Energetica

Energia per bit informativo

- Infatti si stima che negli anni tenda naturalmente a decrescere, ma a causa dell'aumento del traffico





Metriche per Efficienza Energetica

Potenza per Area di copertura

$$\lambda = \frac{P}{Area} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

- È la metrica più rilevante nel caso di bassi carichi, poiché in quel caso la rete è limitata in copertura piuttosto che in capacità;
- Inoltre il maggior risparmio energetico si ha nel caso di bassi carichi;
- Comprende varie tipologie di deployment (celle con dimensione variabile, reti eterogenee...);
- L'area di copertura è mediamente costante. Si ha quindi una metrica che contiene una sola variabile (facilita i confronti, soprattutto nelle simulazioni).



Metriche per Efficienza Energetica

Potenza per Area di copertura

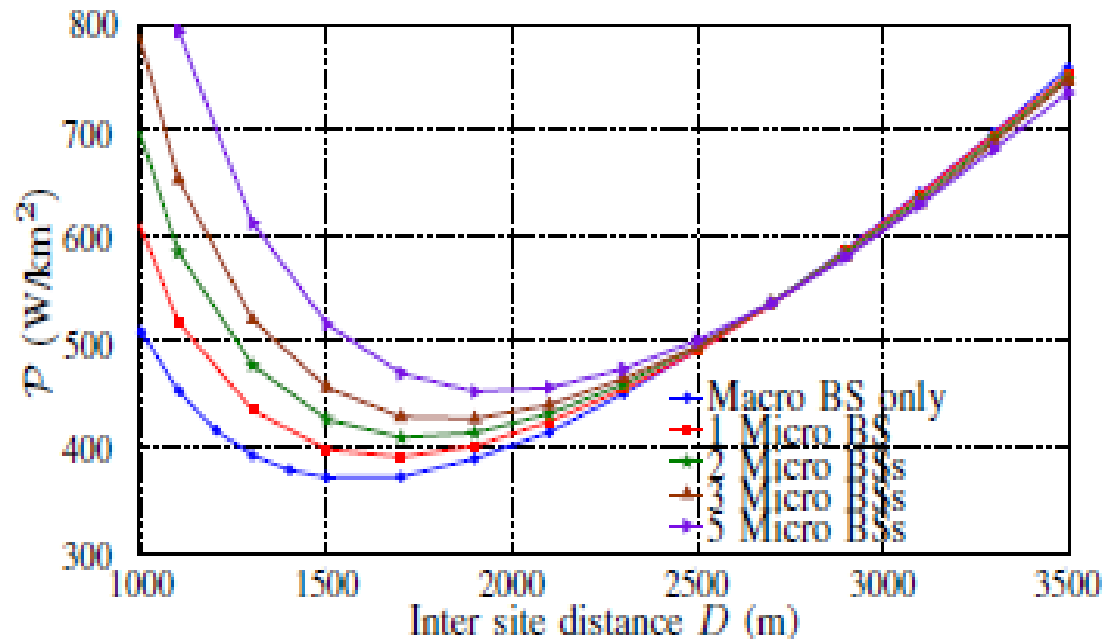
Non può essere l'unica metrica utilizzata per la valutazione della bontà del sistema

- Non contiene in sé nessuna indicazione sulla tipologia e sulla qualità del servizio offerto.
- **Esempio:** nei casi in cui si abbia un'elevata densità di utenti, è necessario inserire (micro)celle aggiuntive per garantire la capacità. L'indice di consumo cresce rispetto al caso di rete limitata in copertura.
- È necessario associare al power area consumption un'indicazione del tipo di servizio offerto (Es. Efficienza spettrale).



Metriche per Efficienza Energetica

Potenza per Area di copertura



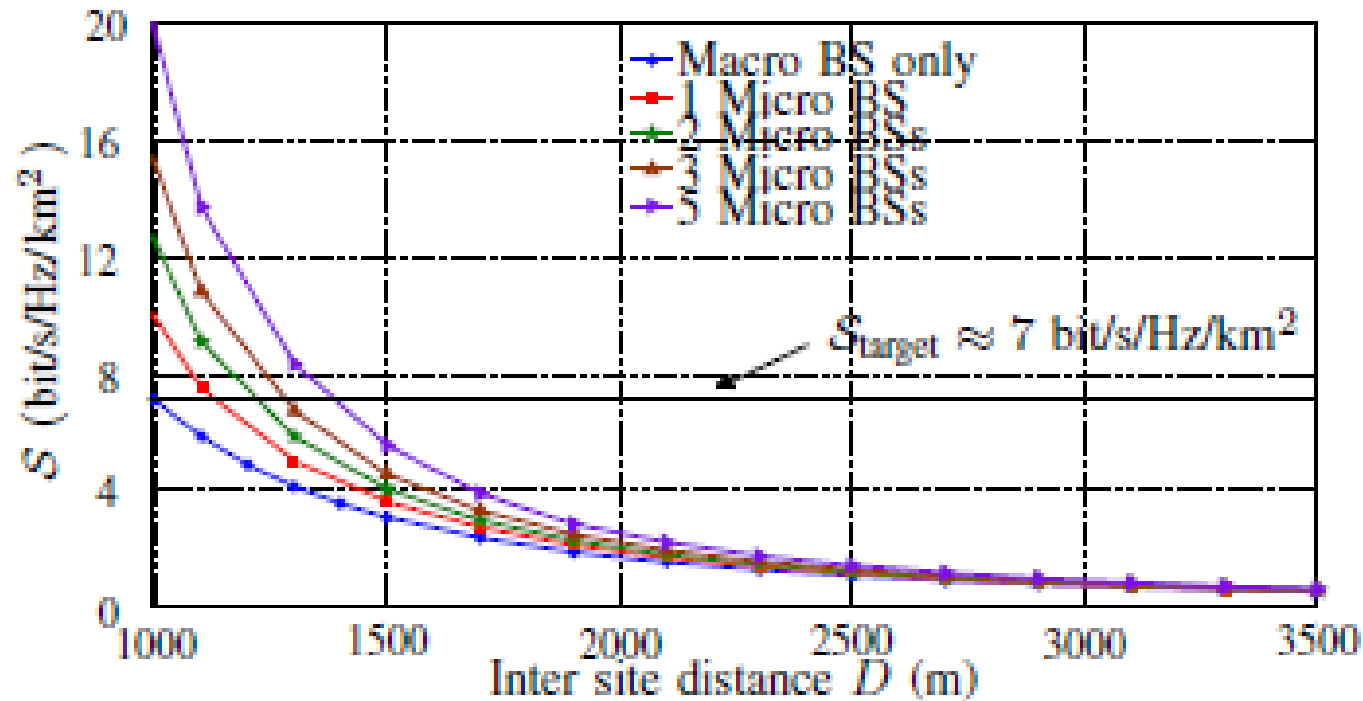
- Al variare del numero di microBS inserite, la distanza inter-sito ottima varia;
- All'aumentare del numero di microBS l'indice di consumo nel caso ottimo aumenta;



Metriche per Efficienza Energetica

Potenza per Area di copertura

► Ma aumenta l'efficienza spettrale → Il servizio che riesco ad offrire





Potenza per Utente

$$\lambda = \frac{P}{Utenti} \quad \left[\frac{W}{sub} \right]$$

- Relaziona due quantità ben note ai gestori della rete;
- Se per *utenti attivi* si intende il numero di utenti per cui è soddisfatto un certo livello di servizio, la metrica contiene anche **indicazioni sulla QoS**, a differenza delle metriche precedenti;
- È direttamente collegata alle *revenue* degli operatori.



Metriche per Efficienza Energetica

Potenza su bit-rate e Area

- Area di copertura e bit-rate rappresentano due requisiti che la rete deve soddisfare. Si rapporta l'energia ad entrambi:

$$\lambda = \frac{P}{A \cdot R} \left[\frac{W}{km^2 \cdot Mbps} \right]$$

- La variazione della copertura di $1 km^2$ fa variare l'indice di consumo tanto quanto la variazione di $1 Mbps$ del bit-rate. Quindi a seconda dei casi può essere necessario introdurre dei pesi:

$$\lambda = \frac{P}{(\alpha A) \cdot (\beta R)}$$



Reti di comunicazioni fisse

L'efficienza energetica

Si può ricercare un aumento dell'efficienza energetica

- uso razionale delle risorse (messa in discussione dell'overprovisioning);
- progettazione della rete con consapevolezza del consumo di potenza;
- uso delle tecnologie più ecologicamente sostenibili (tecnologie ottiche, nuovi dispositivi).

L'obiettivo della riduzione del consumo di potenza nella rete fissa può essere quindi conseguito attraverso una pluralità di strategie.

Soluzioni per i dispositivi

- uso di materiali innovativi con un più elevato potere di dissipativo;
- aumento dell'uso di tecnologie fotoniche;
- Uso di modulazioni più efficienti (WDM), trasmissioni a potenze più basse.

Soluzioni per l'intera rete

- Nuove architetture
- Pianificazione di rete dinamica.



Reti di comunicazioni fisse

Soluzioni per le reti

A causa della variabilità del traffico, la rete risulta naturalmente sovradimensionata, sprecando energia per un lungo periodo di tempo.

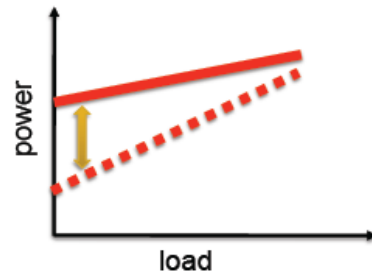
Per adattare la capacità alle reali richieste di traffico si può ricorrere a:

- tecniche adattive della velocità di trasmissione;
- adozione delle modalità di sleep in parti della rete.

Tecniche Adaptive Speed

- consentono di operare su scale temporali differenziate;
- richiedono la gestione dei dispositivi interconnessi e delle decisioni assunte localmente.

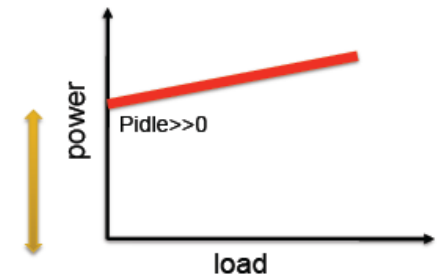
Il guadagno deriva dall'aver reso il consumo proporzionale al carico



Uso dello Sleep Mode

- garantisce connettività;
- fornisce continuità di servizio;
- Aggiorna le tabelle di routing e le informazioni distribuite.

Il guadagno deriva dall'aver ridotto l'effetto di P_{idle} .



Fonte: "Towards Real Energy Efficient Network Design - TREND)" Project, NoE, FP7. M. Meo, "Ph.D. course on Green ICT", Marzo 2011.



Reti di comunicazioni fisse

Come realizzare l'obiettivo dello spegnimento di porzioni della rete?

- dispositivi che contemplino stand-by e idle mode;
- ridefinizione del piano di controllo, rispondendo alle seguenti questioni:
 - studio delle soluzioni distribuite e centralizzate;
 - segnalazione della potenza impiegata al dispositivo;
 - come controllare e reinstradare il traffico?
 - come decidere l'ingresso in modalità idle?
- ottimizzazione delle risorse di rete (link, router) sulla base della domanda di traffico
 - Preparazione per il massimo carico
 - Garantire la qualità della comunicazione
 - Tecniche per "spegnere" le risorse quando non sono utilizzate



Reti di comunicazioni Mobili

Metriche per la valutazione dell'efficienza energetica

Tradizionalmente l'energia è stata legata all'informazione trasmessa [joule/bit].

Nella valutazione delle infrastrutture di rete si è generalmente legata l'energia spesa sulla rete alla capacità totale, anche in questo caso mettendo in relazione i costi energetici alle potenzialità in termini di trasmissione delle informazioni.

In caso di basso traffico, diventa significativa anche la minimizzazione della potenza che consente la copertura dell'area in esame [W/m^2]



Reti di comunicazioni Mobili

Azioni per l'incremento dell'efficienza energetica

Le azioni possono essere intraprese su tre domini:

- tempo (trasmissione discontinua, dtx);
- frequenza (riduzione banda in funzione del traffico);
- sistema (sleep mode per gli amplificatori di potenza, PA sleep mode).

Approcci utilizzati

Progettazione Energy-aware

Ottimizzazione dell'efficienza spettrale e riduzione dell'energia per bit trasmesso;

Pianificazione di rete per consumo ridotto in condizioni statiche;

Capacità addizionale in condizione off-peak.

Modalità di sleep

Anche nel caso mobile tale strategia è motivata dalla presenza di un elevato valore di P_{idle} (la funzione di consumo non è proporzionale al carico);

Fattibile in assenza di colli di bottiglia della rete;

Significativa per le elevate variazioni off-peak.



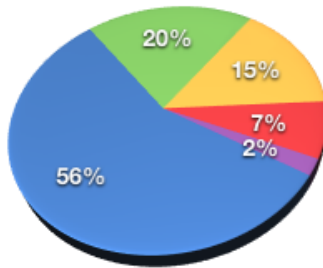
Sommario

- Introduzione
- **Green Radio & Network**
 - L'efficienza energetica nelle comunicazioni
 - **Modelli di consumo per comunicazioni wireless**
 - Tecniche energy-saving e risparmio energetico
- Tecniche ICT per la eco-sostenibilità
 - Internet of Things & smart environment
 - Reti di sensori Wireless (WSN)
 - Monitoraggio ambientale tramite WSN
- Conclusioni



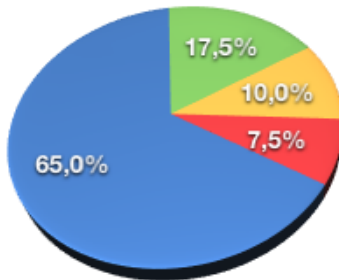
Consumo Energetico

I consumi energetici nelle comunicazioni cellulari



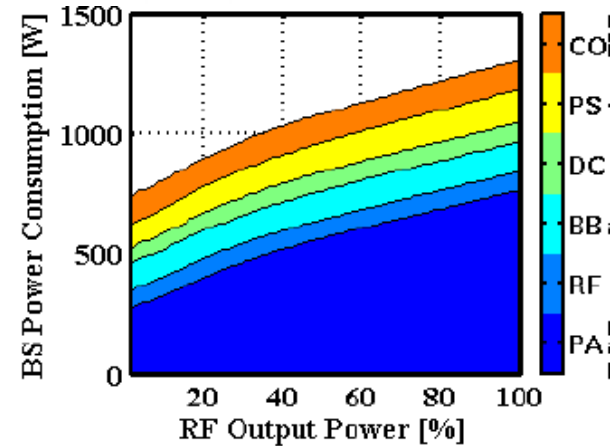
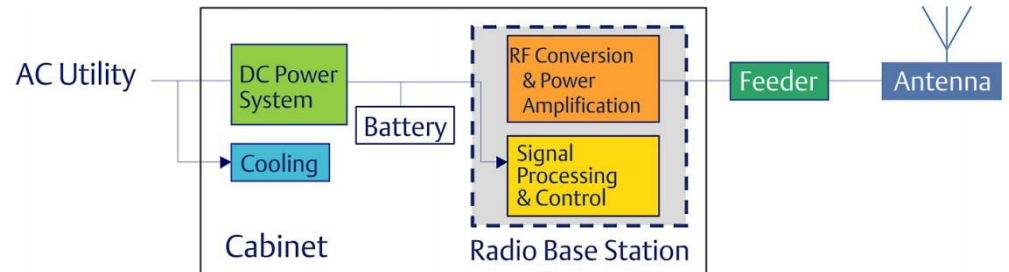
- Base Station
- Mobile Switching
- Core Transmission
- Data Center
- Retail

Distribuzione globale dei consumi delle reti cellulari



- Power Amplifiers
- Cooling
- Signal Processing
- Power Supply

Distribuzione globale dei consumi in una BTS



$$P_{in} = \begin{cases} N_{TRX} \cdot (P_0 + \Delta_P P_{out}), & 0 < P_{out} \leq P_{max} \\ N_{TRX} \cdot P_{sleep}, & P_{out} = 0 \end{cases}$$



Modelli di Consumo

Lo studio dell'efficienza energetica della rete viene eseguito a vari livelli:

- **Componenti:** studio dei vari componenti a sé stanti (amplificatori di potenza, banda base...)
- **Nodi:** a livello del sito in cui vengono inserite le BS. Vi rientrano tutti i consumi (luci, condizionamento...)
- **Sistema/rete:** si va a considerare il consumo della rete nella sua totalità. *È ciò su cui ci focalizzeremo*

È quindi necessario introdurre un ***modello di consumo***



Modelli di Consumo

- È l'interfaccia tra il livello di componenti e quello di sistema;
- Permette di ricavare la potenza totale da fornire al sistema per avere una determinata potenza in trasmissione;
- Permette inoltre di quantificare quanto del risparmio a livello di componenti si riflette in un risparmio a livello di rete.

Lo studio avviene in due fasi [EARTH]:

- Massimo carico;
- Variazione del consumo al variare del carico.



Modelli di Consumo

Uno dei primi modelli di consumo risale al 2009 [Vodafone]:

- Considera GSM e UMTS sia nel caso di macro e micro BS;
- Introduce un consumo statico (non dipendente dal carico) e uno dinamico:

$$P_{BS} = P_{static} + P_{dynamic}$$

- Considerando lo stato dell'arte del 2009, afferma che il consumo dinamico nelle macroBS è trascurabile rispetto alla parte statica;
- Nelle microBS il consumo statico è molto minore, quindi non è più possibile trascurare la parte dinamica.



Modelli di Consumo

MacroBS

$$P_{BS,Macro} = P_{static,macro} = N_{Sector} \cdot N_{PApSec} \cdot \left(\frac{P_{TX}}{\mu_{PA}} + P_{SP} \right) \cdot (1 + C_C) \cdot (1 + C_{PSBB})$$

Parametro	Descrizione	Parametro	Descrizione
N_{Sector}	# settori	N_{PApSec}	# PA per settore
P_{TX}	Tx Power	μ_{PA}	Efficienza PA
P_{SP}	Consumo Signal Processing	C_C	Perdite per raffreddamento
C_{PSBB}	Perdite di alimentazione		



Modelli di Consumo

MicroBS

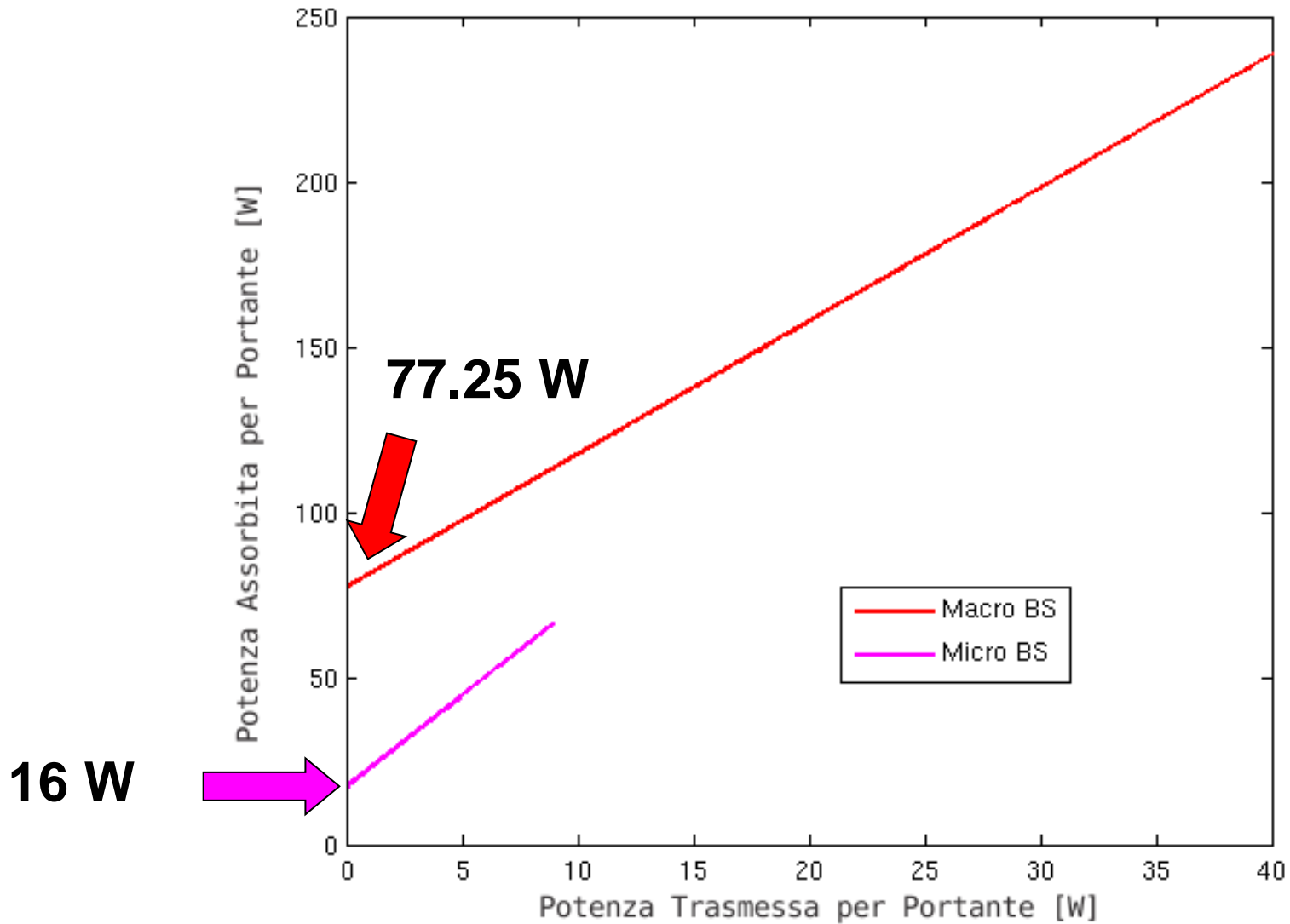
$$P_{static,micro} = \left(\frac{P_{TX}}{\mu_{PA}} C_{TX,static} + P_{SP,static} \right) \cdot (1 + C_{PS})$$

$$P_{dynamic,micro} = \left(\frac{P_{TX}}{\mu_{PA}} (1 - C_{TX,static}) \cdot C_{TX,NL} + P_{SP,NL} \right) \cdot (1 + C_{PS})$$

Parametro	Descrizione	Parametro	Descrizione
N_L	# link attivi	C_{PS}	Perdite per alimentazione
P_{TX}	Max Tx Power	μ_{PA}	Efficienza PA
$P_{SP,NL}$	Signal Processing per link	$P_{SP,static}$	Signal processing statico
$C_{TX,NL}$	Potenza dinamica % per link	$C_{TX,static}$	Potenza statica % per link



Consumi Energetici BS





Modelli di Consumo

EARTH

- Studia prima il consumo a massimo carico
- Successivamente riporta il consumo al variare della potenza trasmessa (relazionata al carico di rete)
- I componenti considerati sono gli stessi di [Vodafone]
- Considera 4 tipologie di BS: macro, micro, pico, femto
- Si focalizzano principalmente su LTE



Modelli di Consumo

EARTH – Massimo carico

$$P_{in} = N_{TRX} \cdot \frac{\frac{P_{out}}{\eta_{PA} \cdot (1 - \sigma_{feed})} + P_{RF} + P_{BB}}{(1 - \sigma_{DC})(1 - \sigma_{MS})(1 - \sigma_{cool})}$$

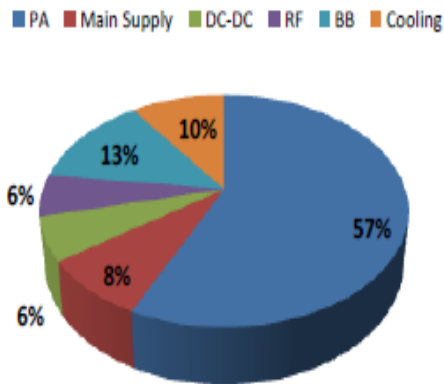
Parametro	Descrizione	Parametro	Descrizione
N_{TRX}	# trasmettitori	σ_{cool}	Perdite per raffreddamento
P_{out}	Max Tx Power	η_{PA}	Efficienza PA
P_{BB}	Baseband signal processing	P_{RF}	RF signal processing
σ_{MS}, σ_{DC}	Perdite alimentazione	σ_{feed}	Perdite feed antenna



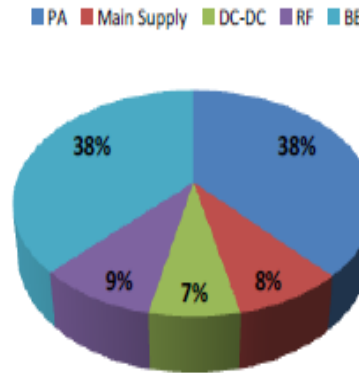
Modelli di Consumo

EARTH – Massimo carico

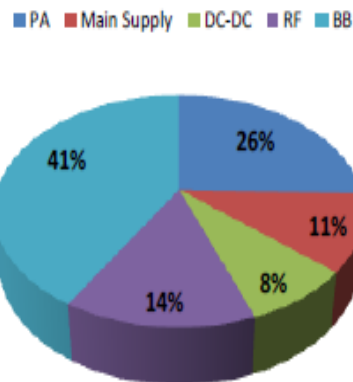
Macro



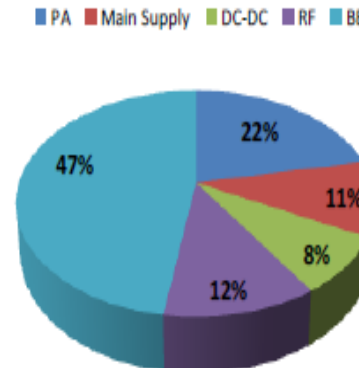
Micro



Pico



Femto/Home



Si nota come al diminuire delle dimensioni della BS, l'incidenza del consumo del PA sul totale diminuisce.

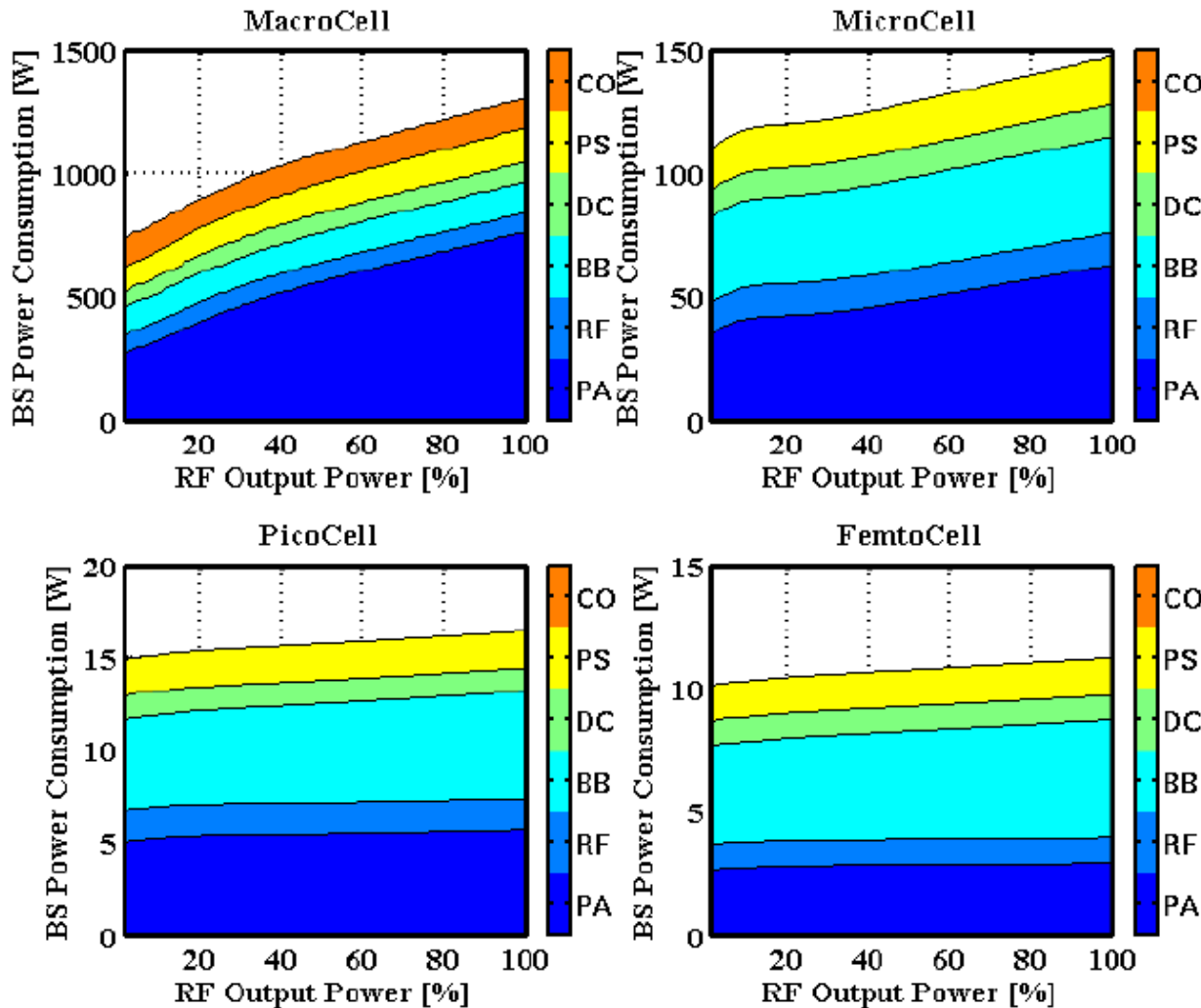
Diventa preponderante il consumo dovuto all'elaborazione del segnale in banda base.

Ci si può quindi aspettare che nell'analisi in base al carico di rete variabile, si abbia una crescita meno accentuata del consumo via via che si passa da macro a femto celle.



Modelli di Consumo

EARTH – Carico Variabile



Si nota:

- Andamento pressoché lineare del consumo rispetto alla potenza trasmessa;
- Variazione della pendenza al variare del tipo di BS.
- Ciò giustifica l'adozione di un **modello lineare**, peraltro già comparso in precedenza nella letteratura.



Modelli di Consumo

Modello lineare

- Nelle simulazioni è spesso utile relazionare il consumo all'indice di carico della rete ρ ($0 \leq \rho \leq 1$), direttamente relazionato alla potenza in trasmissione.
- Il modello è sempre lineare:

$$P(\rho) = a + b\rho$$

- È la relazione che permette di indagare il consumo della rete in relazione alle condizioni di traffico, in modo da andare ad analizzare l'efficacia delle varie strategie di network management dal punto di vista del risparmio energetico.



Modelli di Consumo

Modello lineare Implicazioni

- La rete è dimensionata per sostenere il carico massimo. In gran parte del tempo è quindi sottoutilizzata.
- La presenza di una parte costante di consumo fa sì che nei momenti di basso carico si abbia uno spreco maggiore di energia in relazione al servizio offerto.
- Gli sforzi sono rivolti sia a ridurre il consumo statico (livello di nodi), sia a introdurre tecniche di *Network Management* per ottimizzare l'utilizzo di energia nei momenti di minor carico (es. *switch off* delle BS non necessarie nei momenti in cui la rete è sottoutilizzata).
- Ad oggi non è possibile azzerare completamente il consumo statico delle BS, quindi in teoria le tecniche di Network Management permetterebbero un risparmio maggiore rispetto alla sola ottimizzazione dei componenti.

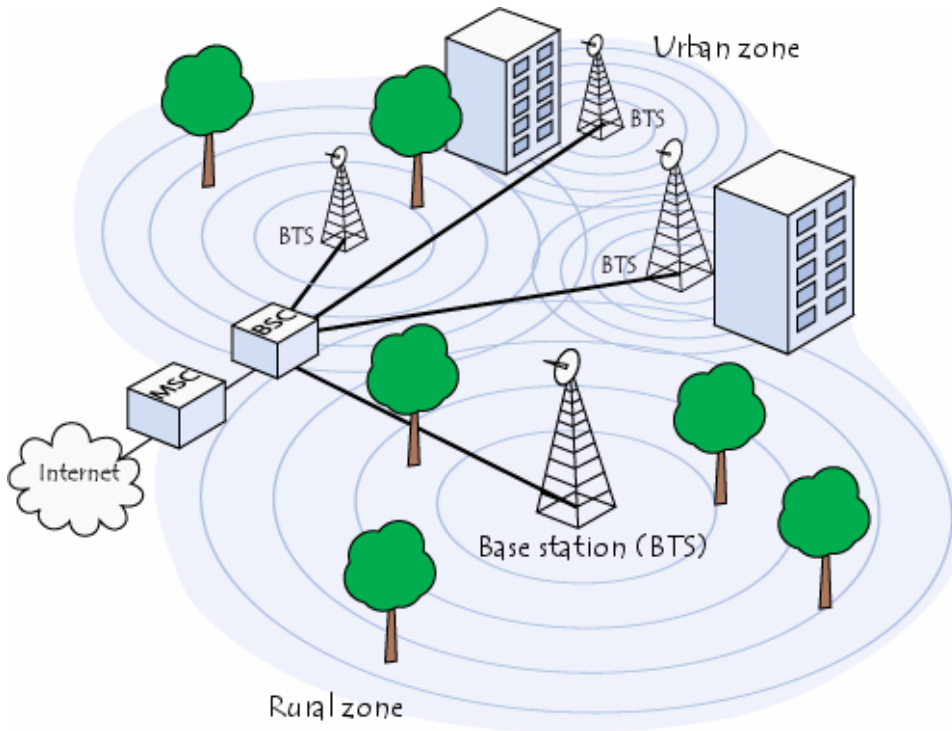


Sommario

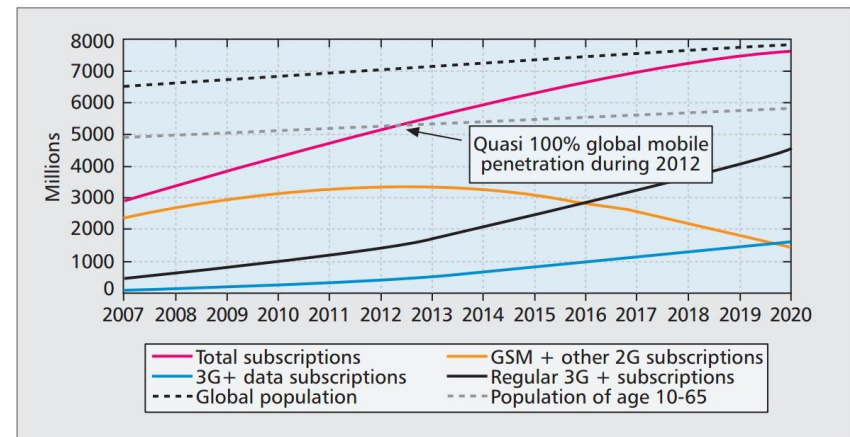
- Introduzione
- Green Radio & Network
 - L'efficienza energetica nelle comunicazioni
 - Modelli di consumo per comunicazioni wireless
 - **Tecniche energy-saving e risparmio energetico**
- Tecniche ICT per la eco-sostenibilità
 - Internet of Things & smart environment
 - Reti di sensori Wireless (WSN)
 - Monitoraggio ambientale tramite WSN
- Conclusioni

Tecniche Energy Saving

Architettura di una rete cellulare



- Area divisa in celle di grandezza diversa
- Possono coesistere più strutture cellulari sovrapposte (macro, pico, micro, femto)
- Diverse tecnologie di accesso radio (RAT): GSM/EDGE, UMTS/HSPA, LTE





Tecniche Energy Saving

Tecniche di efficienza energetica nelle reti cellulari

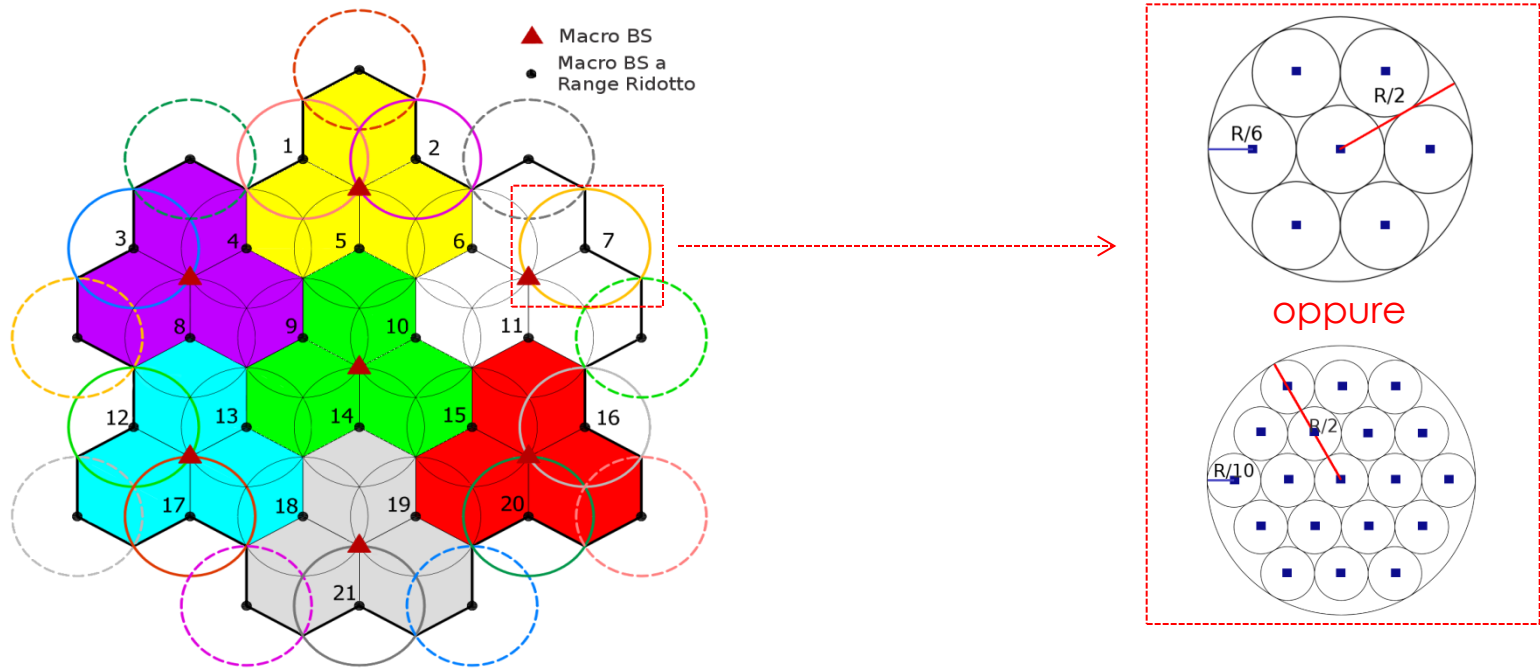
Pianificazione della rete

Individuazione del numero ottimo di BTS e della loro posizione in modo da garantire il servizio desiderato minimizzando il consumo energetico.

Gestione dinamica delle risorse

Adattare la quantità di risorse attive in una certa area alle variazioni del traffico mantenendo le risorse inattive in uno stato a basso consumo energetico (sleep mode).

Optimal Deployment

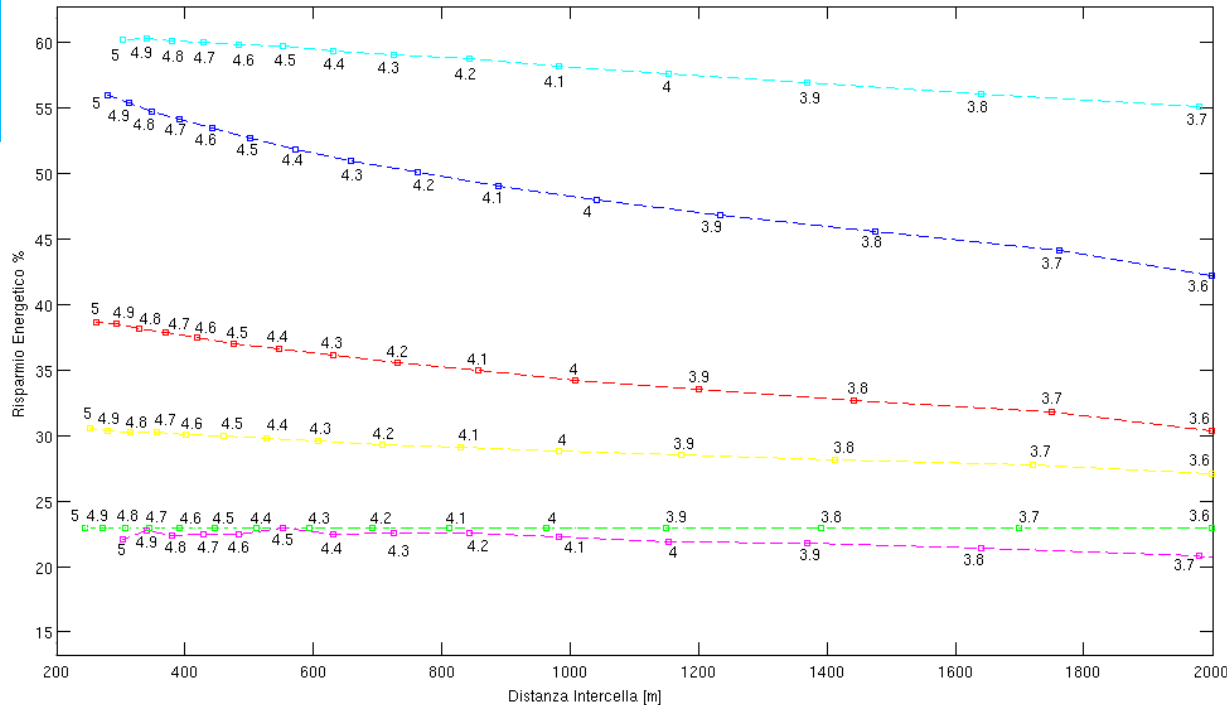


Scenario - Deployment eterogenei costituiti da una gerarchia di vari tipi di Base Station:

- Macro BS
- Micro BS
- Pico BS
- Femto BS

Obiettivo - Definizione della strategia ottima, i.e., delle distanze intercella che minimizzino i consumi

Risultati



Legenda:

- macro BS
- macro BS con supporto RR macro BS
- RR macro BS con supporto macro BS
- macro BS + RR macro BS (schema ibrido)
- macro BS + micro BS (R/6)
- macro BS + micro BS (R/10)

RR = Reduced Range

Risparmio energetico in funzione di distanza e pathloss, in presenza di diverse strategie di deployment e gestione dinamica delle risorse

Il risparmio ottenibile con tecniche di Optimal Deployment e gestione dinamica delle risorse è compreso tra il 20% e il 60% dell'attuale consumo



Energy Saving RRM

Gestione dinamica della risorsa radio

Le risorse radio a disposizione della rete risultano quasi sempre ridondanti; pertanto si può pensare di agire attraverso:

- Switch on/off portanti su ogni BS (risparmio energetico ottenuto mediante *switch off* o *idle mode* degli amplificatori relativi a ciascuna portante)
- BS sleep mode (in un contesto multi-layer)

Devono essere comunque garantiti vincoli di **copertura** e **capacità**.

Gestione della risorsa radio basata su:

- previsione del traffico – FORECASTING BASED SLEEP MODE ALGORITHM (FBSMA)
- misure real-time dello stato di occupazione delle portanti – REAL TIME MEASUREMENT BASED SLEEP MODE ALGORITHM (RTMSA)

Il risparmio energetico dovuto alle soluzioni elencate è legato alla velocità con cui la BTS si riadatta minimizzando le interruzioni di servizio [1]. L'approccio FBSMA risulta pertanto meno oneroso in termini di misure del carico in ciascuna BTS e, di conseguenza, di switch on/off delle portanti. Al contrario RTMSA consente di inseguire le variazioni di traffico.

[1] "Energy Saving Techniques to Support Low Load Scenarios," 3GPP R1-101084, Huawei, Feb. 2010.



Energy Saving RRM

Il tool simulativo sviluppato è stato applicato ad un modello di rete 2G, ponendo disporre di alcuni tracciati di consumo e di traffico.

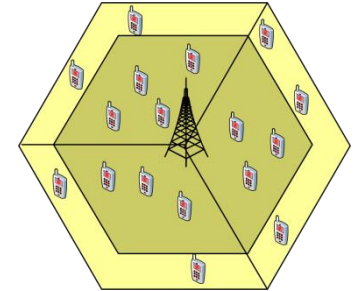
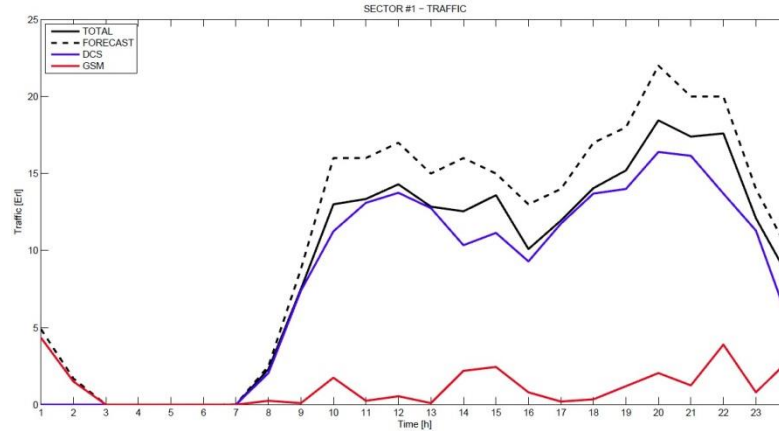
Il modello di consumo adottato è presentato in [2]. Tale modello è valido sia per il caso 2G che per quello 3G a patto di utilizzare opportuni valori per il set di coefficienti.

$$P_{BS,Macro} = N_{Sector} N_{PApSec} \left(\frac{P_{TX}}{\mu_{PA}} + P_{SP} \right) (1 + C_C)(1 + C_{PSBB})$$

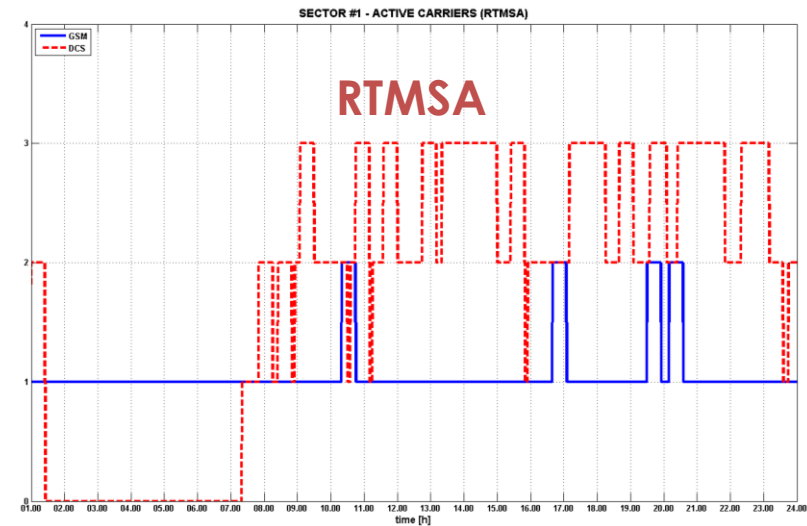
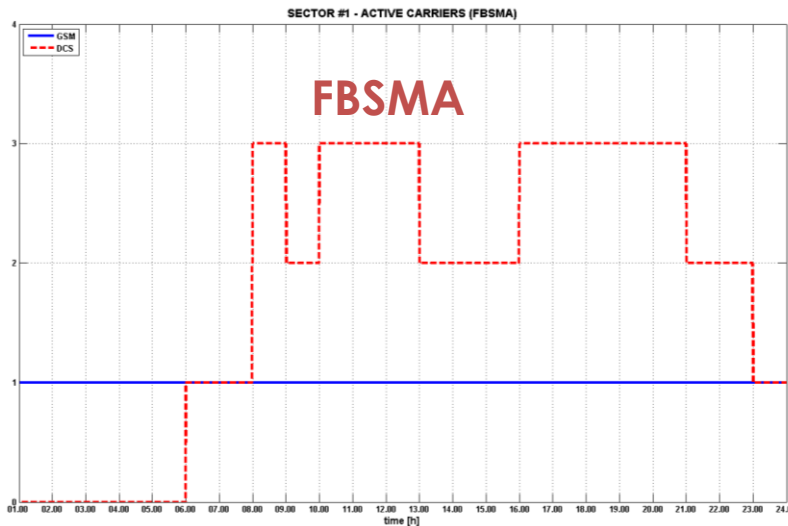
$P_{BS,Macro}$	Potenza dissipata da una Macro BTS	40 W	N_{sector}	Settori	3
C_C	Frazione consumi per cooling	11%	N_{PApSec}	Amplificatori per settore	2 GSM - 3 DCS
C_{PSBB}	Frazione consumi per power supply e battery backup	23%	P_{SP}	Potenza per signal processing	36.4 W
μ_{PA}	Efficienza amplificatori	35%	P_{TX}	Potenza trasmessa	40 W

- [2] Arnold, O.; Richter, F.; Fettweis, G.; Blume, O.; "Power consumption modeling of different base station types in heterogeneous cellular networks," *Future Network and Mobile Summit, 2010*, 16-18 June 2010

Energy Saving RRM



Cella multi-layer 3 settori:
 GSM – 2 portanti/settore
 DCS – 3 portanti/settore

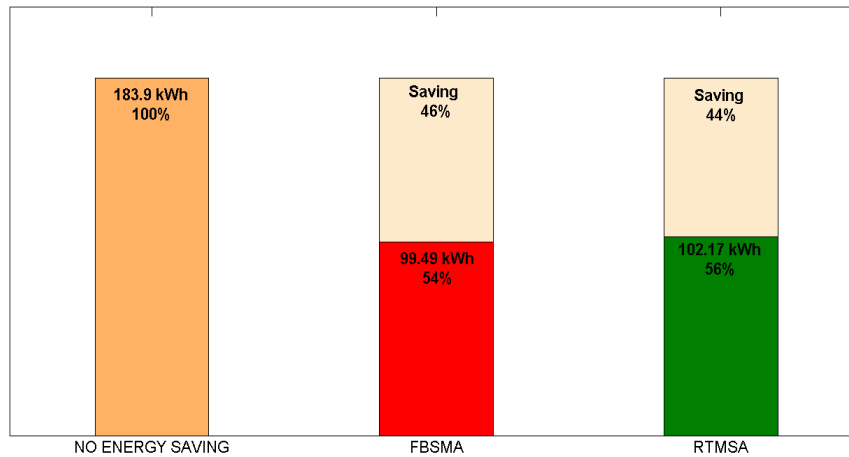


Energy Saving RRM

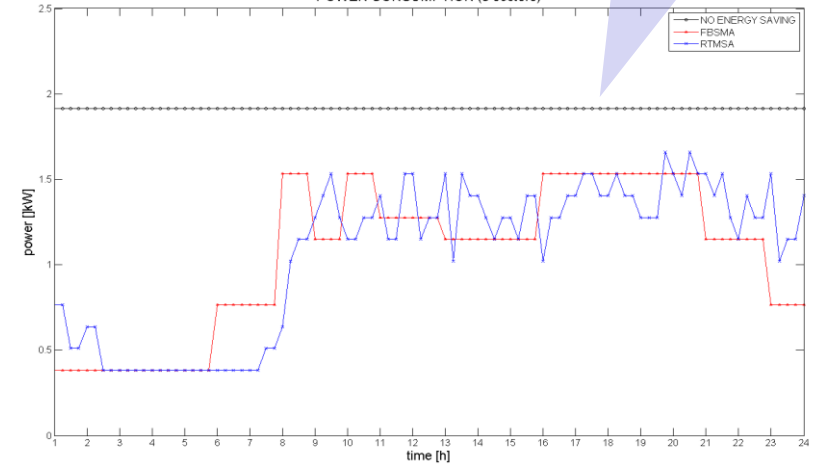
Ottimizzazione delle risorse a livello di ciascuna cella

In condizioni normali di funzionamento (nessuna strategia ES), il modello considerato porta ad un consumo costante

DAILY ENERGY CONSUMPTION (3 sectors)



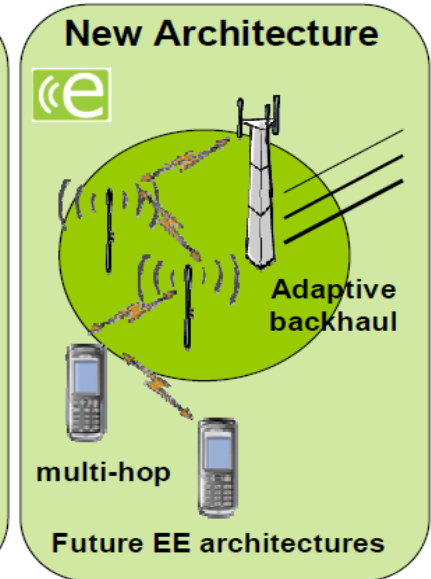
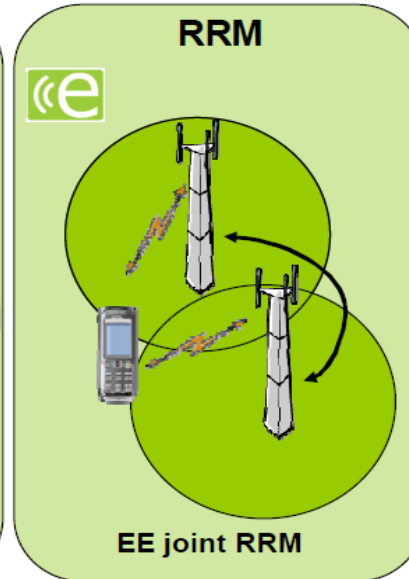
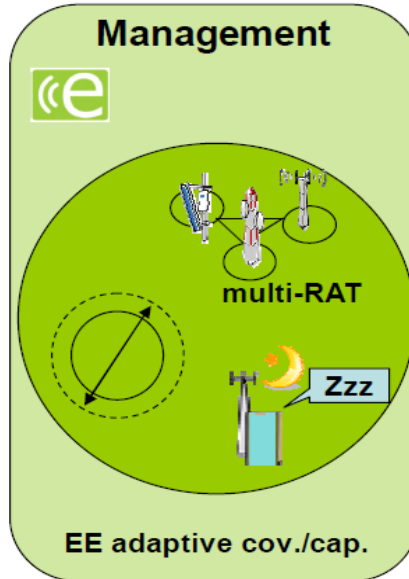
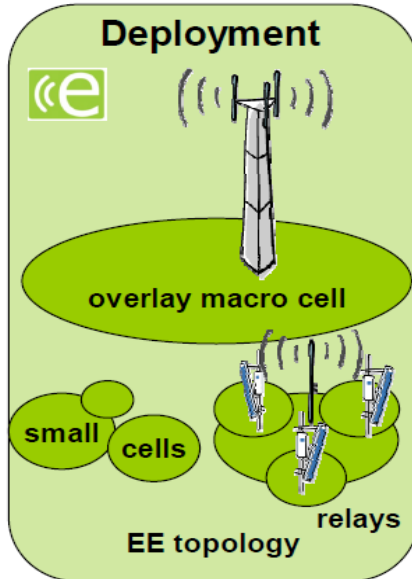
POWER CONSUMPTION (3 sectors)



Confronto consumi durante una giornata di traffico per le diverse strategie

La gestione dinamica delle risorse secondo i criteri individuati porta mediamente in una giornata ad un risparmio energetico intorno al 50% rispetto all'attuale gestione delle risorse.

Tecniche Energy Saving



Deployment scenarios:

- optimum cell size
- mix of cell sizes
- hierarchical deployment
- multi-RAT deployments
- relays & repeaters

Management algorithms:

- coverage adjustment
- capacity management
- Multi-RAT coordination
- base station sleep mode
- prototype protocol design

RRM algorithms :

- cooperative scheduling
- interference coordination
- joint power allocation and resource allocation
- EE vs spectral efficiency

Disruptive approaches:

- multi-hop transmission
- adhoc networks
- terminal-terminal-transmission
- cooperative multipoint architectures
- EE adaptive backhauling



Risparmio energetico

Come valorizzare il risparmio energetico nelle comunicazioni

I certificati bianchi, o più propriamente Titoli di Efficienza Energetica (TEE), sono titoli che certificano i risparmi energetici conseguiti da vari soggetti realizzando specifici interventi (es. efficientamento energetico). Implicando il riconoscimento di un contributo economico, rappresentano un incentivo a ridurre il consumo energetico in relazione al bene distribuito.

Istituiti in Italia con i DD.MM. 20 luglio 2004 ed entrati in vigore nel gennaio 2005, i certificati bianchi consistono in titoli acquistabili e successivamente rivendibili il cui valore è stato originariamente fissato a 100 €/tep (tonnellata equivalente di petrolio), valore soggetto a variazioni stabilite anche in funzione dell'andamento del mercato. Il valore energetico di un tep è comparabile col consumo annuale di energia elettrica di una famiglia media.



Risparmio energetico

Viene riconosciuto un risparmio di energia pari ad 1 tep secondo le seguenti equivalenze:

1 tep = 11.628 kWh per quanto riguarda i combustibili (1 tep = 41,860 GJ);

1 tep = 5.347,59 kWh per i consumi elettrici (1 kWh = $0,187 \times 10^{-3}$ tep).

La normativa italiana quindi incentiva la riduzione dei consumi di energia con obiettivi posti ai carico dei distributori di energia (crescenti negli anni e proporzionali all'energia trasportata).

Il risparmio energetico, misurato in Tonnellate Equivalenti di Petrolio risparmiate (TEP), consente l'ottenimento di un Certificato Bianco (o TEE) per ogni TEP risparmiato, per una durata di 5 anni (8 in caso di interventi sull'involucro edilizio).

La deliberazione dell'Autorità 27 ottobre 2011, EEN 9/111 ha introdotto dei coefficienti *tau* "maggiorativi" per riconoscere TEE in considerazione della effettiva vita utile degli interventi effettuati.



Sommario

- Introduzione
- Green Radio & Network
 - L'efficienza energetica nelle comunicazioni
 - Modelli di consumo per comunicazioni wireless
 - Tecniche energy-saving e risparmio energetico
- **Tecniche ICT per la eco-sostenibilità**
 - **Internet of Things & smart environment**
 - Reti di sensori Wireless (WSN)
 - Monitoraggio ambientale tramite WSN
- Conclusioni



Internet of Things

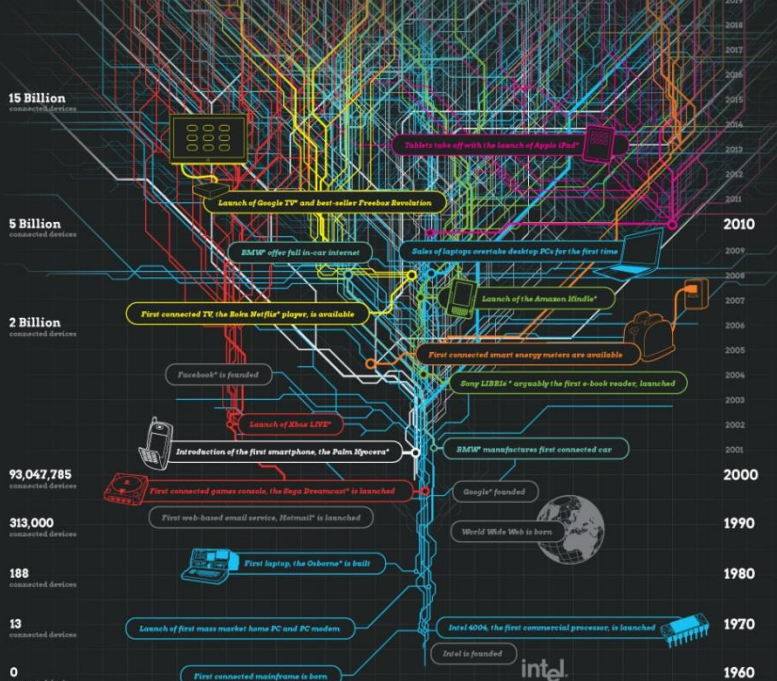
The Internet of Things

The Internet is evolving, again. Every day, billions of people connect to the Internet through billions of devices - PCs, smartphones and TVs to name just a few. While the PC remains at the centre of this evolution, Internet connectivity is now embedded into cars, fitness equipment, factory robots and vending machines. This smarter, connected world has the potential to change how we live.

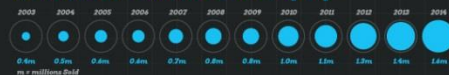
Here, Intel has produced a quick snapshot of how the number of connected devices has exploded since the birth of the Internet and the PC, as well as a glimpse forward to 2020. The Internet may already be huge, but it's about to get a lot bigger.

- Mainframes, PCs & Laptops
- Smart TVs
- Tablets
- Smartphones
- e-books/Readers
- Smart Energy Meters
- Games Consoles
- Automotive

31 billion devices / connected to the internet
8.4 billion people / by 2020



More than one million PCs sold every day



80% of all PCs shipped today have Intel[®] Inside



The data referenced in this document came from a variety of sources. For a full list please visit: www.intel.co.uk/internetofthings
Intel is a trademark of Intel Corporation in the United States and other countries. *Other names and brands may be claimed as the property of others.





Internet of Things

L'Internet of Things (IoT) è un paradigma che si sta affermando nel moderno scenario delle comunicazioni wireless. L'idea alla base di questo concetto è che la presenza pervasiva tutto attorno a noi di una varietà di cose od oggetti – come ad esempio tag RFID (Radio-Frequency IDentification) , sensori, attuatori, cellulari, etc. – consenta a ciascuno di essi di interagire e collaborare con gli altri vicini per raggiungere obiettivi comuni.

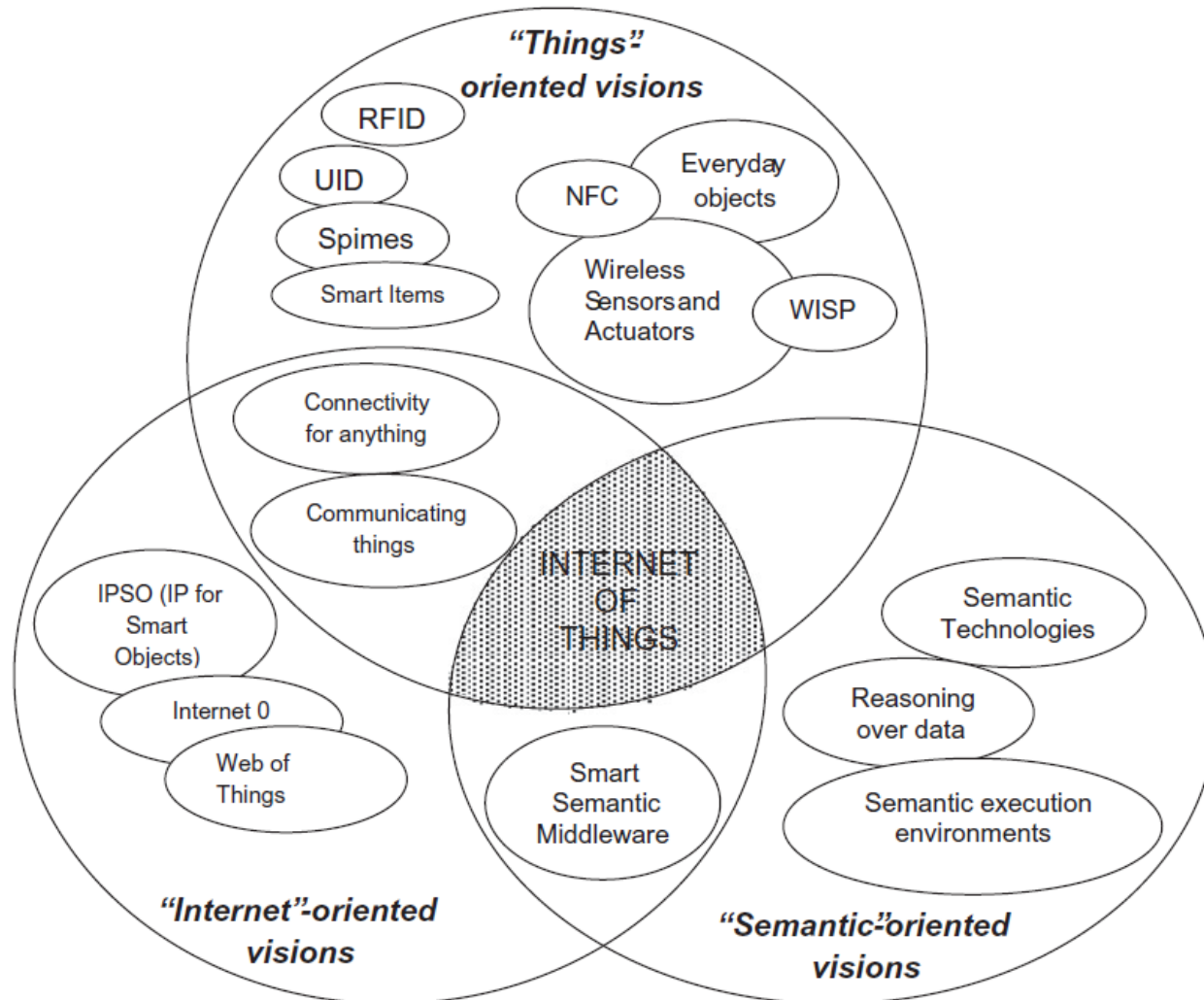
Indubbiamente, la forza principale dell'IoT risiede nell'alto impatto su diversi aspetti della vita di tutti i giorni e sui comportamenti dei potenziali end-user

Dal punto di vista degli utenti privati, gli effetti dell'introduzione dell'IoT potranno essere visibili sia negli ambiti lavorativi che domestici: contesti quali la domotica, l'assisted living, l'e-health, l'enhanced learning sono solo alcuni dei possibili esempi applicativi in cui il nuovo paradigma potrà giocare un ruolo futuro

Per quanto riguarda gli utenti business, le conseguenze più evidenti sarebbero identificabili in campi quali l'automazione e la manifattura, la logistica il business/process management, l'intelligent transportation di beni e persone.



Internet of Things



Il paradigma "Internet of Things" come risultato della convergenza di differenti visioni.



Internet of Things & Smart Environments

Enabling Technologies

Identificazione, sensing e tecnologie di comunicazioni;

Middleware

- Applicazione

- Composizione e gestione dei servizi

- Gestione della sicurezza e della privacy

Si definisce come smart environment quello il cui uso è reso facile e confortevole dall'intelligenza degli oggetti in esso contenuti.



Sommario

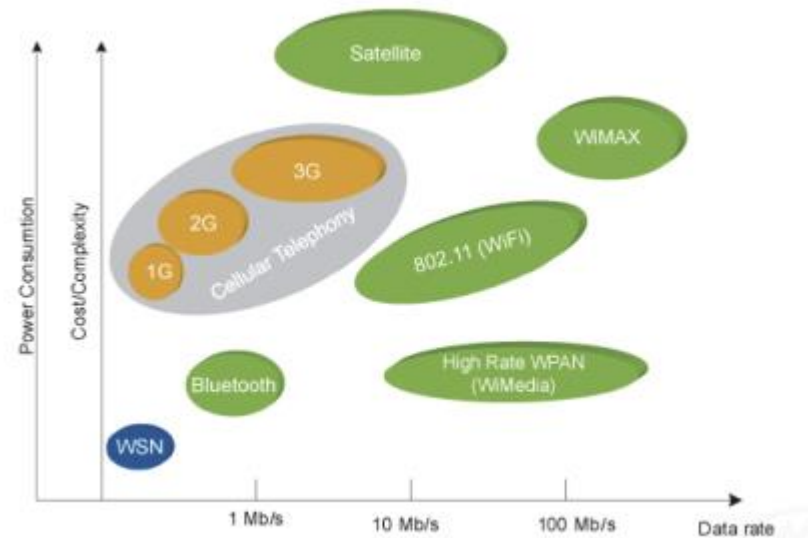
- Introduzione
- Green Radio & Network
 - L'efficienza energetica nelle comunicazioni
 - Modelli di consumo per comunicazioni wireless
 - Tecniche energy-saving e risparmio energetico
- Tecniche ICT per la eco-sostenibilità
 - Internet of Things & smart environment
 - Reti di sensori Wireless (WSN)
 - Monitoraggio ambientale tramite WSN
- Conclusioni



Wireless Sensor Network (WSN)

Una rete di sensori wireless (WSN) è composta da una molteplicità di sensori interconnessi e distribuiti che raccolgono informazioni su aree o oggetti di interesse (paradigma in situ). I nodi sensori compongono la WSN e consistono di tre componenti principali: sensing di parametri, eventi e oggetti, elaborazione e classificazione dei dati e comunicazione

- ▶ Rete caratterizzata da un'architettura distribuita
- ▶ Costituita da dispositivi elettronici autonomi
 - ▷ Prelevare dati dall'ambiente circostante
 - ▷ Interagire tramite il mezzo radio
- ▶ Ampio spettro di applicazioni





Analisi dello stato dell'arte

Nel seguito viene eseguita una panoramica dello stato dell'arte delle reti Wireless Sensor Network (WSN), oltreché un' analisi dei progetti precedenti e delle tecnologie presenti sul mercato.

Verranno prese in considerazione anche le tecniche a livello rete e datalink che ottimizzino il funzionamento della rete e minimizzino il consumo di energia.

Verranno anche considerate le problematiche di tipo IPR, ovvero la necessità della licenza per l'uso e la disponibilità dei dispositivi.

Le tecniche che vengono prese in esame sono le seguenti:

- IEEE 802.15.4;
- ZigBee;
- DASH7.
- TELIT

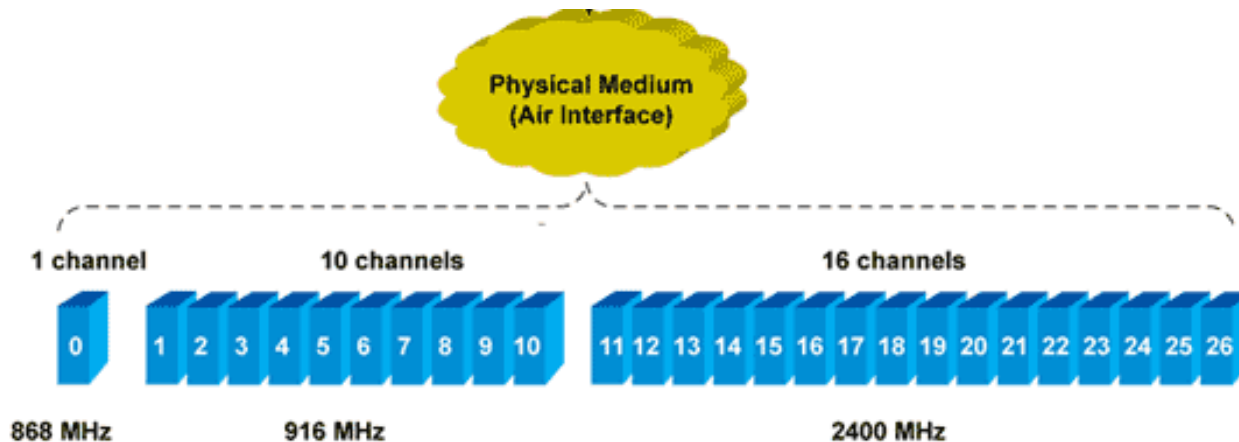
Verranno infine descritte le principali caratteristiche delle soluzioni di tipo meshed network.



IEEE 802.15.4 – Physical Layer (I)

Le responsabilità chiave sono

- *Attivazione e disattivazione del radio-transceiver*
- *Frequency channel tuning*
- *Carrier sensing*
- *Received signal strength estimation (RSSI & LQI)*
- *Data coding and modulation*
- *Error correction*



Frequenza [MHz]	Numero di canali	Rate dati [kbps]	Disponibilità senza licenza
2450	16	250	Worldwide
915	10	40	America, Australia
868	1	20	Europa



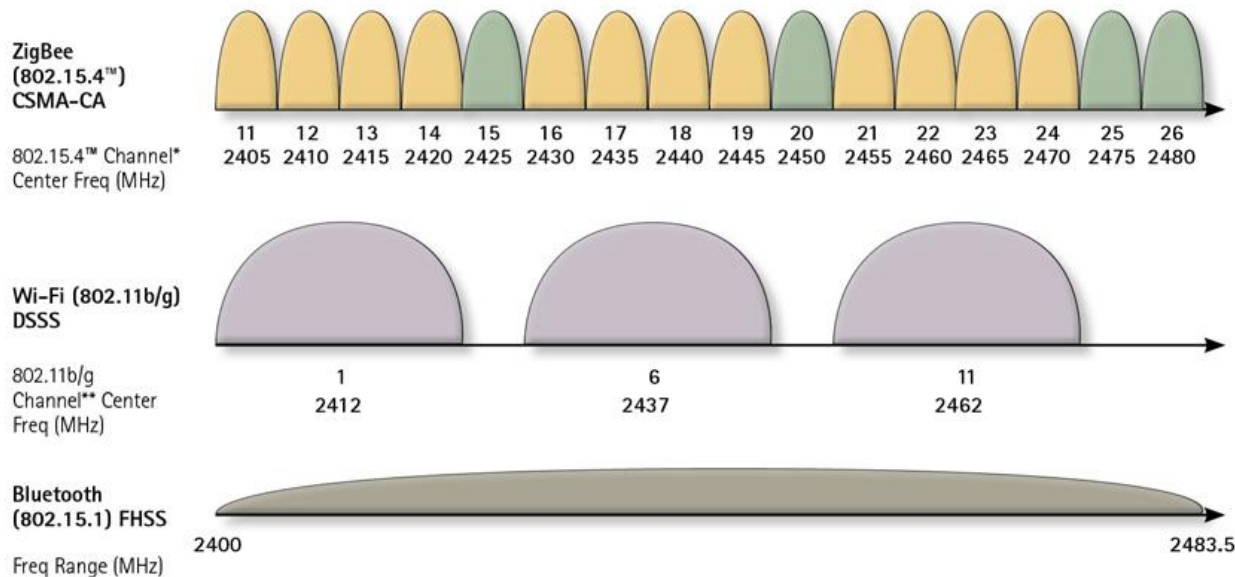
IEEE 802.15.4 – Physical Layer (II)

Le specifiche del segnale trasmesso per la banda a 2.4 GHz sono

- *4 Bits per symbol*
- *Direct Sequence Spread Spectrum con 32 Bit chips*
- *Offset-Quadrature PSK modulation*
- *Impulsi Sine halfwave per modulare la portante RF*

Le specifiche del segnale trasmesso per la banda a 915MHz (e per il canale a 868 MHz) sono

- *1 Bit per symbol*
- *Differential encoding*
- *Direct Sequence Spread Spectrum con 15 Bit Chips*
- *Binary PSK modulation*
- *Raised Cosine impulses (roll-off = 1)*



Principali sistemi wireless presenti nella banda ISM a 2.4GHz



IEEE 802.15.4 – MAC layer (I)

Le funzioni principali del **livello MAC** sono

- *Data framing and validation of received frames*
- *Device addressing*
- *Channel access management*
- *Device association and disassociation*
- *Sending acknowledgement frames*

Tipi di dispositivi di rete

Ci sono due tipi base di dispositivi che possono essere presenti in una rete 802.15.4:



RFD – Reduced Functionality Device

Un RFD (anche detto end-device) contiene un limitato set di caratteristiche 802.15.4, le principali sono

- Può comunicare solo con un singolo FFD nella rete e non con gli RFD
- Richiede poca memoria e ridotte risorse di potenza e computazionali per le operazioni
- Usualmente queste ridotte funzionalità di networking sono sufficienti per i sensori e nodi attuatori.

FFD – Full Functionality Device

Un dispositivo di tipo FFD contiene il set completo delle caratteristiche 802.15.4, quindi un nodo FFD ha le seguenti caratteristiche

- Capacità di avere sia il ruolo di network coordinator o end-user
- Capacità di comunicare sia con gli FFD che con gli RFD
- Richiede memoria extra e ha consumi maggiori rispetto ai dispositivi RFD
- Un dispositivo di rete deve essere FFD se vuol essere il network coordinator o se richiede capacità di *data packet forwarding*



IEEE 802.15.4 – MAC layer (II)

Modelli di trasferimento dati

In termini di possibili interconnessioni, trasmissione di dati in una rete 802.15.4 può essere organizzato in due possibili modi: *stella* e *peer-to-peer*

Stella

Nel modo stella i nodi sono interconnessi in forma di stella: c'è un nodo centrale (coordinator), e tutti i nodi di rete (FFD e RFD) possono comunicare solamente con il coordinator. Questo approccio determina le seguenti caratteristiche di networking:

- Rete semplice in set-up e nello schieramento
- il data forwarding è possibile solo verso il coordinator (two-hop)
- area di copertura limitata al range di trasmissione one-hop

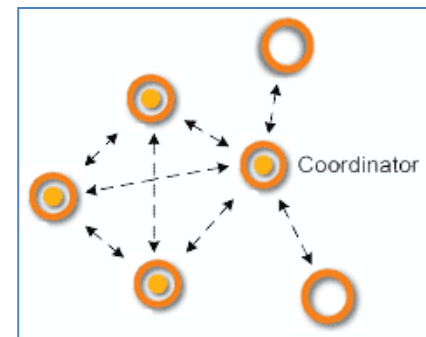
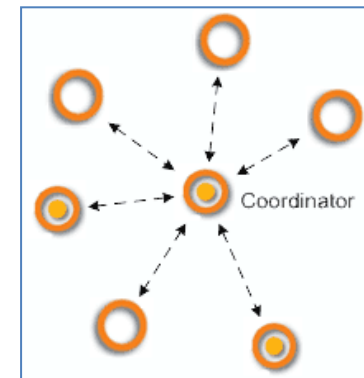
Anche se la comunicazione two-hop via coordinator è abilitata dal 802.15.4 i meccanismi corrispondenti sono fuori dallo scopo dello standard e devono essere implementati ai livelli superiori.

Peer-to-peer

Nel modello peer-to-peer model un FFD può comunicare a tutte gli altri dispositivi dentro il range di comunicazione totale, mentre un RFD può solo parlare con il dispositivo FFD a cui è associato. Il modo Peer-to-peer model è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- I frame dati possono essere trasportati attraverso nodi intermedi (multi-hop transmission)
- vaste aree spaziali possono essere coperte da una singola rete
- complessi algoritmi per il routing dei pacchetti sono richiesti

C'è da notare che le avanzate funzionalità del modello peer-to-peer sono disponibili solo se un protocollo per il management della rete sono realizzate in cima allo stack IEEE 802.15.4.





ZigBee - Introduzione



ZigBee è il nome di una specifica per un insieme di protocolli di comunicazione ad alto livello che utilizzano piccole antenne digitali a bassa potenza e basato sullo standard IEEE 802.15.4 per wireless personal area network (WPAN).

Un tesseramento di livello base alla ZigBee Alliance costa 3500 USD/anno e garantisce l'accesso alle specifiche.

I protocolli ZigBee sono progettati per l'uso in applicazioni **embedded** che richiedano data-rate e consumi contenuti.

L'obiettivo è quello di definire una rete mesh wireless general purpose, economica e self-organized che possa essere utilizzata per scopi quali

- il controllo industriale,
- le reti di sensori,
- domotica,
- le telecomunicazioni.

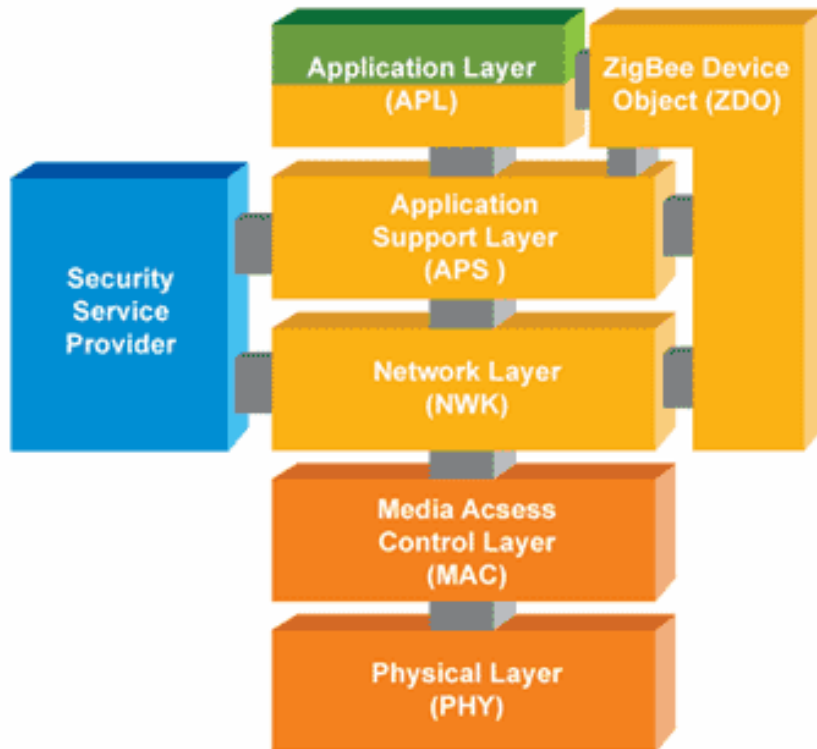
La rete avrà un basso consumo energetico e potrà funzionare a lungo tramite la batteria incorporata nei singoli nodi.





ZigBee - Introduzione

Le specifiche ZigBee coprono tutti i livelli del modello **ISO/OSI**, nella fattispecie:



- I due livelli più bassi (i cosiddetti physical e MAC layers) dello standard ZigBee *sono identici* a quelli dello standard IEEE 802.15.4;
- I livelli più alti Application Support (APS) e Network (NWK) Layers, specificati dallo ZigBee Alliance, sono specificati per permettere comunicazioni efficienti con l'intera rete creata e definiscono il livello applicazione destinata all'utente finale;
- Infine il livello Applicazione (Application Layer, APL) può essere adattato alle esigenze dell'utente finale (in questo caso i programmatori della rete di monitoraggio ambientale).
- ZigBee Device Object (ZDO) essenzialmente definisce il ruolo del dispositivo all'interno della rete (coordinator, router o end-device)
- Security Service Provider (SSD) fornisce i meccanismi di sicurezza per i livelli che usano la crittografia.



ZigBee – MAC and NWK Layer

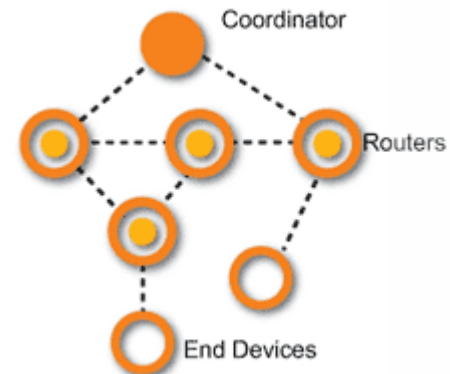
Le funzioni principali del **livello MAC** sono

- *Data framing and validation of received frames*
- *Device addressing*
- *Channel access management*
- *Device association and disassociation*
- *Sending acknowledgement frames*

I livelli più alti sono progettati per supportare funzionalità migliorate per quanto riguarda il networking e forniscono una semplice interfaccia tra rete e applicazioni end-user.

Principali estensioni ZigBee rispetto allo standard IEEE 802.15.4

- Pieno supporto per topologie di rete complesse: albero e mesh (algoritmi di routing avanzati)
- Comunicazioni affidabili con l'intera rete (oltre il range di trasmissione del singolo nodo)
- Interfaccia di rete unificata per applicazioni end-user
- "Public application profiles" per inter-operabilità tra dispositivi di differenti vendor





ZigBee – Nodes

Lo standard ZigBee specifica **tre differenti tipi di nodi** che possono essere presenti all'interno di una rete ZigBee:

Coordinator



É il **solo tipo di nodo che deve essere obbligatoriamente presente nella rete**. Costituisce il nodo “radice” ed è responsabile per molte funzioni di network management tra cui:

- Configurazione dei parametri chiave della rete
- network start
- ammissione di altri nodi all'interno della rete
- network address assignment
- Connesso ad a fonte fissa di energia



Router

É un nodo con alte capacità ma che non assume il ruolo di coordinator.

I router possono anettere altri nodi alla rete oltre che indirizzare i frame dati alle loro destinazioni. Inoltre possono essere usati per:

- *estendere la copertura dell'area della rete oltre il range di trasmissione del singolo dispositivo*
- *aumentare l'affidabilità della rete creando “data routing paths” addizionali*



End device

I nodi di questo tipo possono comunicare direttamente solo con un singolo router o con il coordinator. Tra tutti i tipi di nodi sono quelli che hanno minore potenza computazionale, memoria e risorse energetiche.



ZigBee – Application Profiles

Un **Application Profile** descrive una collezione di dispositivi impegnati per una specifica applicazione e lo schema di messaging tra questi dispositivi. (e.g. Home Automation e Smart Energy)

Ci sono due tipi di application profiles:

- **Public Application Profiles**
- **Manufacturer-Specific Profiles**

I dispositivi che fanno parte di un Application Profile comunicano l'uno con l'altro tramite mezzi detti **cluster**, che possono essere input per o output da questi dispositivi.

e.g. in HA Profile c'è un cluster dedicato al controllo del sottosistema illuminazione

Un **cluster ID** identifica univocamente i cluster all'interno di un particolare Application Profile

Un **endpoint**, invece, definisce un'entità di comunicazione attraverso cui una specifica applicazione è trasmessa.

ZigBee prevede la possibilità per il controllore remoto di comunicare indipendentemente con i dispositivi e di identificare quali pacchetti sono indirizzati per ogni Application e per ogni dispositivo

In tutto, **240 endpoints** sono disponibili all'interno di ogni dispositivi ZigBee, con l'endpoint Zero dedicato allo ZigBee Device Object, che fornisce comandi di controllo e management.



ZigBee – Membership

Benefits At A Glance

ZigBee Alliance Member Benefits	Promoter *\$50,000 USD/year	Participant \$9,500 USD/year	Adopter \$3,500 USD/year
Receive a seat on the Board of Directors	✓		
Ratify proposed specifications	✓		
Automatic Voting Rights in all work groups	✓		
Right of first refusal on Open House Platinum sponsorships	✓		
Contribute input to requirements documents	✓	✓	
Contribute intellectual property (IP) to specification(s) and provide input into the specification evolution	✓	✓	
Gain early access to ZigBee specifications	✓	✓	
Receive access to final, approved ZigBee specification (s)	✓	✓	✓

- **Consumo**
 - ZigBee: 10mA \Leftrightarrow BT: 100mA
- **Costi produzione (2005)**
 - ZigBee: 1.1 \$ \Leftrightarrow BT: 3 \$
- **Sviluppo software**
 - Codesize ZB/codesize BT = $\frac{1}{2}$



DASH7 (I)

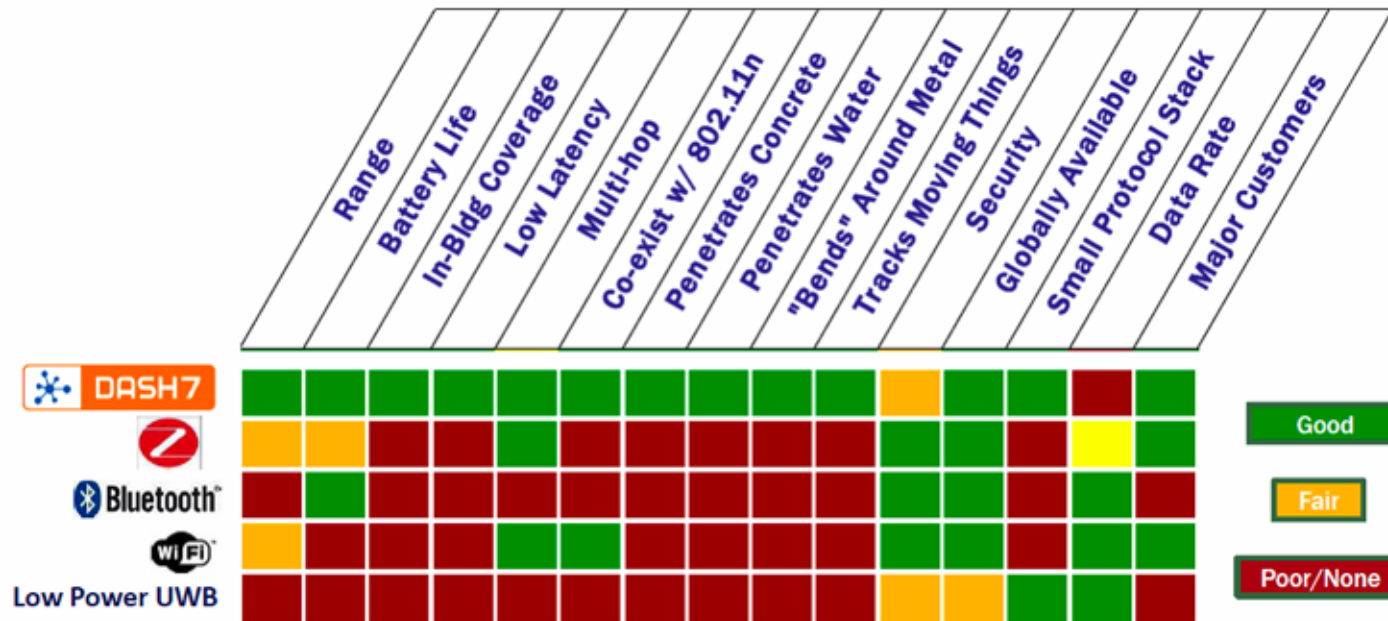
DASH7 è una tecnologia WSN che usa lo standard ISO/IEC 18000-7 per RFID attivi, operante alle frequenze senza licenza a 433 MHz.

Caratteristiche:

- durata delle batterie di diversi anni
- range fino a 2 km
- bassa latenza per il tracking di oggetti in movimento
- piccolo stack protocollare
- supporto per sensori e sicurezza
- data rate fino a 28 kbps



DASH7 è il nome della tecnologia promossa dal consorzio non-profit [DASH7 Alliance](http://www.dash7alliance.com).



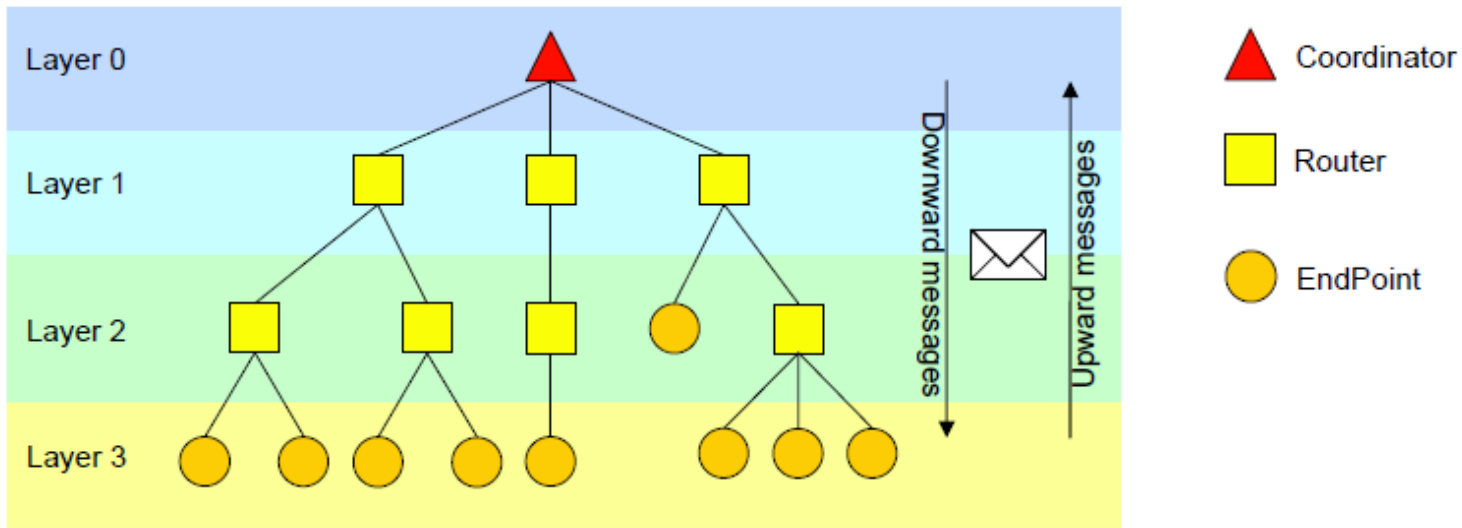


DASH7 (II)

	DASH7	Unslotted Zibgee 900	Slotted Zibgee 900	Unslotted Zibgee	Slotted Zibgee
Frequenza	433 MHz	900 MHz	900 MHz	2.45 GHz	2.45 GHz
Base Data Rate	28 kps	40 kbps	40 kbps	250 kbps	250 kbps
Packet Time	16 ms	11 ms	11 ms	2 ms	2 ms
# Hop	1	2	2	6	6
Latenza di Hop	(N/A)	24 ms	50,000 ms	15 ms	50,000 ms
Active Time	32ms	70ms	48ms	102ms	44ms
Active Energy	0.6mJ	2.8mJ	1.9mJ	7.2mJ	3.1mJ
Comm Time	32ms	70ms	100s	102ms	300s
Date Rate Medio	14kbps	6.3kbps	4.4 bps	5 kbps	1.5 bps



Rete wireless Telit



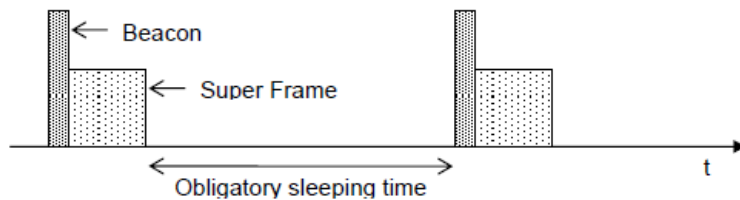
Caratteristiche:

- Comunicazioni Master-Leaf e Leaf-Leaf;
- Auto-mantenimento della rete
- Modalità a basso consumo (Low Power Mode)
- Dispositivi totalmente configurabili tramite comandi AT



Protocollo MAC – M-ONE Telit

I dispositivi Telit utilizzano un protocollo MAC proprietario della Telit. È solamente ispirato dai protocolli MAC di IEEE 802.15.4 e ZigBee.



I **Beacon** sono trasmessi periodicamente dal COORDINATORE e dai ROUTER ai dispositivi ai livelli più bassi direttamente associati.

Il SuperFrame è diviso in 2 parti:

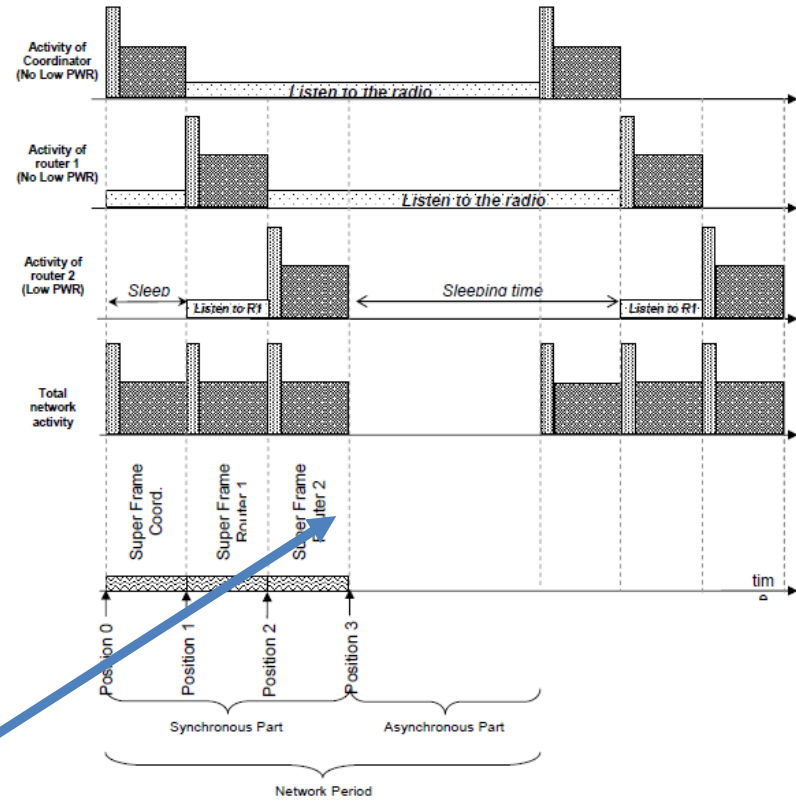
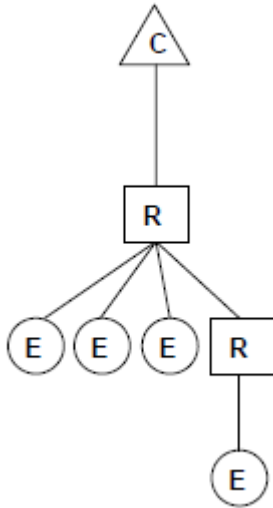
- DownWard Messaging
- UpWard Messaging

Solo nella fase di UpWard è usato il **protocollo di accesso CSMA/CA**, mentre nella fase di DownWard i messaggi vengono trattati tramite un ordine di lista presente nel beacon associato.

Dal valore di un registro chiamato **LOW_POWER_MODE** il dispositivo può andare in una fase di sleep, grazie al quale abbiamo un abbassamento nei consumi equivalente ad un aumento della vita delle batterie del dispositivo.



M-ONE Telit – Low Power Mode



Modalità Low Power:

- DISABLE
- CHILDREN SIDE
- TOTAL



Soluzione TELIT a bassa potenza

- Alla fine del superframe, I dispositivi entrano in sleep mode. Definendo un intervallo di tempo molto lungo tra I beacon successivi, si ottiene un notevole risparmio di potenza ma al costo di un notevole ritardo introdotto dalla rete per trasmettere un messaggio attraverso l'intera rete. Di contro, la velocità di trasmissione viene ridotta dall'aumento della frequenza di trasmissione dei beacon.
- I router sono i dispositivi che richiedono una maggiore potenza dal momento che si devono risvegliare il doppio di volte, una per ricevere le informazioni dei layer superiori e una per tramettere il beacon a quelli inferiori.
- Gli end-point possono essere assunti a basso consumo di potenza soprattutto se sono risvegliati una volta ogni n beacon.

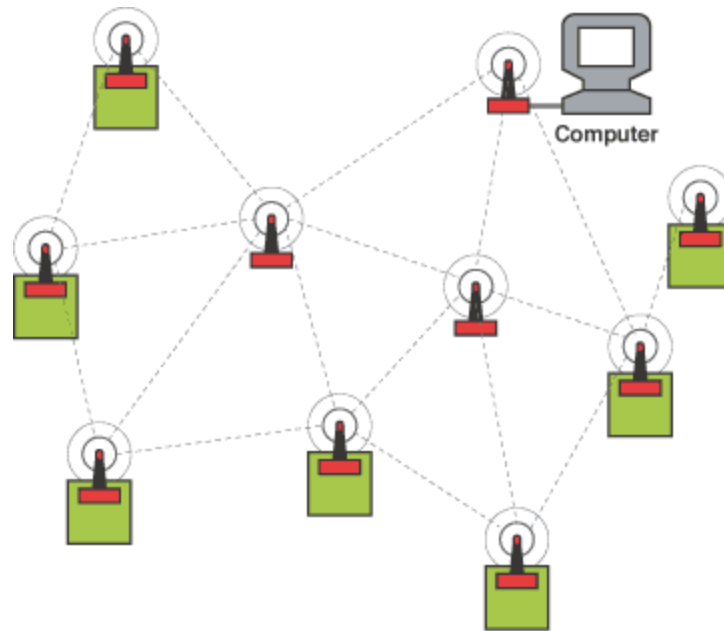


Meshed Networks (I)

- La tipologia di rete wireless di tipo mesh (magliata) identifica una rete multihop in cui i nodi possono inviare e ricevere messaggi e che può anche funzionare come router per svolgere il relay dei messaggi ai nodi vicini.
- In una rete wireless attraverso l'operazione di relay un pacchetto dati riuscirà a compiere il suo percorso fino alla destinazione, attraversando link affidabili che connettono i nodi intermedi.
- ***Un networking di tipo mesh consente di usare un dispositivo wireless come repeater logico e trasferire i dati tra due end point che non hanno una connessione radio diretta. In definitiva tale soluzione permette di aumentare l'affidabilità e il range di un link wireless.***



Meshed Networks (II)



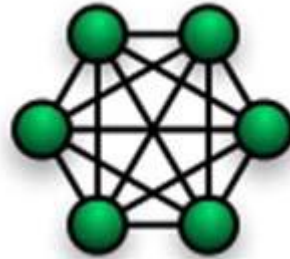
Esempio di topologia mesh



Meshed Networks (III)

Esistono due tipi di topologie mesh, full e partial (completa e parziale):

- Si ha una topologia mesh di tipo full quando ciascun nodo ha una connessione con tutti gli altri della rete. La soluzione full mesh è molto costosa da implementare ma permette la maggiore ridondanza possibile, cosicché nel caso in cui uno dei nodi sia danneggiato, il traffico della rete può essere ridiretto a un qualunque altro nodo. Le soluzioni full mesh sono di solito riservate alle reti di backbone (dorsali).

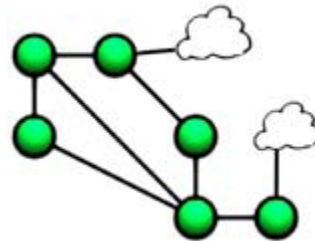


Topologia Mesh completa



Meshed Networks (IV)

- La topologia mesh parziale è meno costosa da implementare e permette una ridondanza più contenuta rispetto al caso precedente. Con soluzioni partial mesh, solo alcuni dei nodi sono organizzati in modalità full mesh mentre gli altri sono in genere connessi soltanto a uno o due nodi. La tipologia partial mesh è comunemente adottata nelle reti periferiche che a loro volta sono connessi a dorsali full mesh.



Topologia mesh parziale



Sommario

- Introduzione
- Green Radio & Network
 - L'efficienza energetica nelle comunicazioni
 - Modelli di consumo per comunicazioni wireless
 - Tecniche energy-saving e risparmio energetico
- Tecniche ICT per la eco-sostenibilità
 - Internet of Things & smart environment
 - Reti di sensori Wireless (WSN)
 - Monitoraggio ambientale tramite WSN
- Conclusioni



WSN per Monitoraggio Ambientale

Obiettivo:

- Realizzazione di un sistema di monitoraggio ambientale, attraverso la realizzazione di una Wireless Sensor Network (WSN) dedicata, cioè una rete wireless composta da moduli (dotati di sensori per la rilevazione di parametri ambientali) autonomi, a basso costo e manutenzione praticamente nulla, di piccole dimensioni, a impatto ambientale ridotto e dotati di intelligenza a bordo che permetta loro di acquisire un segnale, elaborarlo ed inviarlo ad un centro operativo o allertare, tramite sms, i responsabili della sicurezza e del monitoraggio di aree soggette a rischi di tipo ambientale.



WSN per Monitoraggio Ambientale

- Da un punto di vista funzionale, una rete di sensori wireless per applicazioni di monitoraggio ambientale definisce un prototipo di Smart Grid: gli obiettivi di tali reti possono essere estremamente differenziati e tal volta anche contraddittori: ad esempio, nell'ambito della medesima rete la velocità di risposta e l'efficienza energetica sono requisiti intrinsecamente contraddittori.
- Inoltre, questa tipologia di sistema di comunicazione può essere vista come una componente fondamentale della definizione dell'IoT oltreché un esempio di M2M (Machine-to-Machine).



WSN per Monitoraggio Ambientale

- La maggior parte delle applicazioni si fonda sulla raccolta di informazioni provenienti da molti dispositivi convogliandole verso un punto centrale. Pertanto, una rete mesh parziale può risultare una scelta appropriata per tali applicazioni e la topologia cluster tree si rivela una scelta naturale che risponde positivamente per la gran parte di tali sistemi.
- Molti dell'applicazioni di interesse richiede oltre ad una gestione efficiente della potenza l'uso di batterie, spingendo verso l'adozione di nodi a bassa potenza per l'intera rete: ciò implica una gestione che preveda la presenza di una modalità di stand-by per tutti i dispositivi, compresi i router.
- Inoltre, i moduli radio a 868 MHz sono caratterizzati da un rate limitato: quale che sia il protocollo di routing adottato, esso richiederà una parte della banda globale e inciderà significativamente sulla banda effettiva di ciascun utente. Il Routing basato sull'indirizzamento gerarchico preserverà al massimo le risorse di banda, pur assicurando un'alta affidabilità; in tale soluzione la destinazione del messaggio può essere determinata direttamente dagli indirizzi dei dispositivi trasmettenti e riceventi.



WSN per Monitoraggio Ambientale

- Implementazione di un sistema di monitoraggio ambientale tramite WSN dedicata.

Tale filosofia di monitoraggio ambientale
è adeguata per aree a rischio;
è fault-tolerant;
è a basso impatto ambientale.



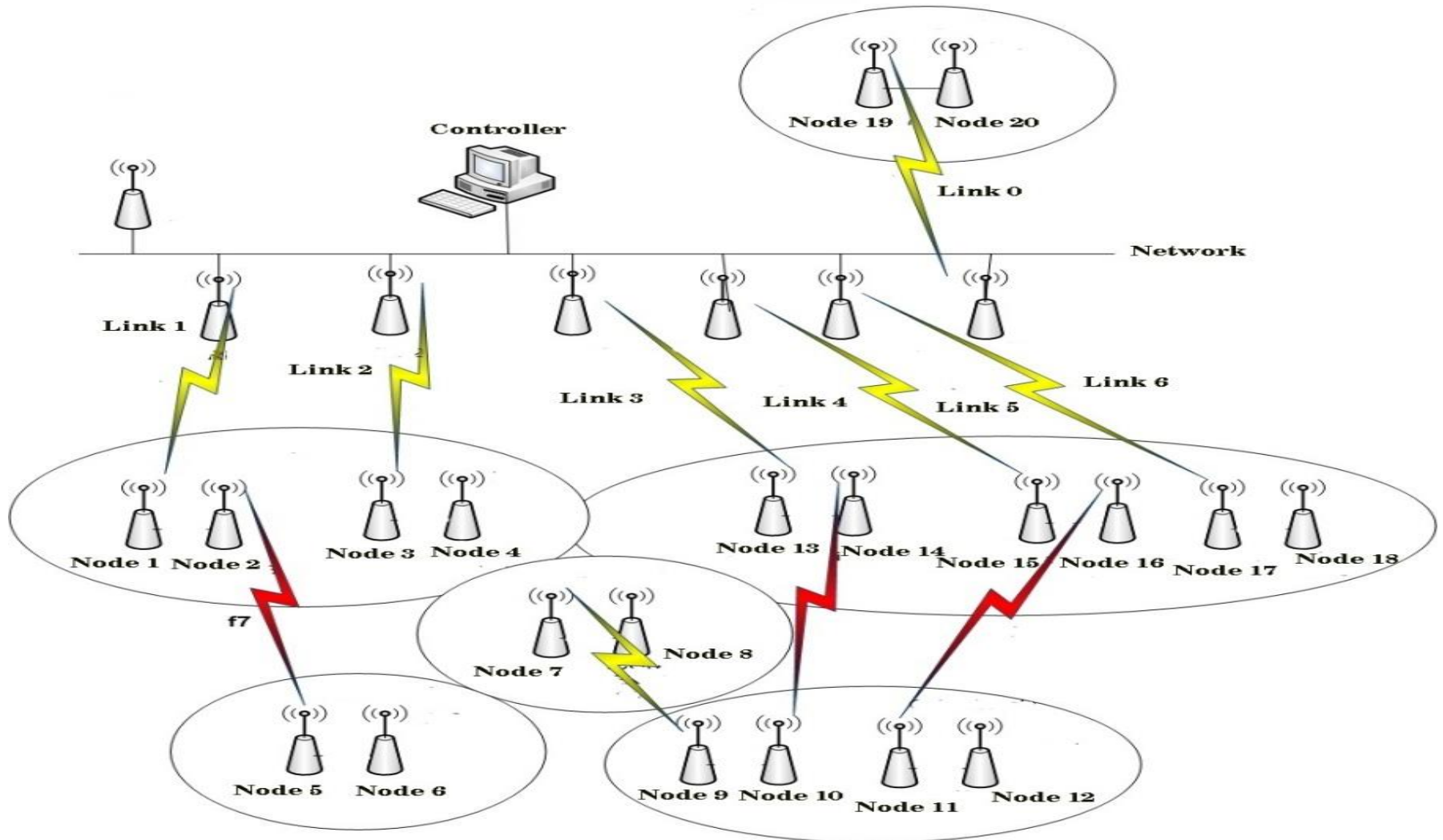


WSN per Monitoraggio Ambientale

- Caratteristiche fondamentali:
- I parametri ambientali devono essere acquisiti da sensori disposti nell'ambiente naturale;
- I dati acquisiti devono essere trasmessi ad un gateway che li inoltrerà ad un centro di raccolta dati;
- Si può prevedere un centro di elaborazione ed eventualmente la generazione di allarmi.



WSN per Monitoraggio Ambientale





WSN per Monitoraggio Ambientale

- Nella logica dell'adozione di reti di sensori wireless (Wireless Sensor Networks, WSNs), è necessario affrontare le problematiche progettuali relative a prestazioni, consumi e metodologie di dispiegamento ottimale.
- Deve essere eseguito un approfondito esame dei sistemi WSN diffusi sul mercato sia con implementazioni standard che proprietarie.
- Tenendo presente i requisiti di estensione della regione di sviluppo e limitazione dei consumi per problematiche di impatto elettromagnetico e di consumo energetico dei nodi, occorre affrontare i seguenti problemi:
 - individuazione del sistema di comunicazione più appropriato;
 - analisi di consumi e prestazioni tramite simulazione;
 - definizione dei criteri di posizionamento dei sensori;
 - ottimizzazione dei parametri della rete di sensori.



Sommario

- Introduzione
- Green Radio & Network
 - L'efficienza energetica nelle comunicazioni
 - Modelli di consumo per comunicazioni wireless
 - Tecniche energy-saving e risparmio energetico
- Tecniche ICT per la eco-sostenibilità
 - Internet of Things & smart environment
 - Reti di sensori Wireless (WSN)
 - Monitoraggio ambientale tramite WSN
- Conclusioni



Conclusioni (I)

- Efficienza energetica: Nuovo paradigma
- Introduzione di nuove metriche
- Studio di accurati modelli di consumo
- Innovative concezioni di architettura di rete
- Strategie di deployment
- Tecniche di gestione risorse radio



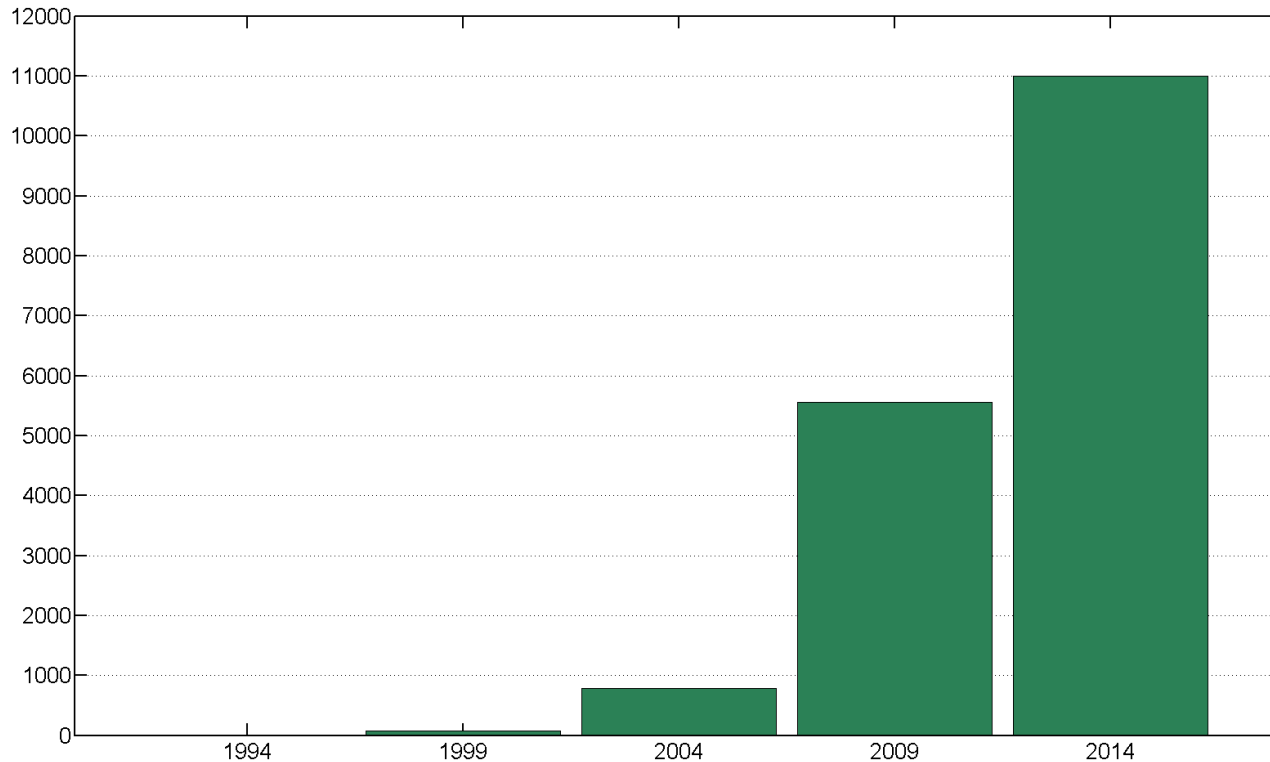
Conclusioni (II)

- A prescindere dal successo del paradigma IoT, gli ambienti intorno a noi saranno sempre più smart.
- In tale contesto la diffusione delle WSN potrà conoscere una diffusione accentuata.
- I sistemi di monitoraggio ambientale potranno beneficiare dell'uso di WSN.
- In tali applicazioni la questione dell'ottimizzazione energetica è di capitale importanza.



Tecniche di efficienza energetica nelle reti cellulari

Risultati prodotti dalla comunità scientifica negli ultimi venti anni*



* Valore globale degli articoli indicizzati su IEEEExplore® a partire dal 1994 con tag *energy efficiency wireless communications*.



Social Network (LinkedIn)



Green

120 12



Green IT & Sustainability Research



Green Radio



COST IC1004 Cooperative Radio Communications for Green Smart Environments



Efficienza Energetica e utilizzo razionale dell'energia SUBGROUP
a subgroup of FER - Fonti Energetiche Rinnovabili

4

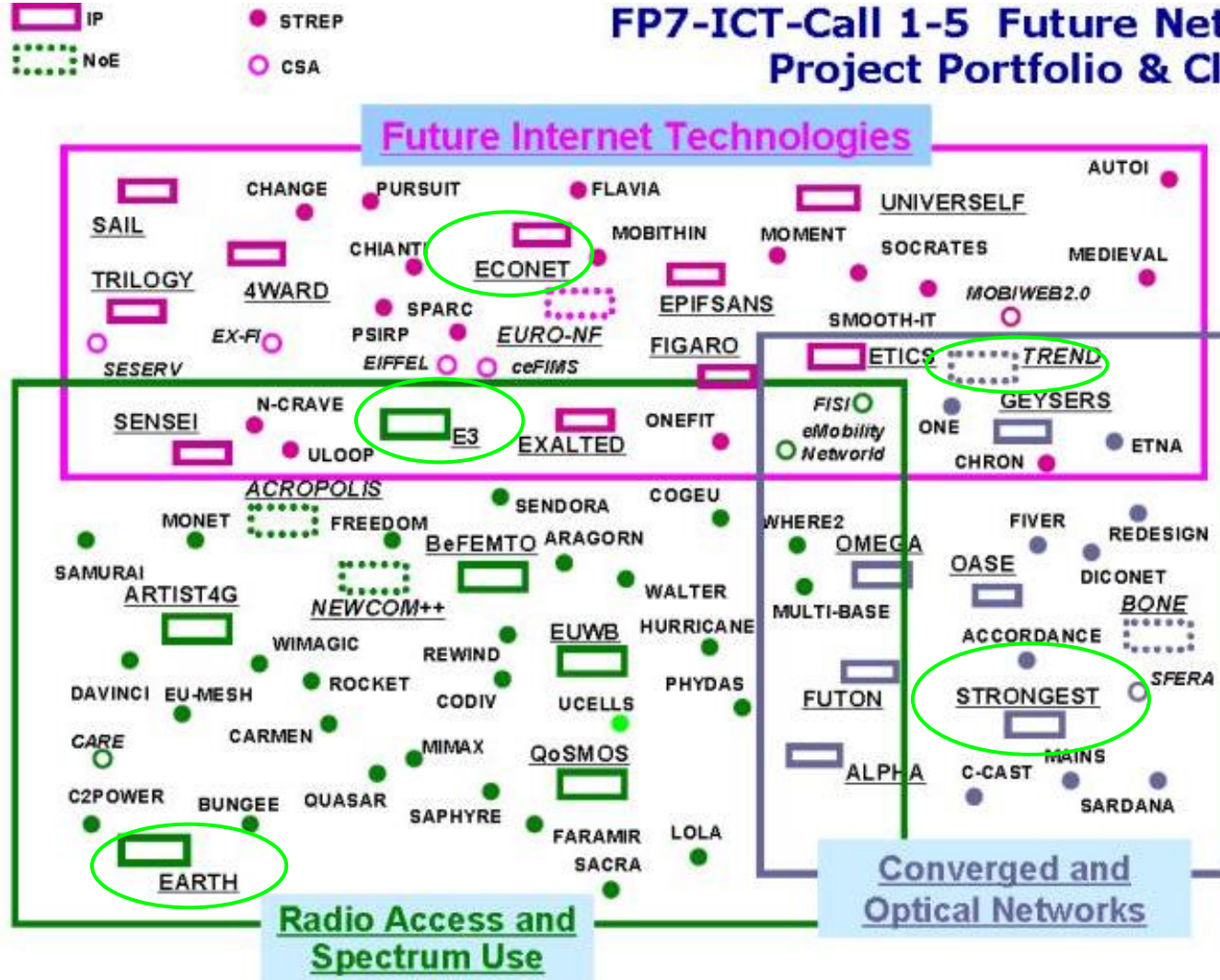


Green Communications and Computing (GCC)



Iniziativa Europea

FP7-ICT-Call 1-5 Future Networks Project Portfolio & Clusters





Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
LESC - Laboratorio di Elaborazione dei Segnali e Comunicazioni

Grazie per l'attenzione



Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
LESC - Laboratorio di Elaborazione dei Segnali e Comunicazioni

Green ICT: Sistemi wireless di comunicazione ad elevata efficienza energetica e sostenibilità ambientale

Dr. Simone Morosi, Ph.D.

Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Via di Santa Marta 3, 50139 Firenze, Italia
e-mail: simone.morosi@unifi.it