

SMART GRID: Internet dell'Energia

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG

- ❑ Flusso di energia e informazione bidirezionale
- ❑ Nuova figura: il prosumer
- ❑ Demand Side Management (ossia, equilibrio domanda-offerta: la gestione dei picchi di domanda e di prelievo)
- ❑ Generazione distribuita
 - Virtual Power Plant
 - Microgrid
- ❑ Concetti di Grid-to-Vehicle e Vehicle-to-Grid

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG

Flusso bidirezionale

Le Smart Grid prevedono un flusso BIDIREZIONALE anche dell'elettricità (non solo dell'informazione)

Questo significa che l'energia elettrica può anche essere "immessa" nella griglia dagli utenti stessi!

Esempio #1: utenti che hanno pannelli solari a casa, possono immettere energia elettrica nella rete

Esempio #2: veicoli elettrici potrebbero immettere energia nella rete quando non gli serve (sono parcheggiati) e aiutare la rete a gestire i picchi di richiesta

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG

Prosumer

Dal consumer o producer al prosumer

Saranno sempre più frequenti richieste di connessione di generazione domestica, e la possibilità di poter vendere alla rete il **surplus di generazione**, di poter usufruire di **tariffe real-time** e di poter scegliere i propri fornitori di energia.

L'auto-produzione di energia è ormai una realtà che si sta estendendo a macchia d'olio sia a privati cittadini che a utenze commerciali che industriali (ognuno cerca di prodursi l'energia che gli serve, per la BS delle rete telecom alimentata con energia solare ect.)

Si passa dal concetto di

Consumer ovvero, colui che sfrutta una fornitura di energia elettrica per le proprie esigenze personali e

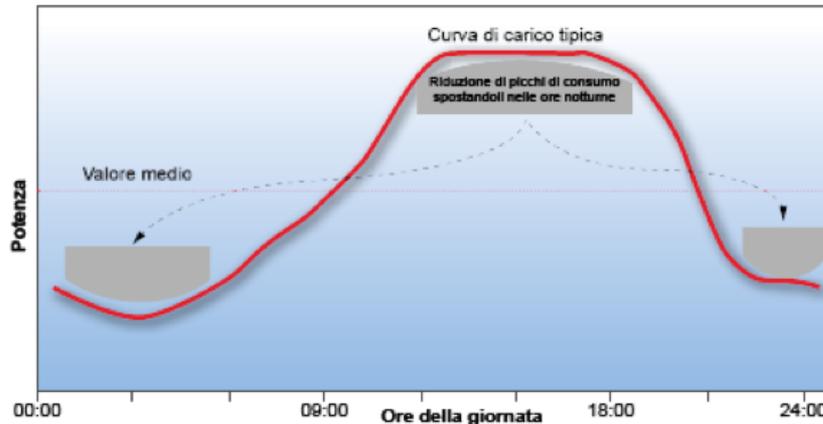
dal concetto di producer, ovvero colui che produce energia per venderla lucrando sopra

al concetto di ben maggior interesse di prosumer, ovvero un produttore/consumatore che produce e consuma la propria energia, usando accorgimenti atti a incrementare l'efficienza energetica della propria utenza, e a razionalizzare i propri consumi per poter vendere più energia possibile agli altri in maniera da rendere remunerativi tutti gli investimenti effettuati.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Demand Side Management (DSM)

Le tecniche di DSM sono tecniche atte a controllare la domanda. L'obiettivo principale è quello di "appiattire" la curva dei consumi nel tempo.



- Poiché l'energia elettrica non si può immagazzinare in modo economicamente conveniente (quindi, non c'è possibilità di immagazzinare energia prodotta quando il carico è leggero per usarla quando il carico è più importante) è necessario mantenere l'equilibrio di generazione e carico (da ora in poi indicato come equilibrio domanda-offerta).
- Il sistema di bilanciamento domanda-offerta dell'energia (esempio, le operazioni di dispacciamento) attuale è basato su un controllo centralizzato e con reazioni molto lente e spesso affidate all'operatore umano.
- Per avere un'elevata affidabilità e robustezza, le reti elettriche è in genere progettata per soddisfare i **picchi di "domanda" e non la sua media**. Questo, per esempio, significa dover prevedere delle centrali elettriche che siano sempre accese ma che entrano in funzione solo durante i periodi di picco (esempio della riserva rotante nel caso di centrali idro-elettriche)

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Demand Side Management (DSM)

Le tecniche di DSM sono tecniche atte a controllare la domanda. L'obiettivo principale è quello di "appiattire" la curva dei consumi nel tempo.

Gestire i consumi di picco e ridurli, appiattendo la curva per avere teoricamente un profilo costante nel tempo, genererebbe vantaggi economici e di gestione altissimi

OGGI

Questa gestione dei picchi di domanda viene fatta agendo sulla tariffazione (se faccio la lavatrice dopo le 10 di sera, pago poco, se lo faccio nelle ore diurne pago molto di più)

Anche se il prezzo dell'energia varia molto tra i periodi di bassa domanda ai periodi di picchi di domanda, gli utenti finali non le vedono perché gli viene applicata una tariffa media e fissa.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Demand Side Management (DSM)

Gestire i consumi di picco e ridurli, appiattendo la curva per avere teoricamente un profilo costante nel tempo, genererebbe vantaggi economici e di gestione altissimi

FUTURO

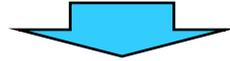
Ogni utente potrà essere un prosumer che compra ma anche vende energia, in un mercato aperto ai grandi distributori come ai piccoli utenti.

E' presumibile che ogni utente di questo mercato sarà rappresentato da una userID e passwd e agirà in modo autonomo e proattivo verso la massimizzazione di obiettivi di profitto.

Se gli utenti saranno equipaggiati con un sistema di comunicazione bi-direzionale (per esempio, l'utente comunica i propri consumi in tempo reale e l'operatore comunica invece all'utente il prezzo "istantaneo" dell'energia elettrica), è possibile adottare dei meccanismi di tariffazione in "tempo reale", dove il prezzo all'utente finale segue la legge della domanda-offerta propria di un mercato libero.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Demand Side Management (DSM)



Se il prezzo dell'energia, sia per chi la consuma che per chi la vende, varia nel tempo, può diventare la principale variabile in grado di bilanciare la domanda e l'offerta

Idealmente, se il prezzo dell'energia cresce, in tempo reale, perchè la domanda di energia supera l'offerta, l'utente per risparmiare tenderà a consumare di meno e quindi a "staccare" qualche elettrodomestico (es. fa la lavatrice più tardi). Questo contribuirà a ridurre la domanda, così ristabilendo l'equilibrio tra domanda e offerta.

Se invece il prezzo scende, perché la domanda è minore dell'offerta (si genera più energia elettrica di quanta se ne consuma), allora l'utente si sentirà invogliato a consumare di più, di aumentando la domanda e quindi, di nuovo, ristabilendo l'equilibrio domanda-offerta (ossia, generazione-carico).

Le tecniche di DSM (controllo della domanda) che cercano di controllare la domanda agendo sul prezzo e rendendolo più possibile variabile in base allo sbilanciamento tra domanda e offerta si chiamano:

tecniche di **SMART PRICING**

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Demand Side Management (DSM)

Altra tecnica di DSM basata sull'utilizzo di un sistema bi-direzionale di comunicazione è:

Direct Load Control (DLC)

- Si basa sulla possibilità dell'operatore stesso della distribuzione di rimandare l'uso o bloccare l'uso di alcuni elettrodomestici, sulla base di un contratto con l'utente, in cui si specifica anche l'ordine di priorità con cui gli elettrodomestici possono essere staccati o il cui uso può essere posticipato.
- Questo richiede la possibilità da parte dell'operatore di conoscere i consumi istantanei di tutti gli elettrodomestici della casa e della possibilità di poter mandare dei comandi di "spegnimento" da remoto (gli attuatori saranno degli interruttori).

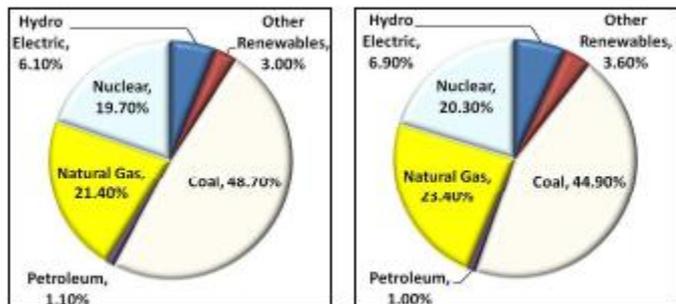
SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG

Generazione distribuita

Un elemento nuovo delle attuali e future griglie rispetto alla rete tradizionale è il concetto di Distributed Generation (DG) che utilizza Distributed Energy Resources (DER) come pannelli solari, piccole turbine a vento ect.)

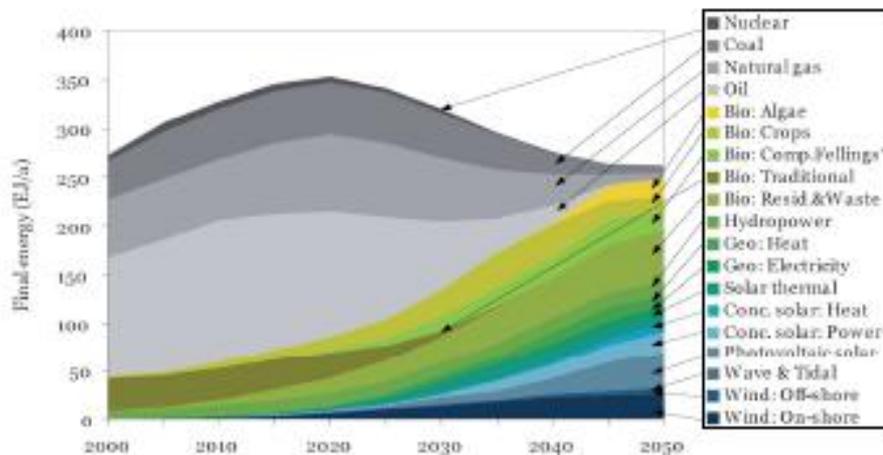
DER sono spesso generatori di potenza di piccola scala (tipicamente generano da 3kW a 10000 kW)



(a) 2008

(b) 2009

Suddivisione tra le varie fonti di energia (in US)



Previsione a livello mondiale sulle fonti di energia

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG

Generazione distribuita

Sebbene la penetrazione dei DGs nella rete elettrica attuale è limitato, si prevede la seguente evoluzione verso un sistema molto più de-centralizzato di DGs che cooperano con la rete elettrica centrale

Gran parte della corrente elettrica verrà generata da un sistema distribuito e poca da quello centralizzato.

L'evoluzione verso il concetto di DG è legato a:

- 1) Introduzione massiva di fonti rinnovabili
- 2) Necessità di ridurre le inefficienze della rete riducendo la distanza tra generazione e carico
- 3) Possibilità di garantire la stessa affidabilità con margini di capacità molto più bassi (e quindi minori costi di esercizio)

Uno studio dell'International Energy Agency ha dimostrato che una rete elettrica basata su un elevato numero di piccoli DGs **può funzionare con la stessa affidabilità e con margini di capacità molto più bassi di un sistema con pochi grandi generatori molto affidabili.**

"International Energy Agency. Distributed generation in liberalised electricity markets 2002".

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Generazione distribuita

Tuttavia, DGs pongono dei problemi:

- 1) I generatori distribuiti sono basati su fonti rinnovabili (DER), e l'energia prodotta con queste fonti di energia è fortemente variabile. Non è semplice modellizzare la sorgente di energia per meglio capire il comportamento delle sorgenti nel breve e lungo termine. La natura fluttuante e intermittente di queste sorgenti rende molto complicato fare previsioni e organizzare uno scheduling.
- 2) È un tipo di energia non "dispacciabile" (non posso controllare quanta energia viene prodotta, oltre al fatto che il prosumer, tenderà sempre a produrre più energia possibile)
- 3) Il costo operativo di questi DGs per generare un'unità di elettricità è ancora alto in confronto a quello delle grandi centrali elettriche.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG

Generazione distribuita

La rete è oggi dimensionata secondo il caso peggiore e la DG viene collegata secondo

➤ l'approccio fit&forget: una volta connessi i generatori producono quando e come vogliono

Il fatto che, almeno per una data percentuale di ore del giorno il flusso di potenza s'inverta, crea problemi legati alla protezione e all'automazione di rete con un degrado delle prestazioni per gli utenti sottesi all'intera Cabina Primaria o alla linea MT.

➤ DG sono in generale (non dispacciabili ossia, non posso aumentare o ridurre la produzione)

➤ Produttori vogliono sempre produrre la massima potenza

➤ Quando il flusso di potenza s'inverte, le reti AT lo vedono come generatore (anche grande) non dispacciabile

Si sono già verificato problemi di sovratensione:

➤ La DG innalza la tensione a valori eccessivi nel punto di connessione

➤ Il fenomeno accade quando la DG supera il carico (inversione di flusso)

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG

Generazione distribuita

I sistemi di generazione attaccati alla MT oggi prevedono dei meccanismi automatici di protezione che li staccano dalla rete quando i valori di tensione e corrente cambiano sensibilmente.

➤ Il Sistema di Protezione d'Interfaccia (SPI) è un relè di protezione che usa solo informazioni locali (cioè, su misure della variazione di tensione e corrente fatte in loco). NON c'è un controllo centrale

Il risultato è che le DG possono venire distaccate dalla rete comportando una perdita della produzione di energia da DG

Oggi a rischio perturbazione sono circa 8000MW

La norma MT (Norma CEI0-16; Del. ARG/elt 119/08) ha introdotto per **la prima volta** lo scambio di segnali tra il Distribution System Operator (DSO, tipo ENEL) e DG.

➤ Questo scambio di segnali permette per esempio all'SPI di abilitare/disabilitare una o più soglie protettive. Per cui, solo se vengono superate queste soglie il DG viene staccato dalla rete (evitando intempestivi stacchi dalla rete)

➤ Oppure, rendono possibile staccare il DG da remoto (dando all'operatore delle rete di distribuzione, un minimo di controllo sulla generazione di energia elettrica da DER).

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Generazione distribuita

TITOLO II IMPIANTI SOLARI FOTOVOLTAICI

Art. 11

(Requisiti dei soggetti e degli impianti)

3. Gli inverter utilizzati in impianti fotovoltaici che entrano in esercizio successivamente al 31 dicembre 2012 devono tener conto delle esigenze della rete elettrica, prestando i seguenti servizi e protezioni:

- a) mantenere insensibilità a rapidi abbassamenti di tensione;
- b) consentire la disconnessione dalla rete a seguito di un comando da remoto;
- c) aumentare la selettività delle protezioni, al fine di evitare fenomeni di disconnessione intempestiva dell'impianto fotovoltaico;
- d) consentire l'erogazione o l'assorbimento di energia reattiva;
- e) limitare la potenza immessa in rete (per ridurre le variazioni di tensione della rete);
- f) evitare la possibilità che gli inverter possano alimentare i carichi elettrici della rete in assenza di tensione sulla cabina della rete.

4. Ai fini dell'attuazione di quanto previsto al comma 3, il CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano, sentita l'Autorità per l'energia elettrica e il gas, definisce apposite norme tecniche.

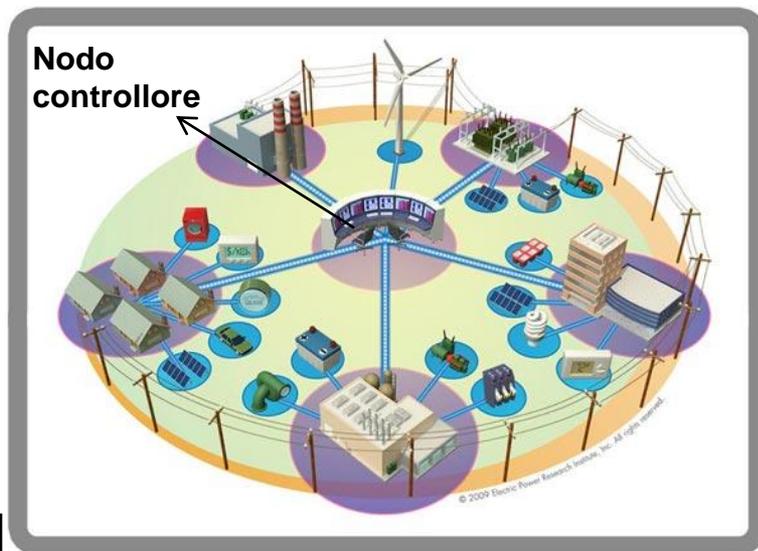
SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Generazione distribuita

Concetto avanzato:

"Virtual Power Plant": un impianto di generazione virtuale costituito da tanti piccoli impianti di generazione distribuiti sul territorio, collegati tra di loro e gestiti con una rete "intelligente", quale la smart grid, con capacità complessiva pari a quella delle tradizionali centrali elettriche. Adotta la struttura del modello Internet.

Per esempio, se un utenza commerciale ha bisogno dalle 15.00 alle 17.00 di 35kWh di energia elettrica, il sistema di utility virtuale dovrà essere in grado di verificare la disponibilità di energia in maniera preventiva, fare un confronto tra le fonti diverse in produzione al momento, compresa la disponibilità di accumulo (quindi, poter anche prevedere le condizioni metereologiche), dando corsia preferenziale alle fonti rinnovabili, affrontare un trade-off tra il minimo costo orario di produzione del singolo kWh, sia per il consumer che per l'utility stessa e poi effettuare il routing dell'energia on-demand su previsione del carico.



sistema molto complesso da realizzare, che dovrà essere dotato di tecnologie ICT, automazione e controllo, elettronica di potenza e accumulo efficiente

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Generazione distribuita

Microgrid

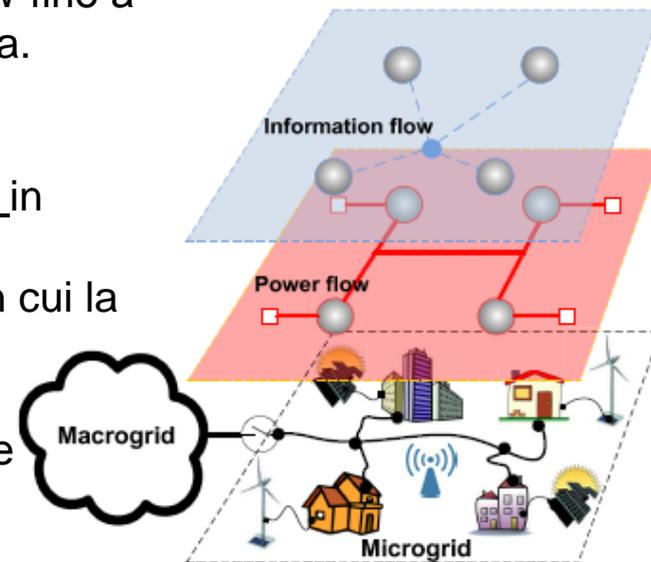
Il concetto di microgrid è visto come un elemento essenziale della futura SG.

La Microgrid è una **rete BT** costituita da un insieme localizzato di generatori di corrente elettrica, immagazzinatori di corrente elettrica, e carichi (parliamo di capacità di generazione dell'ordine di kW fino a 2MW) il cui scopo è la fornitura elettrica di un gruppo di utenza.

Adotta la modalità di funzionamento "ad isola":
la microgrid normalmente è collegata alla rete di distribuzione in media tensione e quindi con la dorsale in un singolo punto, ma può essere disconnessa da essa in situazioni particolari in cui la sua connessione creerebbe uno sbilanciamento nelle rete.

Di fatto, l'evoluzione delle SG avverrà attraverso l'integrazione tipo plug-and-play di microgriglie.

Queste microgrid inoltre svolgeranno un ruolo essenziale nella copertura delle aree remote



SMART GRID

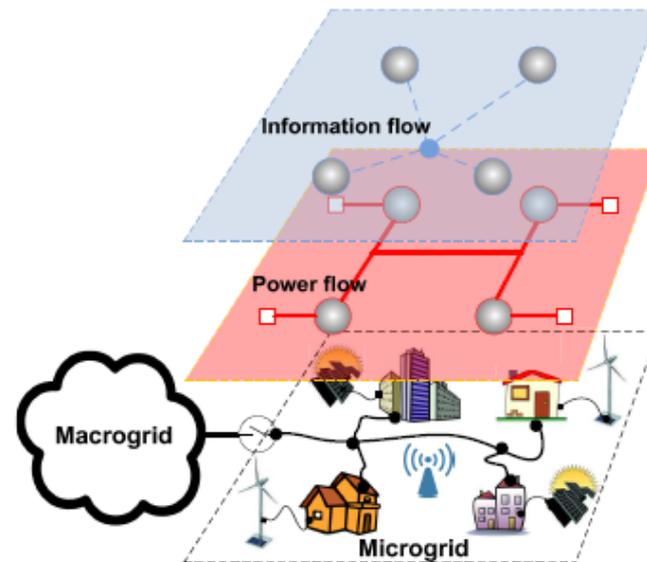
Concetti nuovi alla base delle SG Generazione distribuita

Microgrid

Quando si disconnette è in grado di provvedere autonomamente al suo equilibrio generazione/carico usando solamente le risorse locali disponibili come generatori diesel, pannelli fotovoltaici e generazione idroelettrica

Nonostante l'isolamento,

la microgrid può continuare a ricevere informazioni sulla macrogrid, per esempio per capire quando la situazione di emergenza finisce e quindi quando riconnettersi alla macrogrid.



Potendosi disconnettere dalla rete centrale senza determinare disservizi agli utenti all'interno della griglia
il concetto di microgrid offre maggiore affidabilità alla rete elettrica

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Generazione distribuita

Microgrid

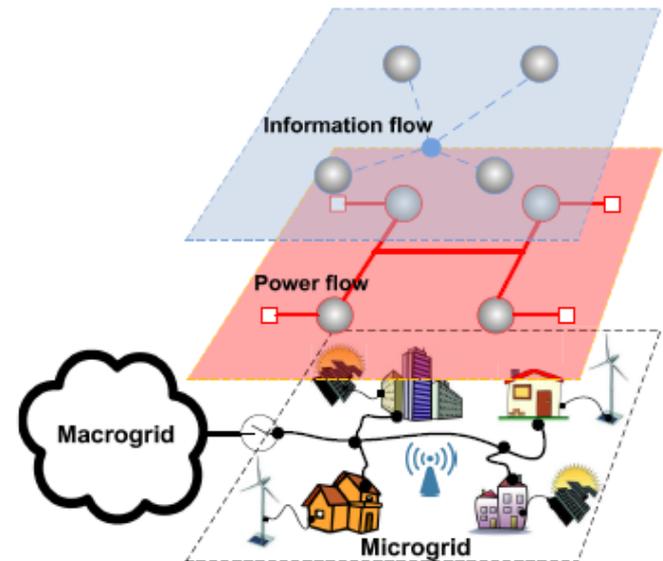
Per questioni economiche, le microgrid lavorano sempre vicine al limite della propria capacità generativa tendendo sempre al sovraccarico (devono gestire spesso condizioni di sovraccarico).

Nelle reti di grandi dimensioni, quando questo succede, vengono disconnesse intere zone di carico della rete senza una precisa classificazione di priorità in base alla tipologia di carico

Nella microgrid, dove si dovrebbe gestire spesso questa condizione di sovraccarico, agire in questo modo sarebbe complicato (chi stacco dei pochi utenti che sto servendo?) e comporterebbe dei notevoli disservizi. Diventa fondamentale



La gestione automatizzata della domanda (ossia, il DSM-Demand Side Management) per esempio, con la modalità Direct Load Control, sono in grado di disconnettere i nodi della rete in modo selettivo secondo una modalità stabilita a priori (contratto) con l'utilizzatore interessato



SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG Generazione distribuita

Demand Side Management (DSM) applicato alla Microgrid

La rete (Smart) potrebbe richiedere a dispositivi elettrici meno prioritari di spegnersi!

Per esempio, spegnere solo il condizionatore, o ritardare il ciclo di accensione degli elettrodomestici.

Supponiamo che le operazioni delle microgrid siano controllate da un MGCC (MicroGrid Central Controller) che è responsabile dell'equilibrio generazione-carico. Attualmente per poter effettuare questo equilibrio, l'MGCC deve conoscere le condizioni di carico e questo in genere viene fatto a livello di cabina MT/BT, dove quindi il carico è un insieme di utenze e per ogni utenza un insieme di dispositivi.



La realizzazione del concetto di DSM richiede l'aggiunta di un elevato numero di switch (che permettano da remoto di "scattare" dalla rete dei dispositivi) e di sensori per misurare il carico non solo a livello di cabina ma di utente.

E' poi necessario comunicare le misure dei sensori e dispositivi di controllo al MGCC e poi le comunicazioni tra MGCC verso l'utente per inizializzare una strategia pre-programmata di gestione dei carichi che decide quali disconnettere e quali no.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG G2V e V2G

G2V: Grid-to-Vehicle

V2G: Vehicle-to-Grid

Sono concetti legati alla massiccia introduzione di **veicoli elettrici**, ossia veicoli che usano uno o più motori elettrici per la propulsione.

Veicoli totalmente elettrici o ibridi saranno sempre più comuni

Nell'anno 2014 si sono vendute 12.000 auto elettriche al mese negli USA

Che conseguenza ha la loro introduzione sulla rete elettrica?

Di fatto, quando devono essere ricaricati, sono dei carichi che assorbono molta energia e per lungo tempo → sembrerebbe che esasperano i problemi delle rete elettrica di far fronte ai picchi di energia. Per permettere la penetrazione di questi veicoli, si dovranno costruire altre centrali, rinforzare la rete i distribuzione ect....

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG G2V e V2G

G2V

Con il termine G2V ci si riferisce alla necessità di gestire le operazioni di ricarica dei veicoli elettrici, che portano un significativo carico sulla rete.

Per esempio, in

K. Schneider, C. Gerkenmeyer, M. Kintner-Meyer, and R. Fletcher. Impact assessment of plug-in hybrid vehicles on pacific northwest distribution systems. Power & Energy Society General Meeting, pages 1–6, 2008.

si sottolinea che la attuale rete elettrica nel Nord Ovest (costa pacifica) degli US, è capace di supportare il 50% di penetrazione di EVs a 120V.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG G2V e V2G

G2V

Tuttavia, sono dei carichi CONTROLLABILI perché per esempio si può pensare di coordinare le operazioni di ricarica con opportuni algoritmi di scheduling previsti nella rete futura. Così, per esempio, caricandoli durante le ore di picco basso della domanda, possono contribuire ad appiattare la curva del carico nel tempo.

Inoltre, le batterie, possono essere viste come immagazzinatori di energia distribuiti. A secondo della classe o del tipo, la capacità di immagazzinamento degli esistenti EV varia da 1.8kW a 17kW.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG G2V e V2G

V2G

Questo concetto è legato al fatto che i veicoli stessi possono immettere elettricità nella rete quando sono “parcheggiati”

Il report

W. Kempton, J. Tomić, S. Letendre, A. Brooks, and T. Lipman. Vehicle-to-grid power: Battery, hybrid, and fuel cell vehicles as resources for distributed electric power in California. Prepared for California Air Resources Board and the California Environmental Protection Agency, 2001.

mostra che una macchina in media viene guidata per solo un'ora al giorno. Sono parcheggiate gran parte del tempo senza far nulla.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG G2V e V2G

V2G

Come si potrebbe realizzare questa visione?

- 1) Ho un veicolo a carburante o a idrogeno, o un veicolo ibrido elettrico/carburante, che usa il carburante o l'idrogeno immagazzinato per produrre energia che viene usata per alimentare un qualche carico nelle ore di punta. Di fatto sono dei generatori distribuiti a carburante.
- 2) Ho un veicolo totalmente a batterie elettriche o ibrido che usa l'eccesso di capacità della batteria per alimentare un carico nelle ore di punta. I veicoli potrebbero poi essere ricaricati a costi bassi durante i periodi di non picco nei consumi. Di fatto sono delle batterie distribuite.
- 3) Un veicolo che va a energia solare, che usa l'eccesso di energia prodotta rispetto alla capacità della batteria, per immettere potenza nella rete elettrica quando la batteria è carica. I veicoli diventano dei piccoli generatori di energia rinnovabile

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG FACTS (Flexible AC Transmission System Devices)

Inoltre, questi veicoli elettrici ibridi fanno parte dei cosidetti FACTS, ossia dispositivi installati nella rete elettrica che sono in grado di generare/assorbire POTENZA REATTIVA.

La potenza reattiva non dà luogo a un consumo energetico giacchè rappresenta l'energia che viene alternativamente assorbita e restituita dal campo magnetico (circuiti induttivi) o dal campo elettrico (circuiti capacitivi).

E' una componente che tende ad essere ridotta visto che in tal modo diminuisce anche la corrente e quindi si attenuano le perdite per effetto Joule.

I dispositivi reattivi presenti sulla rete (veicoli elettrici, ma anche pannelli solari o condensatori sincroni) possono essere usati per incrementare i voltaggi rendendo il sistema meno vulnerabile all'instabilità di tensione e permettendo il ripristino di quest'ultimo dopo una destabilizzazione avvenuta a causa d'interferenze per esempio (fulmine).

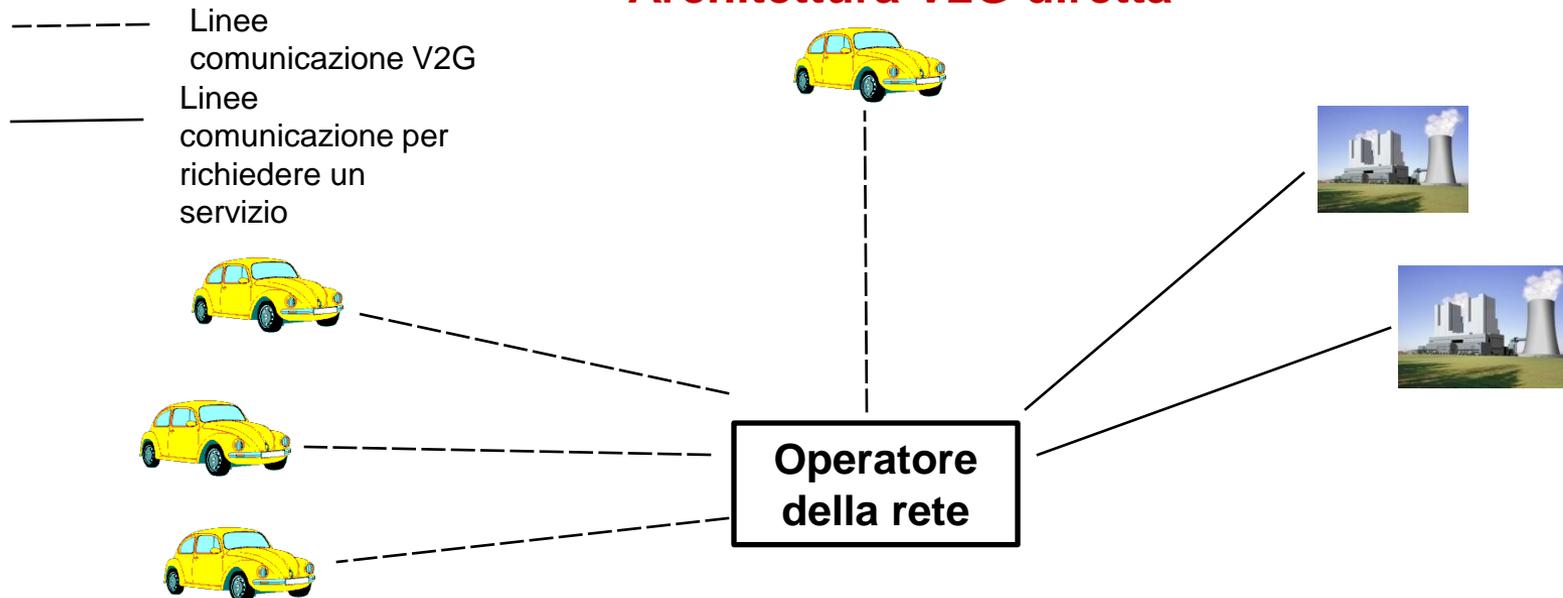


Per utilizzare questi FACTS opportunamente distribuiti nella rete a livello di end-user, è necessaria un'infrastruttura sicura di telecomunicazioni tra gli end-user e i centri di controllo che devono svolgere questa funzione.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG G2V e V2G

Architettura V2G diretta

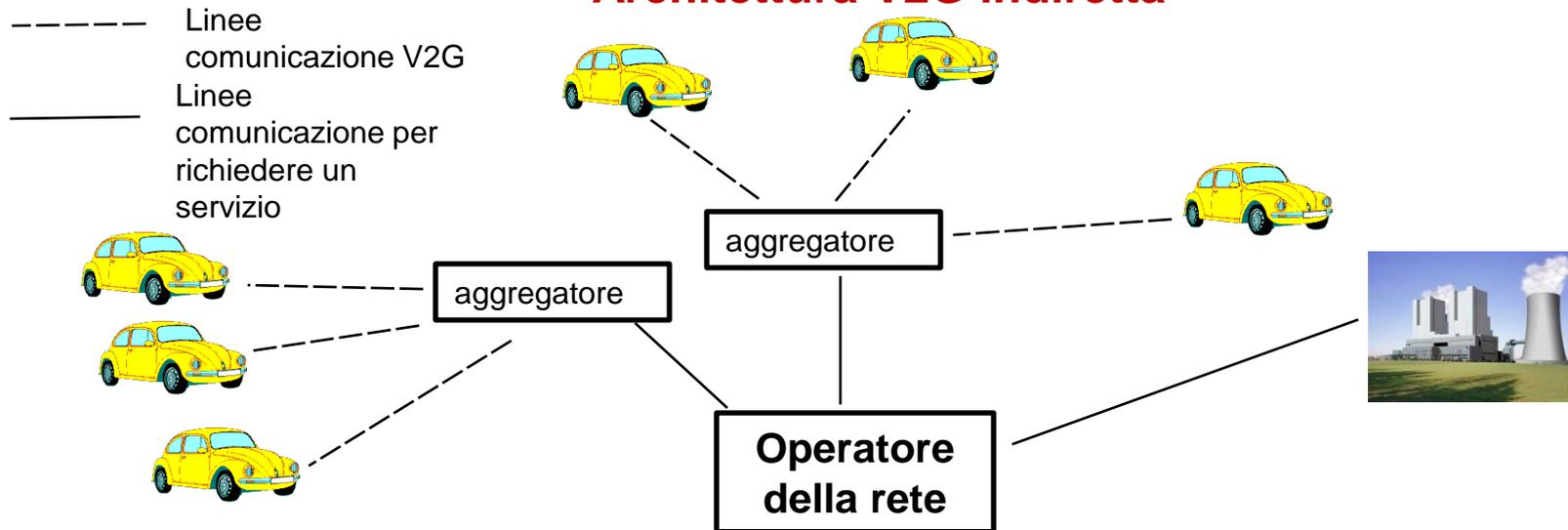


Ogni veicoli è trattato come una risorsa deterministica comandata dall'operatore di rete. Ogni veicolo si propone per realizzare un servizio mentre si trova nell'area di parcheggio e quindi, fa un contratto "temporaneo" con l'operatore che valuta lo stato di carica e la disponibilità di potenza, per decidere quanto pagare al veicolo per il servizio che rende. Quando l'auto esce dall'area parcheggiata, prende i soldi per il servizio e il contratto termina finché non verrà di nuovo parcheggiata, magari altrove. Quest'architettura è molto complessa da gestire per l'operatore poiché deve continuamente mettere su contratti e concluderli, spesso con molti veicoli contemporaneamente.

SMART GRID

Concetti nuovi alla base delle SG G2V e V2G

Architettura V2G indiretta



L'operatore interagisce con degli aggregatori che ricevono dall'operatore delle richieste di servizio (es. attaccare tot W di carico alla rete). L'aggregatore manda dei comandi di ricarica o di scarica delle batterie, ai veicoli che sono in quel momento nell'area di parcheggio da esso controllata e che sono disponibili a fornire quel servizio. Il vantaggio è che è l'aggregatore stesso a fare un contratto con l'operatore di rete, sulla base di una stima di quanti veicoli in media al giorno vengono parcheggiati nell'area controllata da quell'aggregatore (per esempio, l'aggregatore promette che al giorno riesce a caricare/scaricare tot W di energia e sulla base si questa stima si fa un contratto). Poi, è l'aggregatore che gestisce i rapporti con i veicoli, decide i prezzi con cui pagare il servizio da essi fornito ect.

SMART GRID

Sottosistemi delle SG

Il concetto di SG è costituito da due sottosistemi essenziali:

Il **sottosistema d'informazione**, che include tutte le componenti utilizzate per raccogliere l'informazione, sia lato rete che lato utente.

Il **sottosistema di comunicazione**, che permette lo scambio delle informazioni raccolte e l'invio di comandi.

SMART GRID

Sottosistema d'informazione

Gli elementi del sistema d'informazione sono:

- Contatori
- Sistemi di misura e Sensori

Primi contatori erano elettromeccanici, **e si limitavano a misurare i consumi e dovevano essere letti dal personale tecnico**

Prima passo: introduzione dell'AMR (Automated Metering Reader) nella rete di distribuzione.

L'AMR fa in modo che il distributore di energia possa leggere da remoto il consumo dell'utente, rivelare lo stato ed eventuali allarmi, per la fatturazione mensile e l'individuazione di problemi. Si tratta di un dispositivo quindi in grado di comunicare in una sola direzione: dall'utente alla società di servizi che si occupa della fatturazione (utility).

Tuttavia, l'AMR non permette un uso più intelligente dell'energia lato utente. Per ottenere questo l'utente dovrebbe essere in grado di visualizzare, a richiesta, il consumo di energia, e poter distinguere il consumo di energia da dispositivo a dispositivo (consuma di più la lavatrice o la lavastoviglie?).



SMART GRID

Sottosistema d'informazione

Le “utilities” stanno ora muovendo verso l'AMI (Automated Metering Infrastructure), che utilizza l'AMR, ma in più ha:

- ❑ una infrastruttura che è in grado di fornire una comunicazione bi-direzionale
- ❑ una rete di sensori in grado di monitorare i consumi degli elettrodomestici e comunicarli al contatore (Home Area Network).

Quindi, l'utente, che è messo in grado di monitorare il proprio consumo, e poter stimare la bolletta (informazione dalla utility all'utente), è incoraggiato a fare un uso più intelligente dell'energia.

La comunicazione bi-direzionale è condizione necessaria ma non sufficiente per rendere veramente realizzabile la gestione dei consumi da parte dell'utente. Per poter far questo devo essere in grado di monitorare il consumo non solo complessivo della casa, ma di ogni singolo elettrodomestico (per capire a chi è dovuto il picco di consumo per esempio) e inoltre la possibilità di spegnerli/accenderli da remoto.

Immaginate un cruscotto Web accessibile da un personal computer o smart phones che indichi l'utilizzo con dei grafici, tariffe e costi per apparecchio, che permette di pianificare una lavastoviglie nel bel mezzo della notte o di controllare dinamicamente il controllo della temperatura dell'ambiente,

SMART GRID

Sottosistema d'informazione

I nuovi contatori dispongono di un display a cristalli liquidi e di un pulsante di lettura che consente un'immediata e facile consultazione del proprio consumo energetico registrato in una memoria interna.

Telegestione e Telelettura

Il contatore elettronico, essendo collegato ad una rete di apparati elettronici non necessita più dell'intervento di un tecnico per la lettura per le operazioni di apertura e chiusura del contatore o variazioni di potenza.

Il sistema di gestione a distanza permetterà alla società di servizi che si occupa della fatturazione mensile di svolgere a distanza le modifiche contrattuali quali attivazioni, cessazioni e variazioni di potenza (comunicazione utility-cliente), mentre attraverso la telelettura sarà possibile leggere a distanza i consumi misurati dal contatore (comunicazione cliente-utility).



SMART GRID

Sottosistema d'informazione

Bolletta reale

Grazie alla telelettura il calcolo della fattura è effettuato in base ai consumi effettivi e puntualmente registrati senza che il Cliente riceva più bollette di acconto e di conguaglio.

Controllo dei consumi

Sarà possibile per il Cliente verificare in tempo reale il proprio consumo di energia elettrica e conoscere la potenza assorbita dagli elettrodomestici, dalle lampadine e dagli apparati elettrici utilizzati (aggiornato ogni 15 minuti).

Tariffe convenienti

la flessibilità del contatore elettronico garantisce la possibilità di studiare assieme al Cliente tariffe personalizzate in base alle specifiche modalità di consumo.

Notifica di malfunzionamento

La utility può capire se c'è qualche malfunzionamento

Possibilità di disconnettere

Possibilità di staccare i dispositivi da remoto



SMART GRID

Sottosistema d'informazione

Vantaggi:

Da un alto, il distributore di energia riesce meglio a capire come è distribuito il consumo nel tempo e quindi, fare dei piani tariffari più adatti a questo. L'obiettivo è sempre quello di ridurre i picchi di domanda, sia positivi che negativi (concetto di Demand-Side-Management)

Dal lato cliente, la migliore consapevolezza dei propri consumi (quando consumo di più, quale elettrodomestico consuma di più ect.) permette una migliore gestione dei consumi stessi.



SMART GRID

Sottosistema d'informazione

La mancanza di normative in merito, il costo e l'assenza di standards per lo Smart Meter (contatore), hanno lasciato lo sviluppo di questi dispositivi alle aziende distributrici o produttrici, e quindi poco interoperabili.

Un certo numero di contatori sono collegati via wireless o onde convogliate (powerline) ad un concentratore che aggrega i dati e li manda al MDMS (Meter Data Management System) che comunicano attraverso la rete IP.

Per la trasmissione contatore-concentratore si stanno affermando due tecnologie:

- Powerline communications
- Comunicazioni radio short-range

Un aspetto importante di questi Smart Meter è quello relativo alla sicurezza. Vi sono molte minacce alla sicurezza nell'uso elettrico dei dati e per l'accesso fisico non autorizzato al contatore stesso, e le minacce spesso e volentieri sono da attribuirsi alla connettività wireless.

SMART GRID

Sottosistema d'informazione

Sensori

Reti di sensori giocheranno un ruolo fondamentale nella futura SG

Esempi:

Lato generazione: i sensori possono essere utili per generare l'energia solare più efficientemente. Dei pannelli solari semplici, non possono catturare sempre l'energia solare nel modo più efficiente, poiché dipende molto dall'angolo d'incidenza. Pannelli automatizzati che vengono guidati da sensori che assicurino che l'energia venga catturata in modo efficiente. Potrebbe anche spegnerli automaticamente.

Lato trasmissione: sensori sparsi lungo tutta la rete di trasmissione possono rivelare delle interruzioni, fluttuazioni della potenza o fuori servizio
In questo modo la manutenzione può provvedere subito alla riparazione in caso di guasti, piuttosto che aspettare verifiche periodiche

Lato distribuzione: reti di sensori che permettono di monitorare i consumi dei singoli elettrodomestici nella casa.

SMART GRID

Sistema SCADA

Esiste ad oggi un modello di monitoraggio della rete:

il modello **SCADA** (Supervisory Control And Data Acquisition), usato per la gestione di grossi impianti industriali, oggi utilizzato nella rete elettrica sia a livello di centrale elettrica, cabina di trasformazione e centri di controllo.

E' costituito dai seguenti elementi:

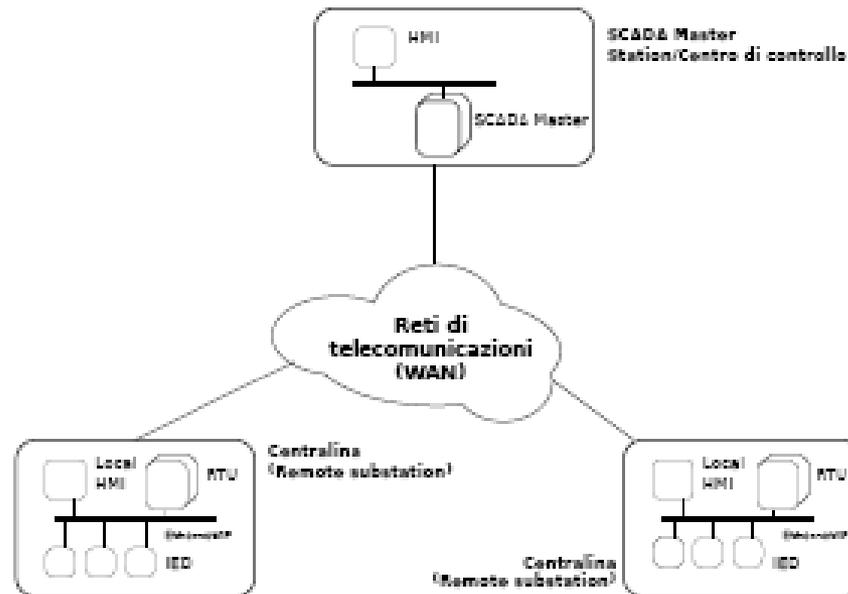
- Insieme di unità remote (Remote Terminal Unit, RTU), Apparecchiature Programmable Logic Controller e Intelligent Electronic Devices (IED): apparati che convertono i segnali ricevuti dai misuratori in una forma adatta alla trasmissione sul mezzo in questione (RTU) oppure permettono di attuare qualche forma di controllo automatizzata (IED).
- Interfaccia uomo-macchina (Human Machine Interface, HMI), che si occupa di presentare i dati raccolti da vari tipi di unità remote, in forma facilmente e velocemente interpretabile dall'operatore
- Master Server SCADA: grosso centro di calcolo, responsabile dell'elaborazione e conversione dei dati ricevuti e spediti agli RTU. Esso invia poi i dati elaborati all'HMI.
- Rete di telecomunicazioni che permette a SCADA lo scambio dei dati e include: Link radio, fibra ottica, cavi telefonici e protocolli quali Ethernet e IP su SONET/SDH.

SMART GRID

Sistema SCADA

Durante la sua evoluzione è stato implementato in tre differenti architetture:

- 1) monolithic, completamente centralizzata
- 2) Distributed con sistemi distribuiti ma ancora isolati
- 3) Networked, con sistemi distribuiti interconnessi (ho un server Master ancora, ma gli RTU e altri server Master in LAN diverse sono interconnessi al Master principale tramite una WAN)



SCADA, architettura networked per reti elettriche

SMART GRID

Sistema SCADA

SCADA può inoltre essere affiancato da altri apparati quali unità di misura della fase (Phasor Measurement Unit, PMU) e applicazioni come AMR/AMI (contatori intelligenti) che estendono il controllo e l'acquisizione dati ma si inseriscono semplicemente nel modello SCADA formando un insieme “puzzle” eterogeno e non sempre interfazionante.



Necessità di un'infrastruttura di monitoraggio diversa, che da un lato permette di avere informazioni sincronizzate (PMU), dati in modo più tempestivo e anche sicuro (requisiti sulla rete di telecomunicazione), possibilità di poter fare più azioni automatizzate

SMART GRID

Sistema SCADA

Difetti SCADA:

- Anche l'ultima architettura, in realtà è molto centralizzata.
- È poco automatizzato lasciando molto del lavoro di gestione all'individuo presso l'HMI. Gli RTU sono in grado di compiere solo poche elementari operazioni (per esempio, switch che si aprono quando i livelli di tensione e frequenza superano certe soglie);
- Trasferisce i dati in modo asincrono rendendo impossibile il controllo in tempo reale



Non tiene in nessun modo in considerazione la latenza dei segnali (i dati ricevuti in centrale sono in ritardo di 2-5 secondi) e non prevede dunque un modo per limitarla (la latenza limita la possibilità di agire in modo tempestivo ed efficiente)

Pertanto, qualora una cabina si trovi in difficoltà, deve essere in grado di attivare **autonomamente** le protezioni, **senza sapere cosa sta succedendo alla rete**. Questa "ignoranza" è una possibile causa di guasti a catena; infatti, la cabina si occupa soltanto di proteggere se stessa e le utenze, ma non è in grado di trovare una soluzione "intelligente" al problema.

SMART GRID

Sottosistema d'informazione Wide Area Monitoring System (WAMS)

E' l'infrastruttura che permetterà di realizzare il monitoraggio della rete (dalla generazione alla distribuzione) su ampie aree geografiche al fine di ottenere un'immagine precisa e dettagliata dello stato complessivo della rete.

Elementi essenziali della WAMS sono:

- Una tecnologia avanzata di misura per il monitoraggio della rete, i **PMU (Phasor Measurement Unit)**
- Phasor Data Concentrator (PDC) regionali
- Un PDC centralizzato
- Una opportuna infrastruttura di comunicazione

SMART GRID

Sottosistema d'informazione Wide Area Monitoring System (WAMS)

PMU

Saranno un elemento essenziale nella futura rete.

Misurano i fasori di tensione e corrente (ossia, ampiezza e angolo del vettore che li rappresenta) in vari punti della rete (dalle linee, alle cabine ect.)

Queste misure, perché possano essere utili, devono essere sincronizzate. Quindi, i PMU sono dotati di un ricevitore GPS che permette di “taggare” l'informazione con un preciso istante temporale, misurato rispetto ad un orologio di riferimento globale (fornito appunto dal GPS).

Le varie misure vengono raccolte da PDC regionali, che li riallineano temporalmente per avere, istante per istante, un'immagine precisa dello stato della rete e sulla base di questa, mandare messaggi atti ad aprire o chiudere i rele' di protezione o altre contromisure di protezione. In alcuni casi, i dati possono poi essere mandati ad un PDC centrale, che fa la stessa cosa, ma che ha una visione più ad alto livello della rete.

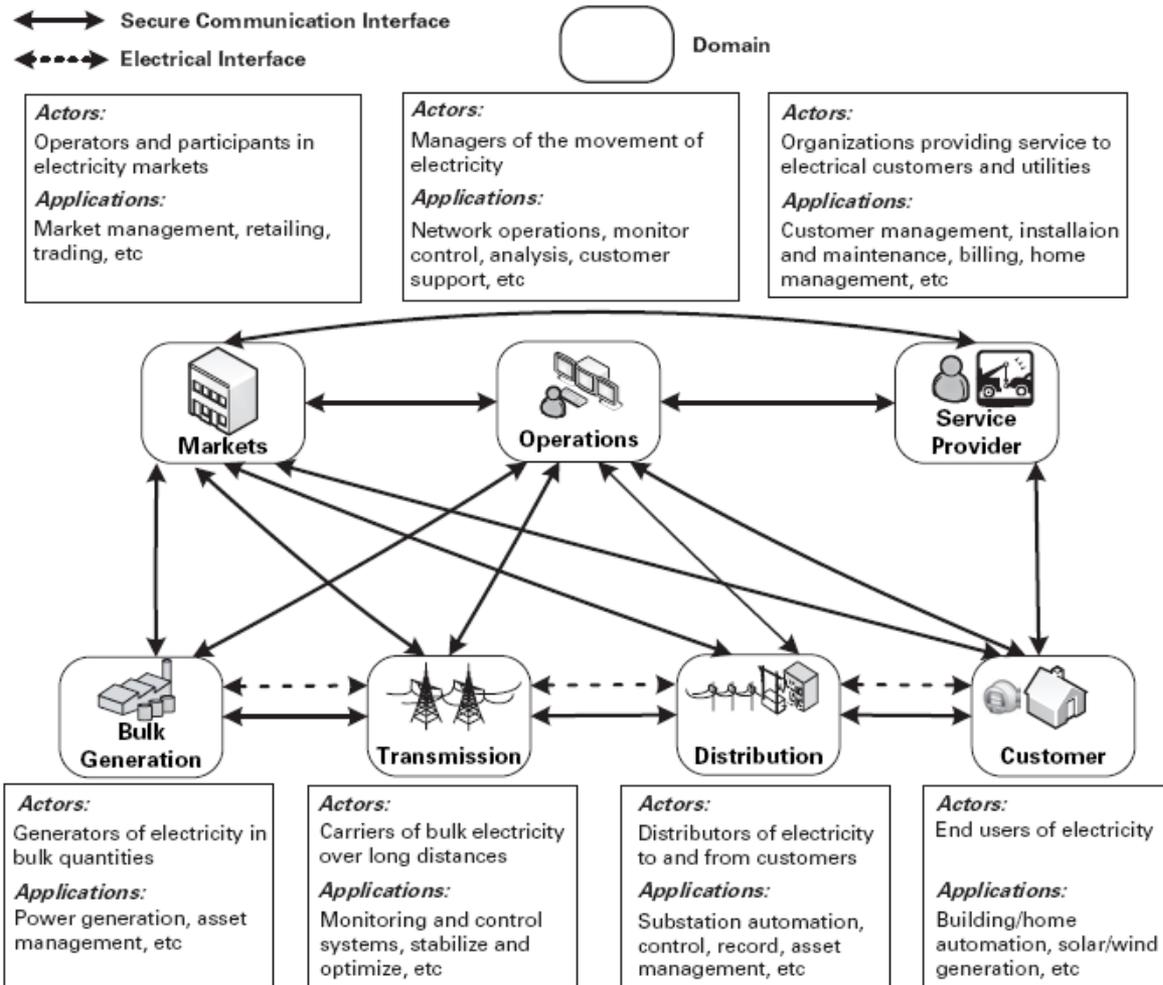
SMART GRID

Tabella di confronto tra GRID attuali e SG

GRID attuali	SMART GRID
elettromeccaniche	digitale
Comunicazioni unidirezionali	Comunicazioni bi-direzionali
Generazione centralizzata	Generazione distribuita
Pochi sensori	Sensori ovunque
Monitoraggio manuale	Monitoraggio automatizzato
Ripristino manuale	Ripristino automatico
Guasti e blackouts	Capacità di adattarsi e isolare i guasti
Controllo limitato	Controllo pervasivo
Poche scelte per i clienti	Molte scelte per i clienti

SMART GRID

Modello concettuale di SG adottato dal National Institute of Standards and Technology (NIST)



Attori: dispositivi, sistemi, programmi che prendono decisioni e scambiano informazioni per realizzare applicazioni e processi

Applicazioni: i compiti svolti da uno o più attori dentro un certo dominio