

# Green ICT

“less energy for ever more computers”

**Docente:** Dott.ssa. Ernestina Cianca  
a.a. 2014-2015

# Green ICT



*Consuma troppo?*

*Soluzione: "spegniamo"? Non usiamo più il telefono?*

Non è una soluzione percorribile per due motivi:

- l'impatto positivo del suo uso è molto maggiore del consumo,
- l'ICT costituisce un elemento fondamentale di crescita dei paesi.

1/3 della crescita dei paesi dell'OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) tra il 1970 e il 1990 è venuta dall'uso delle linee telefoniche fisse che hanno ridotto i costi delle transazioni e aiutato le società ad penetrare nuovi mercati.

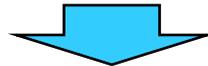
# Green ICT

Report del 2007, Gartner, ICT è responsabile del 2% delle emissioni globali (830MtCO<sub>2</sub>e)

Questa figura è prevista crescere fino al 6% nel 2020

Questa crescita è dovuta a:

- Numero di terminali mobili nel 2013 ha superato 1.82 milioni di unità e superato il numero di PCs.
- Per fruire dei nuovi servizi multimediali messi a disposizione dai nuovi telefoni, le data rate coinvolte sono molto maggiori



E il volume di dati che attraversa la rete è previsto crescere di 5 volte ogni 10 anni

**Questo pone un problema di sostenibilità all'industria delle comunicazioni radio**

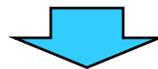
# Green ICT

## Natura del consumo:

- ❑ l'energia consumata per produrre i dispositivi e mettere su la rete
- ❑ energia consumata per far funzionare la rete

La prima componente del consumo è importante, ma il suo miglioramento non è tanto legato al rendere più efficiente l'ICT ma ai processi industriali.

I consumi della rete comprendono quelli della rete cablata e quelli della rete wireless. Tuttavia, il consumo per bit trasmesso della rete cablata è irrisorio rispetto al consumo per bit trasmesso su una rete wireless, oltre al fatto che la crescita del traffico è principalmente legata all'uso sempre maggiore e con maggiori requisiti di velocità, dei dispositivi radiomobili (smart phones)



**Ci concentreremo sul consumo prodotto dalle reti wireless.**

# Green ICT

## Sommario

- Consumo energetico di una rete wireless di accesso
  - Richiamo reti cellulari
  
- Compromesso efficienza spettrale-efficienza in potenza
  - Limiti teorici
  - Richiami sulla codifica di canale
  
- Compromesso “deployment efficiency”-efficienza in potenza
  - Evoluzione dell’architettura di rete
  - Dalla macrocella alle femtocelle
  - Tecniche cooperative
  
- Compromesso banda – potenza
  - Cognitive radio
  
- Compromesso ritardo - potenza

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

nei primi anni 90, quando il cellulare si stava diffondendo, il consumo di energia era di 32Wh al giorno



ora è stato ridotto a 0,83Wh al giorno includendo anche tutta l'energia consumata dal carica batterie (dati dell'operatore NTT DoCoMo)



Confrontato al consumo della rete di 120Wh il rapporto è di 1:150



**il consumo energetico del terminale è trascurabile in confronto**

(eventuali migliorie sono strettamente legate all'efficienza energetica delle batterie)

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

Una BS 3G (UMTS) assorbe circa 500W con una potenza d'uscita di 40W. Questo corrisponde ad un **consumo energetico annuo di una BS di circa 4.5 MWh**

**Una rete radiomobile 3G con 12000 BS consumerà oltre 50GWh annue**



Questo non significa solo maggiori emissioni di CO2, ma anche maggiori costi operativi per l'operatore dovuto al consumo energetico



Gli operatori mobili sono già oggi tra i maggiori consumatori di energia

Telecom Italia (fisso e mobile) è il secondo maggiore consumatore di energia in Italia (dopo le ferrovie)

La questione dell'energia dovrebbe essere considerata principalmente a livello di rete

NTT DOCOMO ha calcolato che, per i suoi 52 milioni di utenti nel 2006, il consumo energetico della rete per ogni utente è stato 120 volte più grande del consumo giornaliero dell'utente mobile stesso.

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO



Mentre è previsto una forte crescita del traffico dati e un aumento del numero di BS per area al fine di soddisfare l'aumentata richiesta di capacità, i guadagni non cresceranno così velocemente e saranno legati alla creazione di nuovi servizi



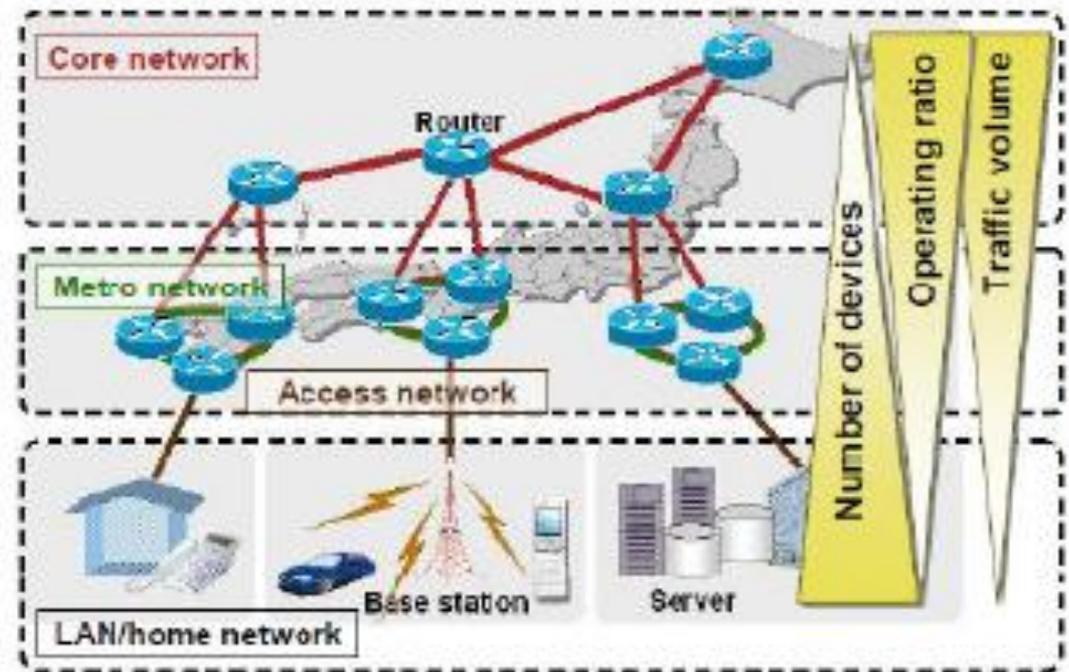
**Insomma, ridurre i consumi non è solo ecologico, ma vitale per gli operatori**

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

Una rete di telecomunicazioni come quella della telefonia mobile o fissa è organizzata a livello fisico da tre domini principali :

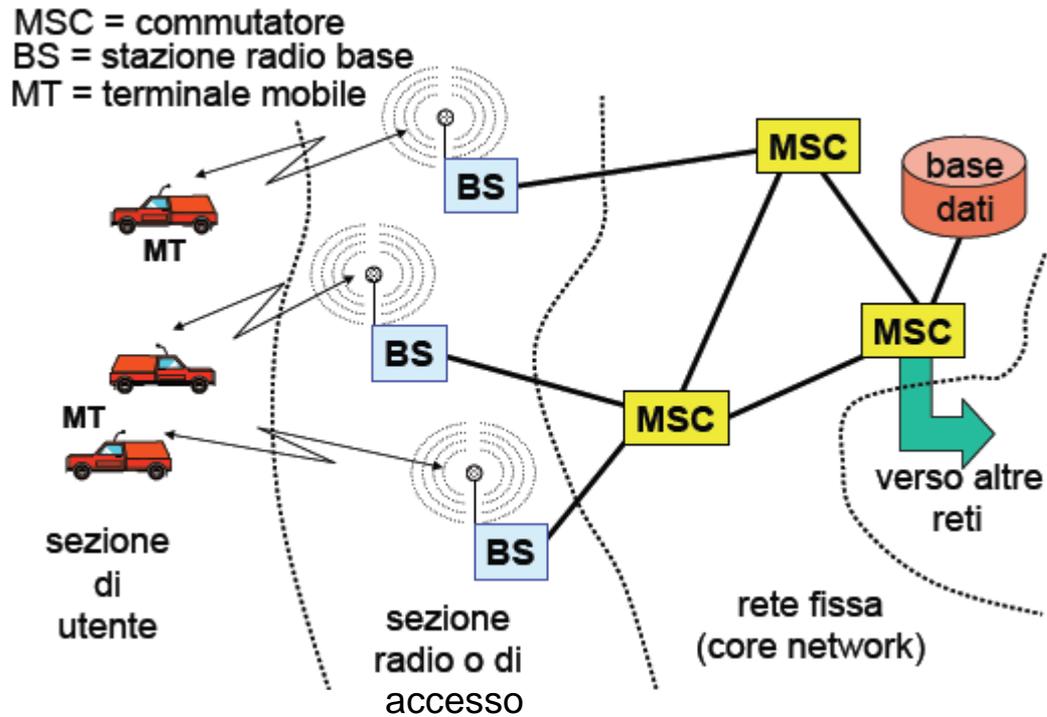
- La rete di Trasporto (*core network*) per le comunicazioni a lunga distanza costituita, in particolare, dalle grandi dorsali di comunicazione.
- La rete di Giunzione (*metro network*) che collega i nodi a commutazione di circuito di una ristretta area geografica, quali quelli di una città.
- La rete d'accesso (*access network*) verso l'utente finale che può essere come nel caso della telefonia fissa costituita fisicamente dal doppino telefonico, oppure, come nel caso della telefonia mobile, da una rete senza fili.



# Green ICT

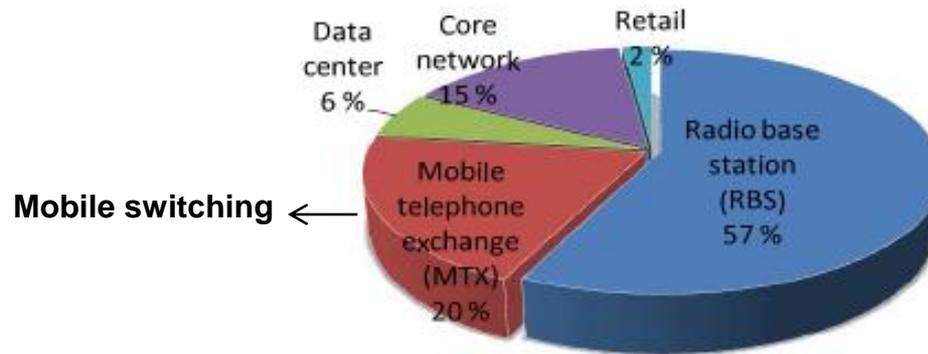
## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

### Architettura di rete wireless



# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO



*Consumo energetico di Vodafone*



- ❑ Il consumo è dominato dal consumo delle Base Station (oltre il 50%)
- ❑ Il 35% circa è composto dai consumi dei nodi che collegano la rete d'accesso alla rete fissa (*mobile switching*) e dal *core network*, ossia la rete di trasporto.
- ❑ Il consumo dovuto ai DATA CENTRES è limitato ma è destinato a crescere per via del crescente bisogno di immagazzinare e processare grandi quantità di dati (youtube, iTunes ect.). Metodi per renderli più energeticamente efficienti (cloud computing, virtualizzazione)

Retail è la vendita al dettaglio, che prevede i costi dei call-centers per esempio, dei negozi , pianificazione marketing, finanza.

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

### Rete di trasporto

La rete di trasporto (*core network*) assieme al centro dati (*data center*) consumano una porzione significativa, circa il 30%, dell'energia consumata dall'intero sistema. Inoltre il traffico, soprattutto quello Internet, è destinato ad aumentare e saranno necessarie nel futuro capacità e velocità di trasmissione delle linee elevate il che richiederà speciali memorie ad alta velocità, capacità e consumi per il routing e il buffering.

-ECO switching è un metodo nuovo di commutazione per il risparmio energetico che raggiunge lo scopo eliminando il buffering dei pacchetti e le tabelle di routing al router

-ECO Routing consiste nell'aggregare flussi di pacchetti quando il traffico è basso e portare in uno stato di sleep il maggior numero possibile di router che grazie all'aggregazione non vengono più attraversati dal traffico, così da poter avere un risparmio energetico

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

### Rete di accesso

#### Consumo energetico di una BS



Il rendimento complessivo della Stazione Base, in termini di potenza assorbita dall'alimentazione in relazione con la sua potenza di uscita in radio frequenza (RF), è governato dal consumo di ogni suo singolo componente:

#### -Radio Trasmittitore:

Le apparecchiature per generare il segnale da trasmettere e quelle per decodificare i segnali dal terminale mobile.

#### -Amplificatori di Potenza:

Questi dispositivi amplificano il segnale in uscita dal Radio Trasmittitore fino a potenze adatte alla trasmissione, in generale dell'ordine di 5-10W.

#### -Antenne di trasmissione:

Le antenne si occupano dell'irradiazione del segnale, tipicamente sono altamente direzionali verso l'utente evitando irradiazioni verso il terreno o il cielo.

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

### Rete di accesso

#### Consumo energetico di una BS



Il rendimento complessivo della Stazione Base, in termini di potenza assorbita dall'alimentazione in relazione con la sua potenza di uscita in radio frequenza (RF), è governato dal consumo di ogni suo singolo componente:

#### -Sistema di alimentazione

Composto essenzialmente da un convertitore AC/DC

#### -Sistema di raffreddamento

#### -Batteria ausiliaria

Utilizzata nei casi in cui venga a mancare l'alimentazione dalla rete.

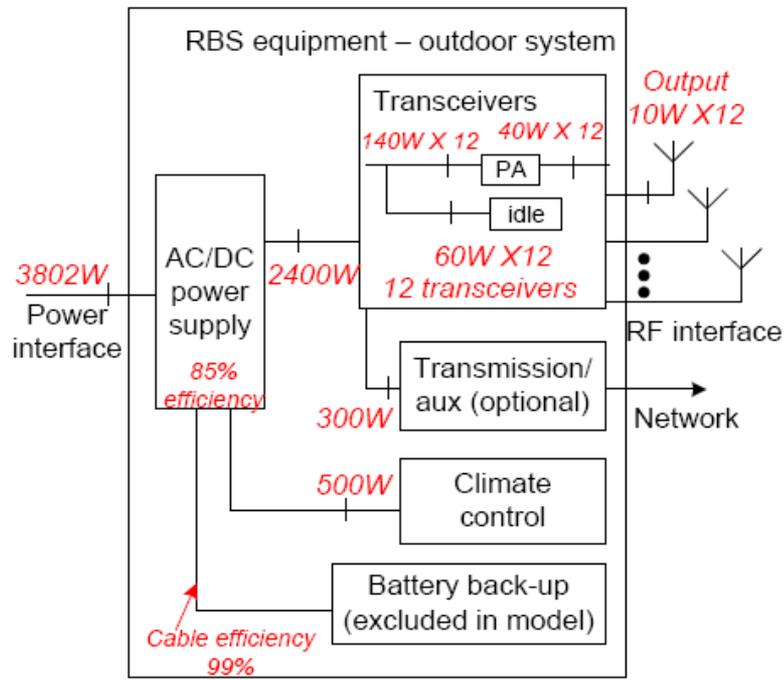
# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

### Rete di accesso

#### Consumo energetico di una BS: modello di riferimento

(Energy Efficiency of Wireless Access Network Equipment,” ETSI TS102706, 2009, Available at <http://www.etsi.org>, last checked: May 2010.)



*In rosso i valori del GSM*

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

### Rete di accesso

#### Modello di riferimento per il consumo energetico di una BS



Per un GSM con 12 rice-trasmettitori,

- ❑ La potenza di alimentazione AC è 3802W.
- ❑ Per ogni transceiver, la potenza in ingresso è 200W, di cui 60W sono consumati in uno stato idle, e 140W per la trasmissione.
- ❑ L'uscita dell'amplificatore di potenza è 40W
- ❑ e la trasmissione avviene a soli 10W.



- ❑ PAs consumano il **70%** dell'intera potenza in ingresso al PA
- ❑ L'efficienza del PA è 28% (potenza uscita /potenza ingresso)
- ❑ La complessiva efficienza della BS è solo il 3.1% ( $10*12/3802$ ), il resto della potenza consumata e che non diventa potenza trasmessa, viene dissipata sotto forma di calore
- ❑ Per una BS di Terza Generazione (UMTS): L'efficienza del PA è maggiore e pari al 45% e l'efficienza complessiva è comunque minore del 12%.

**L'efficienza del PA è ancora il problema principale in termini di efficienza energetica**

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

Un target di efficienza pari 60% per il PA è l'obiettivo dei prossimi sistemi

Tuttavia, tecniche alternative possono essere pensate e consistono nello spegnere il PA quando non c'è traffico o più in generale di scalare la potenza al traffico effettivo.

Si tenga presente che:

- Tipicamente il 10% dei siti cellulari porta il 50% di tutto il traffico
- 50% dei siti ha un carico molto minore e porta solo il 5% del traffico totale

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

Questo si può fare in vari modi:

- 1) Spegnere i PA quando non c'è traffico nel downlink
- 2) Decrescere il numero di antenne che servono una cella. La riduzione delle antenne diminuisce la potenza irradiata e costituisce celle ridotte. E' necessario riconfigurare le antenne in modo da non creare buchi di copertura.
- 3) Spegnere le BS: Se un'area è coperta da più BSs e il traffico in quell'area è poco in un certo periodo di tempo, è possibile spegnere una o più BSs che insistono su quell'area. Questo però si deve fare senza creare "buchi" di copertura, quindi, solo se ci sono altre BSs a coprire l'area e inoltre le BS non spente devono riconfigurarsi in modo da compensare il buco di copertura creato dalla BS spenta. Inoltre, le informazioni delle BSs vicine devono essere aggiornate per non creare problemi di handover.

# Green ICT

## CONSUMO ENERGETICO DI UNA RETE WIRELESS DI ACCESSO

### Rete di accesso

Modello di riferimento per il consumo energetico di una BS



### Altri accorgimenti:

- Collocare il PA vicino all'antenna in modo da minimizzare la perdita di potenza dei cavi. Quest'accorgimento riduce inoltre la necessità di raffreddamento che si verificherebbe se l'Amplificatore di Potenza fosse collocato all'interno.
- La scelta del sistema di raffreddamento ha un'importanza decisiva sulla richiesta di potenza della Stazione Base. Il raffreddamento libero, che sfrutta la sola differenza di temperatura con l'ambiente esterno, durante la maggior parte dell'anno consente di risparmiare notevole energia rispetto ai convenzionali impianti di raffreddamento attivi. A seconda della temperatura e del luogo il risparmio energetico può raggiungere l'80% rispetto al raffreddamento tramite aria condizionata. In alcuni casi però non è possibile utilizzare solo raffreddamento libero, soprattutto nei periodi di temperature estreme, quindi si preferisce utilizzare una combinazione dei due nella maggior parte dei casi.

# Green ICT

## Riassumendo

- L'ICT ha un peso, che è destinato a crescere, sull'emissione dei gas serra
  - L'aumento delle emissioni di gas serra è principalmente legato alla sempre crescente richiesta di capacità (velocità di trasmissione richieste) dai nuovi servizi multimediali che i nuovi terminali mobili forniscono o forniranno → è principalmente legata al crescente consumo energetico della rete wireless di tutta la rete di telecomunicazioni.
  - Per la rete wireless, gran parte dei consumi sono lato rete e non lato utente (lato utente, la necessità di maggiore efficienza in potenza è legata a ridurre le dimensioni della batteria, aumentandone la durata)
  - Oltre il 50% dei consumi energetici di un operatore telefonico sono legati alla parte di accesso e in particolare alla BS
- Per ridurre i consumi della BS possiamo:

- 1) Migliorare l'efficienza dell'HW (amplificatore di potenza, cavi)
- 2) Utilizzare raffreddatori passivi
- 3) Utilizzare energie rinnovabili
- 4) Utilizzare tecniche (protocolli) e pianificazione di rete (architettura di rete) che permettano di scalare la potenza assorbita dalla BS con il traffico effettivo (mentre lato utente ci sono tecniche già previste nello standard, lato BS è ancora in fase di studio)

**Nota: Self-organizing networks, cell zooming sono concetti nuovi in fase di standardizzazione che possono aiutare a ridurre i consumi della BS**

# Green ICT

## Riassumendo

Mentre lato utente ci sono tecniche già previste nello standard, lato BS è ancora in fase di studio

Comunque, la tendenza è quella di prevedere lo spegnimento quanto più possibile