

ANIE
AUTOMAZIONE



Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Gianluca Zanetto
Energy Products Unit Manager

TW-TeamWare
www.teamware.it

TW TeamWare



Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Sommario

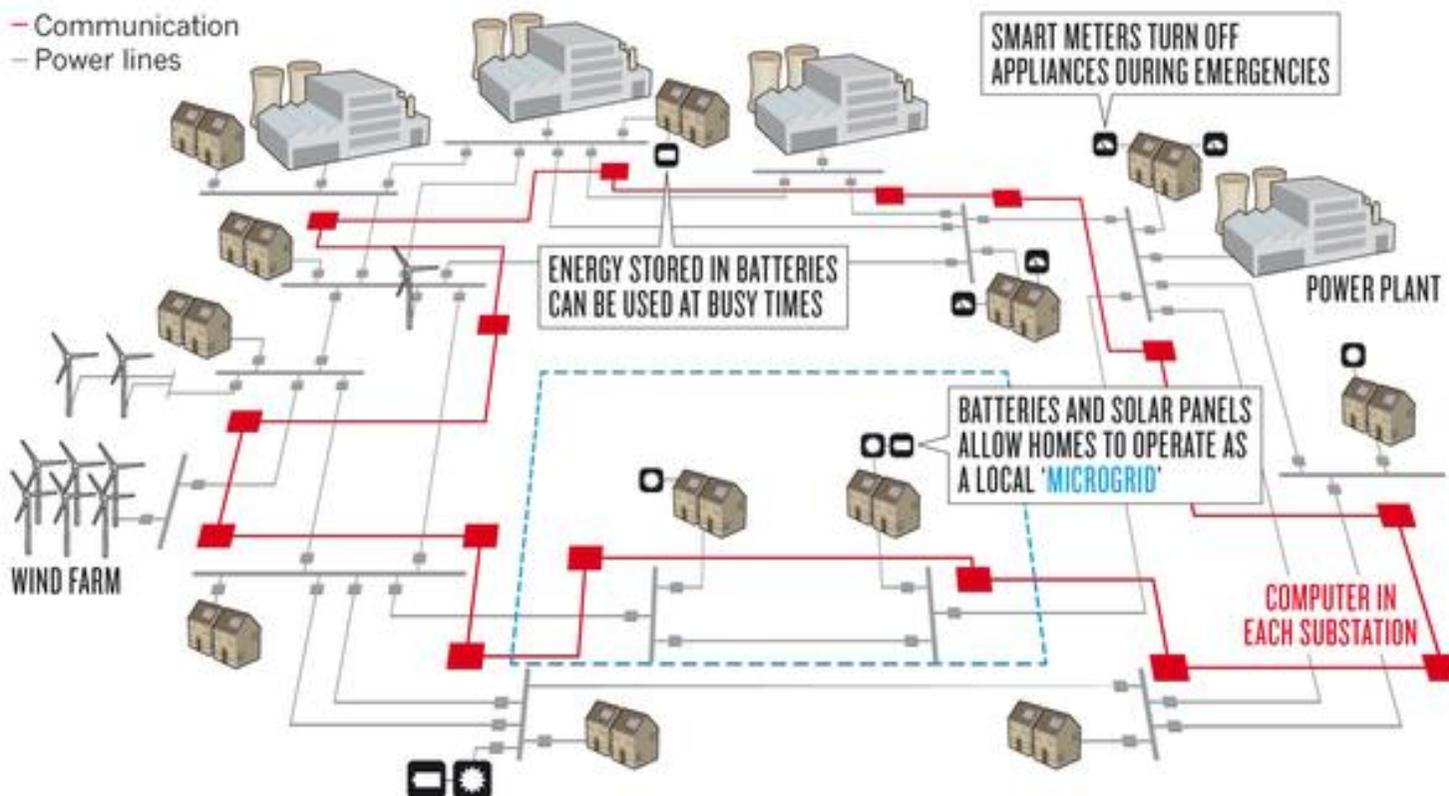
- Lo scenario delle smart grid
- Servizi per l'aumento dell'efficienza sulle reti di bassa tensione
- Presentazione di una ricerca applicata per il controllo distribuito del livello di tensione e della potenza reattiva sulle reti di bassa tensione (D-VVO)



Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Lo scenario della Smart Grid

SMART GRID | Digital and communications devices installed throughout a power system can track usage and minimize and manage disruptions.



Fonte: <http://www.nature.com>



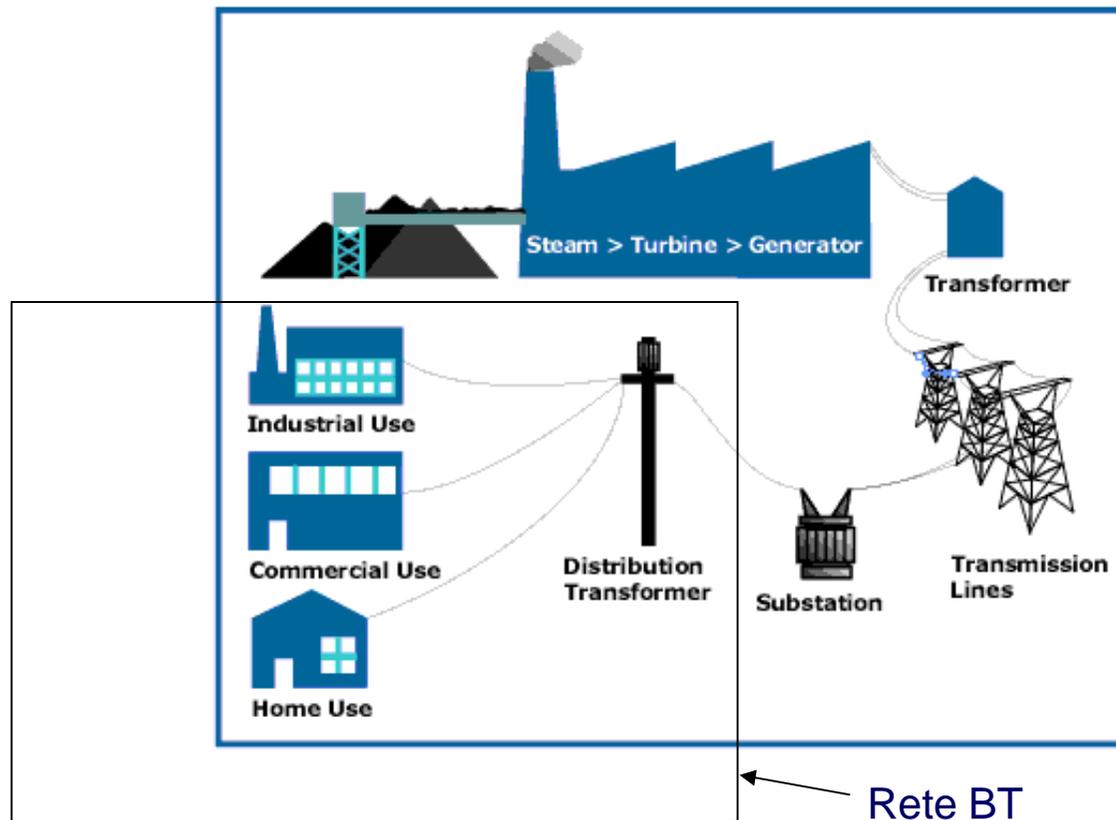
Servizi di rete **Event Driven** per Smart Grids

Elementi caratteristici della Smart Grid

- “ I flussi di energia sono bidirezionali e **volatili**, per la natura intermittente della generazione distribuita e la presenza dei sistemi di accumulo.
- “ I dispositivi di rete (IED) sono **intelligenti** e scambiano informazioni reciprocamente per il controllo e l'ottimizzazione della rete.
- “ Le strategie di controllo diventano più complesse rispetto al passato e coinvolgono molteplici soggetti (DSO, utenti, **prosumers**, broker, aggregatori, etc.).

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

La rete di Bassa Tensione



La rete di Bassa Tensione

Gruppi di Utenza	Trasformatori MV/LV	Consumi medi energia attiva [MWh]
25<n<100	105.722,00	1.797.947
100<n<200	62.876,00	2.052.207
200<n<300	33.991,00	1.673.426
300<n<400	16.417,00	1.057.826
>400	12.274,00	1.033.249

Dati rete italiana 2013

- Lunghezza cavi: approx. 200-500 mt.
- Cosfi medio: ≈ 0.89 per utenti > 16.5 kW
 ≈ 0.92 per utenti ≤ 16.5 kW
- Taglia trasformatori MT/BT : da 100 a 400 kVA

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Caso di studio



Servizi di rete per incrementare l'efficienza sulle reti BT





Servizi di rete **Event Driven** per Smart Grids

Servizi per l'efficienza della rete BT

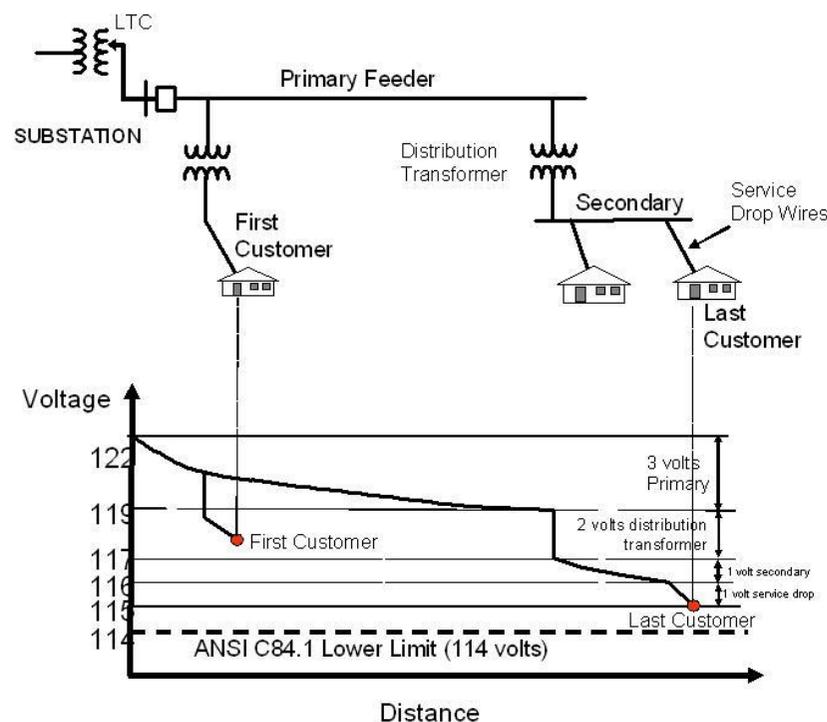
➤ Compensazione livello di tensione (1/2)

Le norme di riferimento per la qualità della tensione (EN 50160) richiedono di mantenere il livello di tensione nel punto di consegna entro una fascia di tolleranza ($\pm 10\%$ Vn in EU, $\pm 5\%$ in USA) nelle varie condizioni di carico.

La regolazione tradizionale al livello di feeder MT (load tap changers) può essere inadeguata.

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Andamento livello di tensione lungo la linea



Nota: la presenza di Generazione Distribuita (impianti solari, turbine eoliche) può invertire il profilo di tensione.



Servizi di rete **Event Driven** per Smart Grids

Servizi per l'efficienza della rete BT

➤ Compensazione livello di tensione (2/2)

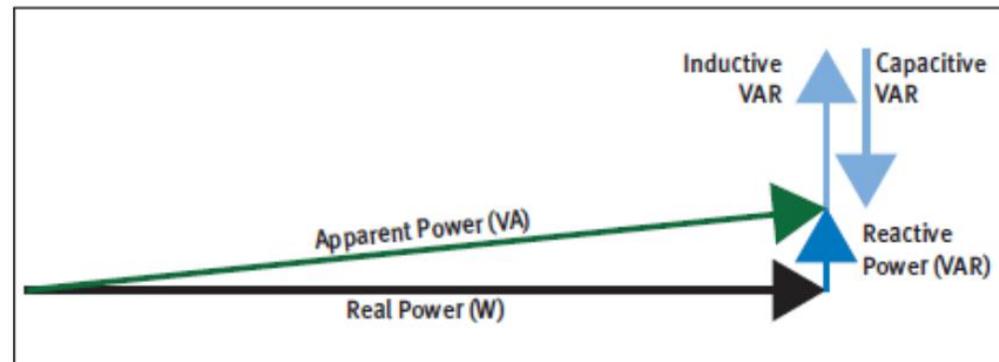
- “ Un sistema di controllori distribuiti Volt/VAR su rete BT, coordinati da algoritmi di ottimizzazione centrale, può consentire di mantenere il livello di tensione lungo la linea entro la banda di normalità senza forzare i livelli di tensione di partenza.
- “ Studi specifici (es. NEMA) mostrano che un controllo accurato del livello di tensione può avere positivi effetti in termini di risparmio energetico (riduzione della domanda di un fattore 0.7-1.0% per ogni 1% di riduzione del livello di tensione).

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Servizi per l'efficienza della rete BT

➤ Aumento della capacità di trasporto (1/2)

- ” Riducendo i flussi di potenza reattiva si ottiene un utilizzo ottimale delle reti di distribuzione, con riduzione delle perdite.
- ” Dispositivi compensatori intelligenti possono fare una correzione in tempo reale ($< 10-12$ cicli) della componente reattiva sui 4 quadranti, sia per carichi induttivi che per carichi capacitivi (es. PSU di data center).





Servizi di rete **Event Driven** per Smart Grids

Servizi per l'efficienza della rete BT

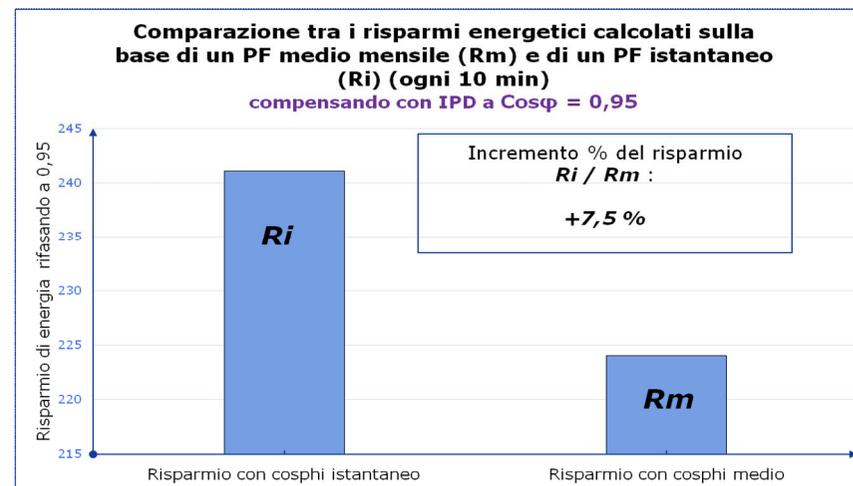
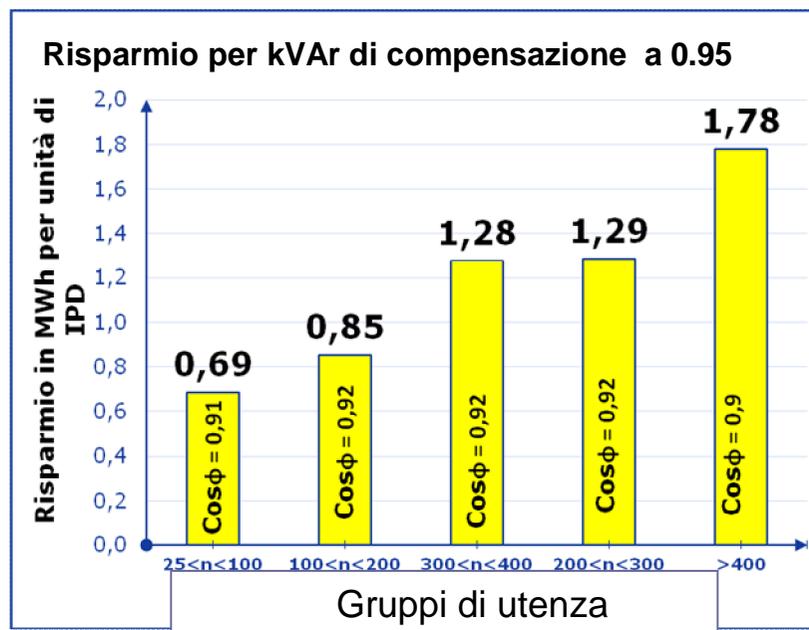
➤ Aumento della capacità di trasporto (2/2)

Benefici attesi:

- “ Riduzione delle perdite per effetto Joule (l'incremento del PF da 0.89 a .092 determina una riduzione delle perdite del 12%).
- “ Riduzione delle cadute di tensione lungo la linea.

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Servizi per l'efficienza della rete BT



Ipotesi perdite di rete 7% (secondo stime AEEG)

- Beneficio addizionale : Titoli di Efficienza Energetica (certificati bianchi)



Servizi di rete Í Event DrivenÎ per Smart Grids

Servizi per l'efficienza della rete BT

➤ Aumento dell'efficienza del trasformatore MT/BT

- ” La corrente di magnetizzazione (induttiva) di un trasformatore MT/BT può diventare prevalente a basso carico, con eccesso di potenza reattiva e basso PF.
- ” Un compensatore attivo potrebbe dinamicamente compensare il trasformatore di cabina, massimizzando la curva di efficienza.



Servizi di rete **Event Driven** per Smart Grids

Servizi per l'efficienza della rete BT

➤ Misure di rete in tempo reale

- “ La disponibilità di un ampio set di misure in tempo reale aumenta l'osservabilità della rete e delle sue dinamiche e fornisce elementi di profilazione dei carichi e di supporto decisionale per la formulazione di politiche di efficienza (es. demand/response).
- “ Beneficio aggiuntivo: i bilanci di energia lungo la linea rendono possibile l'identificazione delle perdite **non-tecniche**.



Servizi di rete Í Event DrivenÎ per Smart Grids

Vincoli:

- ” Rendimento molto elevato (prossimo al 99 %)
- ” Connessione agevole alla rete BT (senza interruzione del servizio)
- ” Non interferenza con i data-link PLC (tipicamente Cenelec-A band) utilizzati dai sistemi proprietari di AMR delle utilities.
- ” Fattore di forma contenuto per consentire l'alloggiamento nelle cassette stradali di derivazione
- ” Alta affidabilità (vita attesa > 10 anni)
- ” Adeguato rapporto prezzo/beneficio (break-even < 4 anni)
- ” Veloce time-to-market (non reinventare la ruota)



Servizi di rete **Event Driven** per Smart Grids

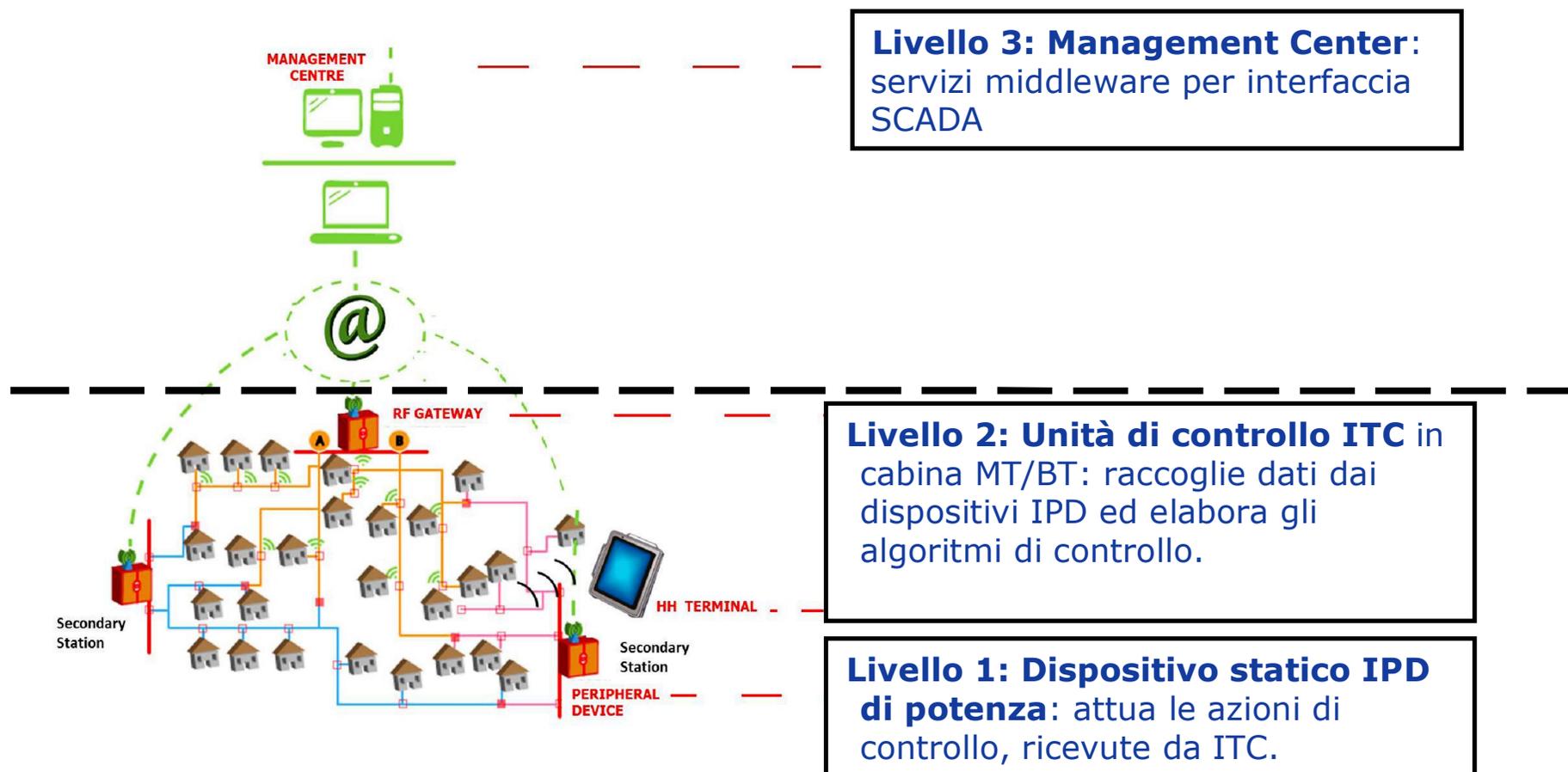
La soluzione D-VVO (Distributed Volt-VAR Optimization)

Sistema a tre-livelli consistente in:

- “ Livello 1: Dispositivi statici di regolazione intelligenti (IPD) di piccola potenza, connessi alla rete BT lungolinea nelle cassette stradali o presso il punto di consegna allutenza, che scambiano energia reattiva in maniera controllata.
- “ Livello 2: Unità di controllo (ITC) installata nella cabina secondaria, che elabora gli algoritmi di controllo coordinato di tensione e potenza reattiva per gli IPD.
- “ Livello 3: Componenti software middleware per interfaccia vs. sistemi centrali SCADA.

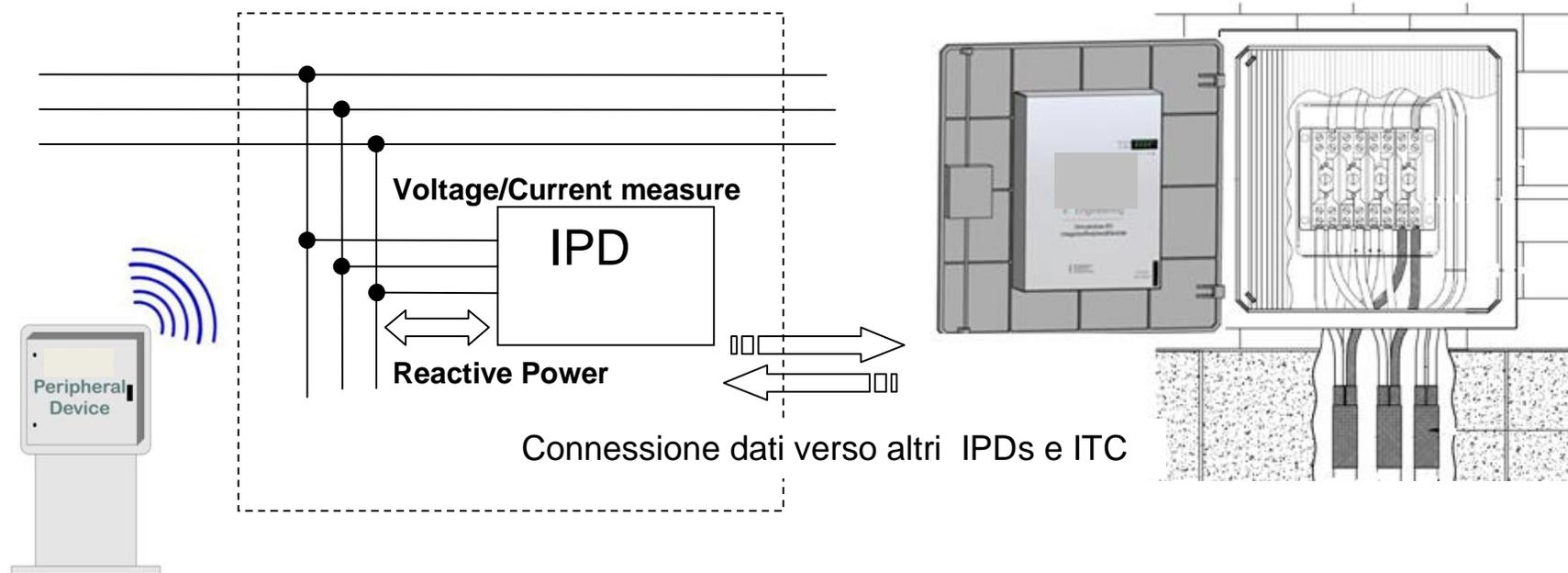
Servizi di rete Í Event DrivenÎ per Smart Grids

Architettura del sistema



Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Dispositivo statico di regolazione

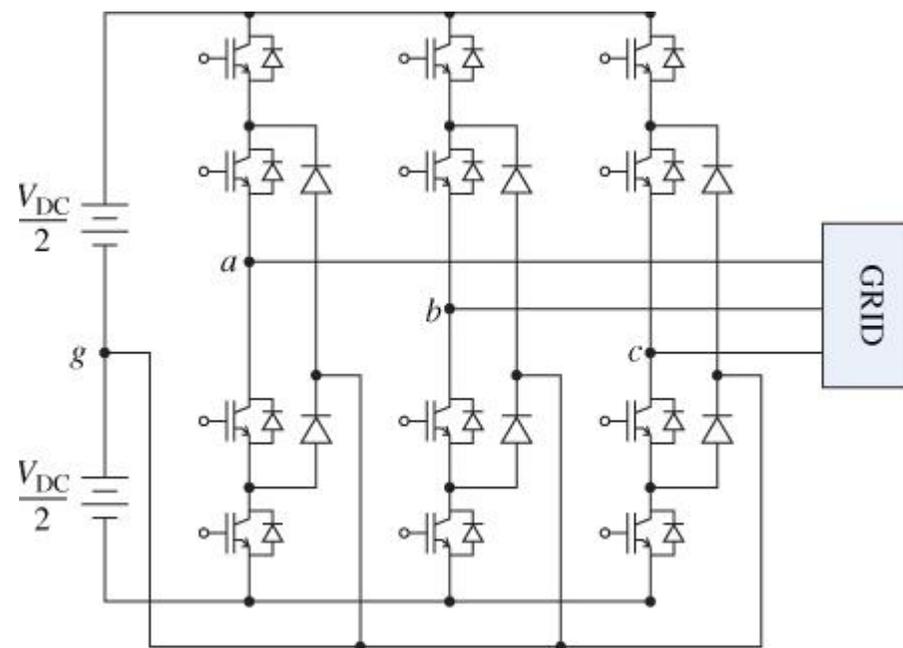


Implementa un regolatore D-VVO (Distributed Volt-VAR / Optimization) attraverso elettronica di potenza senza commutazione di capacità, compensando istantaneamente sia in quadranti capacitivi che induttivi.

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Dispositivo statico di regolazione

- “ Taglia da 3 a 25 kVA trifase
- “ Tecnologia inverter 3-level NPC grid connected (SiC)
- “ Comunicazione con Unità di Controllo via:
ethernet, G3-PLC, mobile 3G
- “ Protocolli standard:
Modbus, Oasis MQTT, IEC61850
(solo link ethernet)
- “ Pubblicazione misure event-driven
di: V, I, P, Q, THD, Freq, Energia



Strategie di Controllo

L'architettura *full static* consente tempi di risposta del sistema a livello di singolo ciclo, consentendo di realizzare diverse strategie di efficienza:

- *RF priority*
- *Voltage level priority*
- *Cooperative mode*

Ogni IPD opera prevalentemente a se stante

Più IPD operano in maniera coordinata dal controllore ITC



Servizi di rete Í Event DrivenÎ per Smart Grids

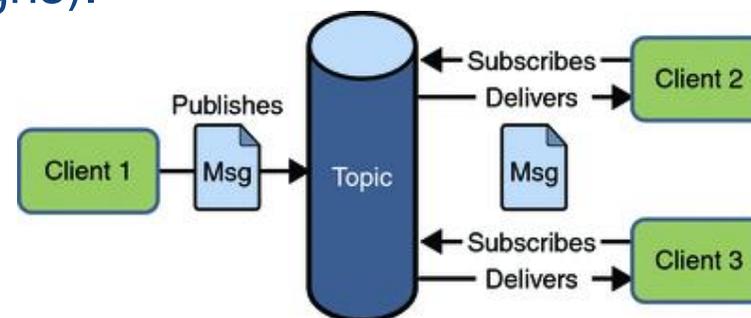
Unità di Controllo

- ” Installata presso la Cabina Secondaria MT/BT.
- ” Utilizza le misure real time per calcolare le condizioni che esistono nei punti osservabili (IPD o misuratori) sulla rete elettrica, valutare le perdite elettriche ed altri parametri che Non è pratico monitorare direttamente.
- ” I valori elaborati determinano il corretto insieme di azioni di controllo per ottenere le condizioni %ottime+richieste (ottimizzazione Volt/VAR, etcõ).
- ” Queste azioni di controllo sono reinviolate ai compensatori attivi come nuovi set-point.
- ” IEC61850 per l'integrazione nella automazione di cabina.

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Controllo Í Event-Driven

- “ Modello del sistema di controllo descritto tramite macchina a stati finiti (FSM) tramite SCXML.
- “ Comunicazione asincrona eventi secondo pattern `publish/subscribe` per ottimizzare il flusso di informazioni anche su canali a banda stretta (es. G3-PLC), in analogia al modello IoT (Internet of Things).



- “ Piena applicazione dei principi core di Event-Based Metering (M. Simonov).

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Event Based Metering (1/2)

- Le variazioni dei flussi di potenza/misure da condizioni stabili (eventi) producono un invio asincrono dei dati ai sottoscrittori (unità di controllo centrale e/o altri IPD).
- In confronto con i tradizionali pacchetti dati periodici (time-driven) inviati da RTU/contatori, i data set event-driven contengono informazione di valore equivalente ma con un ridotto traffico dati, molto utile su canali con banda limitata (es. G3-PLC).
- Funzionalità disponibile nei regolatori IPD e negli smart meter di nuova generazione.

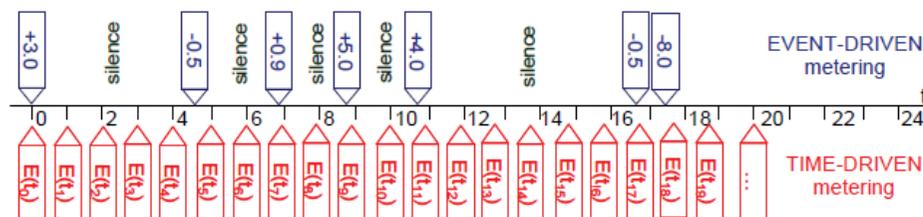
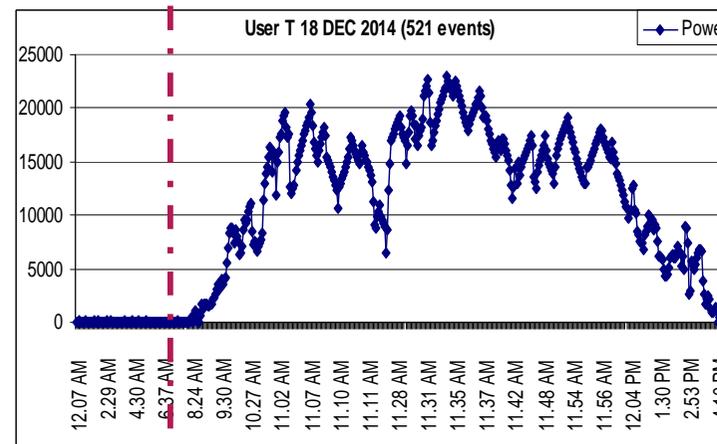
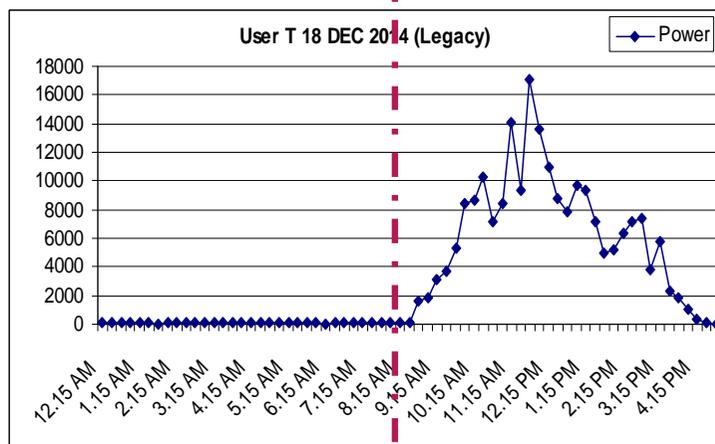


Fig. 5. Time scale in event- and time- driven metering.

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Event Based Metering (2/2)



Confronto tra dataset registrati a tempo fisso ed event-based

Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Servizi Middleware vs. sistemi centrali

- “ Componenti software e API rest per interfaccia verso sistemi SCADA.
- “ Data reports, archiviazione e servizi di ottimizzazione.
- “ Servizi per integrazione verticale ad ambienti applicativi specifici.
- “ Servizi per integrazione con framework ed ecosistemi open di energy data management (e.g. Flex4Grid, EU Future-Internet FIWARE www.fiware.org).



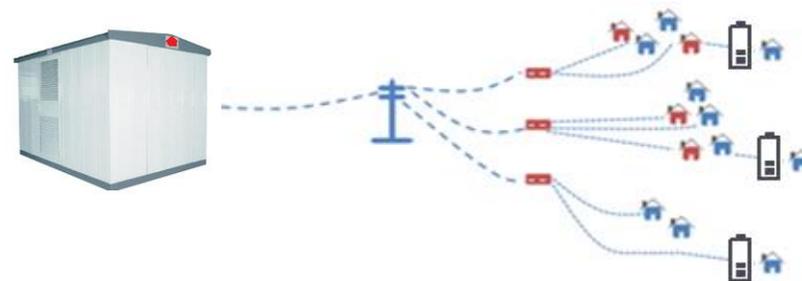
Servizi di rete Í Event DrivenÎ per Smart Grids

Future strategie di servizi di rete BT

Estendere le potenzialità dei dispositivi smart-power distribuiti %PD-like+combinare con tecnologie di misura event-driven real-time per offrire soluzioni ancor più integrate.

Esempi:

- “ Servizi innovativi di demand/response %energy-shifting+, integrando tra loro gli attuali dispositivi intelligenti connessi alla rete (es. inverter FV, punti di ricarica EV) con sistemi compatti di accumulo di piccolo ingombro (e costo) cooperativi & distribuiti (la rete come unq%auto ibrida+).
- “ Servizi di demand/response %Multi-energy-shifting+(elettrica & termica), combinando tecnologie elettriche e non-elettriche (pompe di calore, CHP, accumulo termico) allqnterno di unqunica piattaforma ICT.





Servizi di rete Í Event DrivenÎ per Smart Grids

Conclusioni

- “ I servizi di rete BT stanno diventando sempre più pervasivi nello scenario delle smart grid.
- “ La presente ricerca applicata dimostra come le recenti innovazioni nelle tecnologie elettroniche (digitale e power), delle telecomunicazioni e del software possono essere impiegate per rispondere prontamente alle necessità di soluzioni di efficienza energetica sulle reti.
- “ Le Autorità Regolatorie sono incoraggiate ad incentivare la diffusione di sistemi di ottimizzazione ed efficientamento delle reti di distribuzione BT.
- “ Gli standard open giocheranno un ruolo chiave nel guidare la diffusione di soluzioni interoperabili.
- “ La ricerca sarà principalmente orientata all'incremento dell'efficienza nella conversione di energia (power-electronics), nell'affinamento degli algoritmi di controllo event-based e nell'integrazione di sistemi di campo nelle architetture ICT e middleware future internet.



Servizi di rete Í Event Driven per Smart Grids

Grazie per l'attenzione



www.teamware.it