

Protocolli di comunicazioni per le Smart Grid

Standard IEC-61850

Presentazione di
Gian Paolo Incremona
Fabrizio Giandelli

Università degli Studi di Pavia
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Corso di Laurea in Ingegneria Elettrica
Sistemi e Componenti per l'Automazione

20 Gennaio 2012



- 1 Smart Grid
- 2 Protocolli di Comunicazione
- 3 IEC-61850
- 4 Conclusione
- 5 Riferimenti bibliografici

Definizioni di *Smart Grid*

Def. (McDonnel-Burns, [4])

Si definisce **Smart Grid** la convergenza di informazioni e la tecnologia operativa, applicata alla rete elettrica, che permette opzioni sostenibili per gli utenti, sicurezza migliorata, affidabilità ed efficienza delle utilities.

Def. (V.K. Sood-D. Fischer-J.M. Eklund-T. Brown, [6])

Il termine **Smart Grid** si riferisce a un sistema di distribuzione dell'energia completamente modernizzato che monitora, protegge e ottimizza le operazioni dei suoi elementi interconnessi da un estremo a un altro.

Def. (Manuel Sánchez Jiménez, [2])

La **Smart Grid** può sostanzialmente migliorare l'efficienza energetica, l'integrazione delle rinnovabili e dei veicoli elettrici all'interno della rete.

Gli obiettivi principali che si propone una Smart Grid sono:

- 1 Rendere sostenibile la rete e soddisfare in modo efficiente la domanda degli utenti, generatori e consumatori;
- 2 Sviluppare una rete di informazioni sui consumi energetici degli utenti e provvedere a opzioni diverse di approvvigionamento;
- 3 Favorire una maggiore interoperabilità e connessione fra i vari nodi della rete;
- 4 Mantenere la sicurezza e la qualità dei servizi;
- 5 Supportare il mercato dell'energia, ottimizzando generazione, trasmissione e distribuzione e facilitando il contributo delle fonti di energia rinnovabile;
- 6 Sviluppare e migliorare le operazioni interne alla rete per mezzo di avanzate tecnologie di comunicazione delle informazioni.

Smart Grid

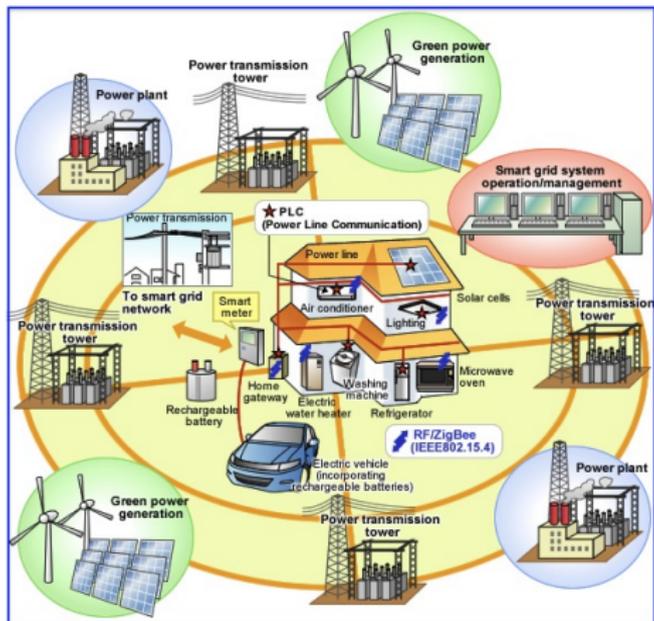


Figura: Concetto di Smart Grid; <http://sg.renesas.com/index.jsp>

Vantaggi

La Smart Grid:

- Contribuisce alla copertura della domanda seguendo in modo incrementale, continuo e simultaneo le variazioni di carico;
- Contribuisce all'utilizzo efficiente della rete riducendo le congestioni e le perdite;
- Contribuisce al miglioramento dell'impatto ambientale nel rispetto dei requisiti minimi stabiliti;
- Rende il sistema nel suo complesso più sicuro, robusto, e meno sensibile ai guasti;
- Migliora la qualità del servizio;
- Permette di sfruttare condizioni di *islanding*, favorendo la continuità del servizio;
- Rende gli utenti partecipi nel mercato conferendogli maggior potere decisionale.

Svantaggi

Gli svantaggi delle Smart Grid sono:

- Impatta sul controllo e sui livelli di tensione della rete;
- Occorre prevedere sistemi di controllo che, in caso di **islanding**, garantiscano il parallelo con la rete;
- Richiede modalità più complesse di dispacciamento e controllo della rete;
- Implica costi per il completamento della rete e l'implementazione di nuovi strumenti.

Equipment

Per implementare in maniera efficace il modello di Smart Grid è necessario servirsi di nuovi strumenti e tecnologie:

- Superconduttori;
- HVDC;
- FACTS;
- Sensori e controllori sulla rete;
- **Smart meters**;
- Rete di comunicazione WAN;
- Protocolli di comunicazione.



Figura: Concetto di Smart Metering

Necessità di implementazione

Problema

Necessità di scambiare un grande volume di informazione *real time* tra i vari elementi della rete e garantirne l'*interoperabilità* su larga scala.

Soluzione

Definire un nuovo *standard di comunicazione* e quindi dei protocolli che regolino il traffico di informazione.

Necessità di implementazione

Problema

Necessità di scambiare un grande volume di informazione *real time* tra i vari elementi della rete e garantirne l'*interoperabilità* su larga scala.

Soluzione

Definire un nuovo *standard di comunicazione* e quindi dei protocolli che regolino il traffico di informazione.

Caratteristiche dei protocolli per le Smart Grid

Le specifiche di protocollo di comunicazione per le Smart Grid sono:

- Interoperabilità** Deve essere ampiamente condiviso da tutti gli elementi della rete tra loro interconnessi.
- Flessibilità** Deve essere facilmente implementabile nei dispositivi tradizionali e futuri e favorire margini di miglioramento in termini di tecnologia e funzioni supportate.
- Velocità** Deve garantire la trasmissione dei dati nei tempi voluti e real time, con bassissimi tempi di latenza, per migliorare la qualità e la sicurezza dei servizi.
- Semplicità** Devono essere meno ingombranti in termini di quantità di dati: sono quindi favoriti i protocolli che, a pari funzionalità offerte, garantiscono un minor numero di dati inviati.
- Economicità** Bisogna ridurre i costi di installazione e di realizzazione di nuovi dispositivi.

Protocolli e tecnologie di comunicazione attuali

Alcuni protocolli presi in considerazione, sulla base delle caratteristiche precedenti, sono:

- Protocolli proprietari;
- Modbus/TCP;
- UDP/multicast/broadcast;
- **IEC-61850** ←.

Le tecnologie di comunicazione principali sono:

- Power Line Carrier;
- Internet;
- Wi-Fi;
- WiMAX.

Protocolli e tecnologie di comunicazione attuali

Alcuni protocolli presi in considerazione, sulla base delle caratteristiche precedenti, sono:

- Protocolli proprietari;
- Modbus/TCP;
- UDP/multicast/broadcast;
- **IEC-61850** ←.

Le tecnologie di comunicazione principali sono:

- Power Line Carrier;
- Internet;
- Wi-Fi;
- WiMAX.

Protocolli e tecnologie di comunicazione attuali

Alcuni protocolli presi in considerazione, sulla base delle caratteristiche precedenti, sono:

- Protocolli proprietari;
- Modbus/TCP;
- UDP/multicast/broadcast;
- **IEC-61850** ←.

Le tecnologie di comunicazione principali sono:

- Power Line Carrier;
- Internet;
- Wi-Fi;
- WiMAX.

Modbus/TCP

Modbus/TCP Il Modbus è un protocollo di comunicazione seriale per la comunicazione di controllori logici programmabili (PLC) prodotto da *Modicon*: si tratta di un protocollo aperto (non proprietario) con architettura *Client/Server* in cui ogni dispositivo è individuato da un indirizzo fino a un massimo di 247.

Modbus/TCP è la versione dello standard che trasmette i pacchetti di dati con protocollo **TCP/IP**: il modello di comunicazione è Client/Server con *acknowledgement* su rete Ethernet per scambio di informazioni real time. L'utilizzo del protocollo TCP/IP consente:

- invio di segnalazioni per *change of state*, oltre ad interrogazione tipo *polling*;
- maggiore numero di elementi abbinabili ad un master.

Problemi

Limitato supporto di tipologie di dati e non garantisce la sicurezza.

Modbus/TCP

Modbus/TCP Il Modbus è un protocollo di comunicazione seriale per la comunicazione di controllori logici programmabili (PLC) prodotto da *Modicon*: si tratta di un protocollo aperto (non proprietario) con architettura *Client/Server* in cui ogni dispositivo è individuato da un indirizzo fino a un massimo di 247.

Modbus/TCP è la versione dello standard che trasmette i pacchetti di dati con protocollo **TCP/IP**: il modello di comunicazione è Client/Server con *acknowledgement* su rete Ethernet per scambio di informazioni real time. L'utilizzo del protocollo TCP/IP consente:

- invio di segnalazioni per *change of state*, oltre ad interrogazione tipo *polling*;
- maggiore numero di elementi abbinabili ad un master.

Problemi

Limitato supporto di tipologie di dati e non garantisce la sicurezza.

UDP/multicast/broadcast e IEC-61850

UDP/multicast/broadcast Le caratteristiche protocollo UDP sono:

- quantità di dati per pacchetto ridotta (incapsulamento più *leggero* rispetto a TCP);
- verifica degli errori, contenuta nel pacchetto;
- *multiplexing* delle connessioni, ottenuta attraverso il meccanismo delle porte.

Problemi

- Non garantisce la consegna del singolo pacchetto;
- Non gestisce il riordinamento dei pacchetti, né la ritrasmissione di quelli persi;
- Adatto ad applicazioni real-time o time-sensitive ma minore affidabilità.

IEC-61850 Si tratta di un'architettura standard sviluppata dall'*International Electrotechnical Commission (IEC)* che definisce la comunicazione tra strumenti elettronici per sistemi di controllo e automazione delle sottostazioni elettriche.

UDP/multicast/broadcast e IEC-61850

UDP/multicast/broadcast Le caratteristiche protocollo UDP sono:

- quantità di dati per pacchetto ridotta (incapsulamento più *leggero* rispetto a TCP);
- verifica degli errori, contenuta nel pacchetto;
- *multiplexing* delle connessioni, ottenuta attraverso il meccanismo delle porte.

Problemi

- Non garantisce la consegna del singolo pacchetto;
- Non gestisce il riordinamento dei pacchetti, né la ritrasmissione di quelli persi;
- Adatto ad applicazioni real-time o time-sensitive ma minore affidabilità.

IEC-61850 Si tratta di un'architettura standard sviluppata dall'*International Electrotechnical Commission (IEC)* che definisce la comunicazione tra strumenti elettronici per sistemi di controllo e automazione delle sottostazioni elettriche.

UDP/multicast/broadcast e IEC-61850

UDP/multicast/broadcast Le caratteristiche protocollo UDP sono:

- quantità di dati per pacchetto ridotta (incapsulamento più *leggero* rispetto a TCP);
- verifica degli errori, contenuta nel pacchetto;
- *multiplexing* delle connessioni, ottenuta attraverso il meccanismo delle porte.

Problemi

- Non garantisce la consegna del singolo pacchetto;
- Non gestisce il riordinamento dei pacchetti, né la ritrasmissione di quelli persi;
- Adatto ad applicazioni real-time o time-sensitive ma minore affidabilità.

IEC-61850 Si tratta di un'architettura standard sviluppata dall'*International Electrotechnical Commission (IEC)* che definisce la comunicazione tra strumenti elettronici per sistemi di controllo e automazione delle sottostazioni elettriche.

Def. (ProSoft Technology, [1])

L'**IEC-61850** è uno standard per l'automazione delle sottostazioni elettriche.

Sviluppato dall'*IEC (Internatonal Electrotechnical Commission)*, definisce la comunicazione tra dispositivi diversi presenti nella rete.

È una **sovrastuttura** che coordina e gestisce protocolli e tecnologie esistenti garantendo la fondamentale specifica di **interoperabilità**. Nonostante sia un protocollo recente si presenta flessibile e robusto.

I vantaggi dello standard IEC-61850 sono:

- Coordina la complessità di tante unità indipendenti;
- Si integra con i sistemi già installati in rete;
- É scalabile e facilita l'integrazione di apparati diversi (architettura *multicentrica*);
- Si basa il più possibile su standard esistenti;
- É aperto e supporta *self descriptive devices* eliminando problemi di configurazione manuale;
- Si basa sul *data objects* e standardizzazione degli elementi tipici di una rete elettrica;
- Permette di ottenere alte prestazioni di comunicazione *multicast*;
- É flessibile in modo da adattarsi rapidamente alla configurazione del sistema;
- É estensibile per supportare eventuali estensioni del sistema.

Struttura dello standard

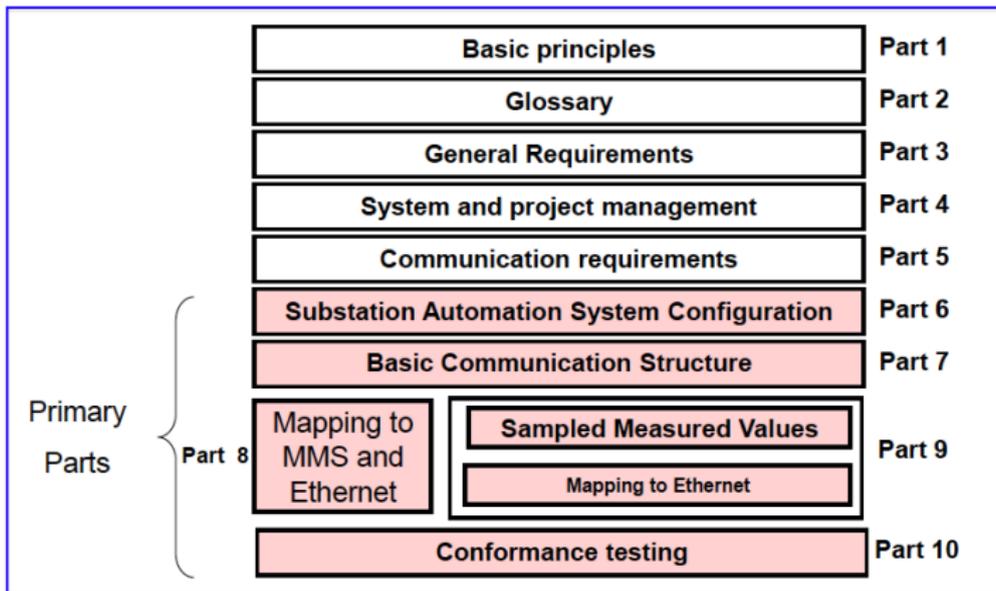


Figura: Struttura dello standard IEC-61850 [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

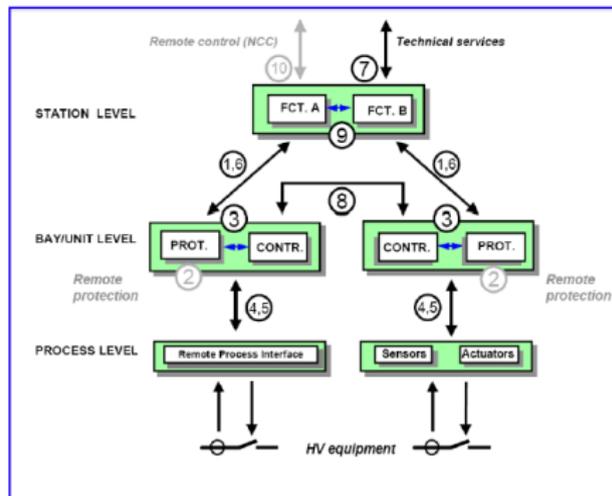


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

Scambio di dati di controllo e protezione tra bays a livello di stazione.

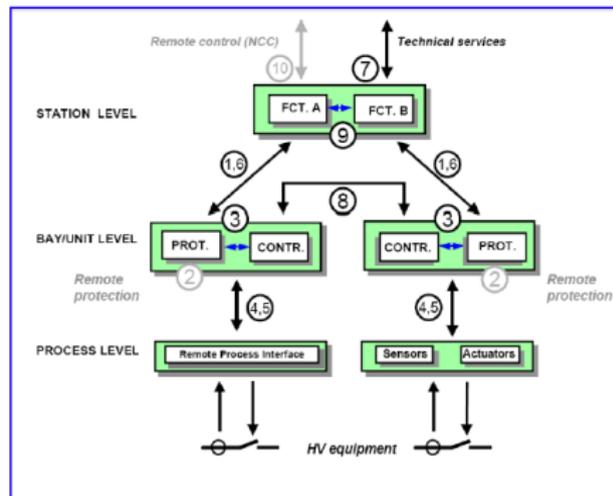


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

- 1,6 Scambio di dati di controllo e protezione tra baia e livello di stazione.
- 2 Scambio di dati tra la baia e le protezioni remote.
- 3 Scambio di dati all'interno della baia.
- 4,5 Scambio di dati tra TV e TA del processo e la baia.
- 7 Scambio di dati tra le sottostazioni e i servizi tecnici.
- 8 Scambio di dati tra baie per funzioni rapide.
- 9 Scambio di dati all'interno del livello di stazione.
- 10 Scambio di dati tra la sottostazione e il centro di controllo remoto.

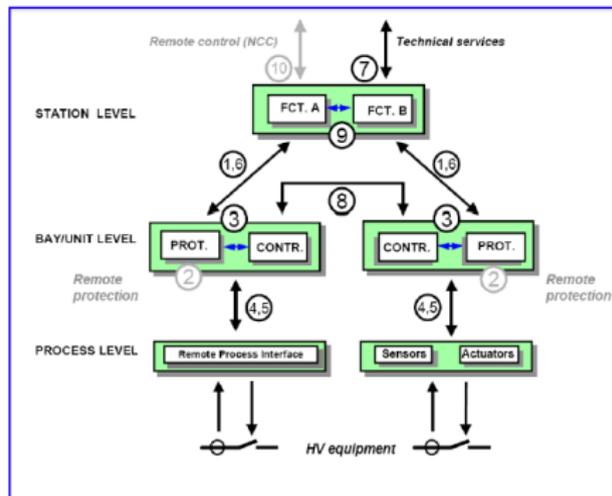


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

- 1,6 Scambio di dati di controllo e protezione tra baia e livello di stazione.
- 2 Scambio di dati tra la baia e le protezioni remote.
- 3 Scambio di dati all'interno della baia.
- 4,5 Scambio di dati tra TV e TA del processo e la baia.
- 7 Scambio di dati tra le sottostazioni e i servizi tecnici.
- 8 Scambio di dati tra baie per funzioni rapide.
- 9 Scambio di dati all'interno del livello di stazione.
- 10 Scambio di dati tra la sottostazione e il centro di controllo remoto.

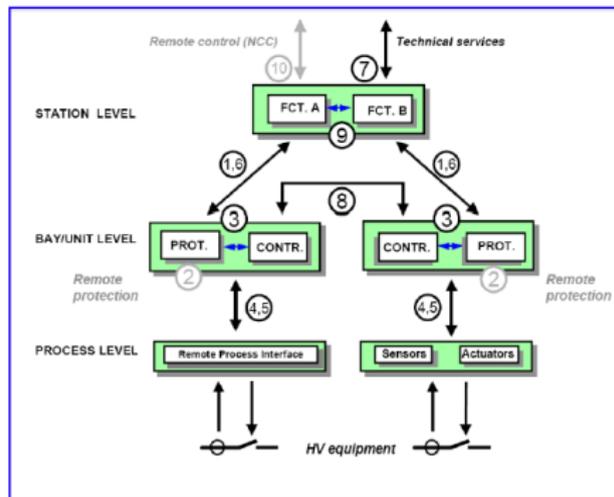


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

- 1,6 Scambio di dati di controllo e protezione tra baia e livello di stazione.
- 2 Scambio di dati tra la baia e le protezioni remote.
- 3 Scambio di dati all'interno della baia.
- 4,5 Scambio di dati tra TV e TA del processo e la baia.
- 7 Scambio di dati tra le sottostazioni e i servizi tecnici.
- 8 Scambio di dati tra baie per funzioni rapide.
- 9 Scambio di dati all'interno del livello di stazione.
- 10 Scambio di dati tra la sottostazione e il centro di controllo remoto.

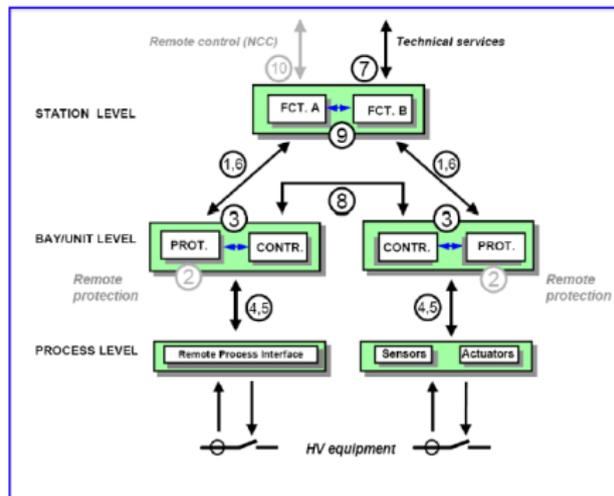


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

- 1,6 Scambio di dati di controllo e protezione tra baia e livello di stazione.
- 2 Scambio di dati tra la baia e le protezioni remote.
- 3 Scambio di dati all'interno della baia.
- 4,5 Scambio di dati tra TV e TA del processo e la baia.
- 7 Scambio di dati tra le sottostazioni e i servizi tecnici.
- 8 Scambio di dati tra baie per funzioni rapide.
- 9 Scambio di dati all'interno del livello di stazione.
- 10 Scambio di dati tra la sottostazione e il centro di controllo remoto.

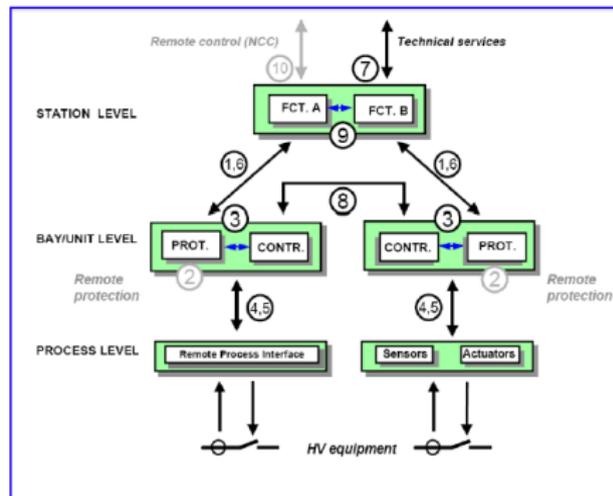


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

- 1,6 Scambio di dati di controllo e protezione tra baia e livello di stazione.
- 2 Scambio di dati tra la baia e le protezioni remote.
- 3 Scambio di dati all'interno della baia.
- 4,5 Scambio di dati tra TV e TA del processo e la baia.
- 7 Scambio di dati tra le sottostazioni e i servizi tecnici.
- 8 Scambio di dati tra baie per funzioni rapide.
- 9 Scambio di dati all'interno del livello di stazione.
- 10 Scambio di dati tra la sottostazione e il centro di controllo remoto.

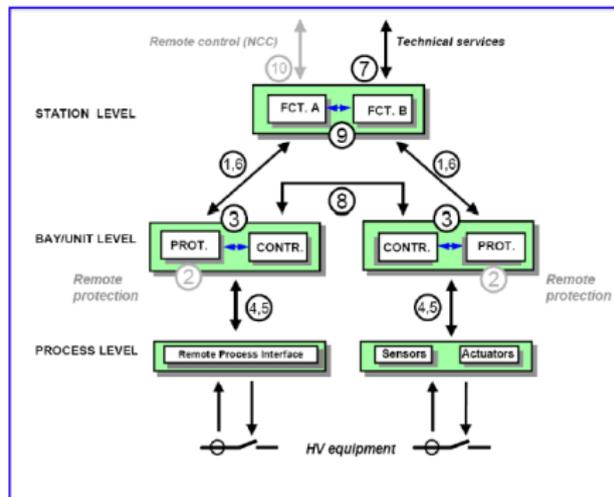


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

- 1,6 Scambio di dati di controllo e protezione tra baia e livello di stazione.
- 2 Scambio di dati tra la baia e le protezioni remote.
- 3 Scambio di dati all'interno della baia.
- 4,5 Scambio di dati tra TV e TA del processo e la baia.
- 7 Scambio di dati tra le sottostazioni e i servizi tecnici.
- 8 Scambio di dati tra baie per funzioni rapide.
- 9 Scambio di dati all'interno del livello di stazione.
- 10 Scambio di dati tra la sottostazione e il centro di controllo remoto.

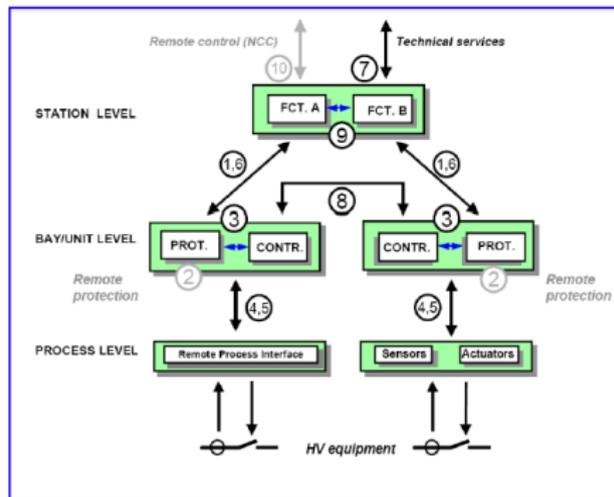


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

- 1,6 Scambio di dati di controllo e protezione tra baia e livello di stazione.
- 2 Scambio di dati tra la baia e le protezioni remote.
- 3 Scambio di dati all'interno della baia.
- 4,5 Scambio di dati tra TV e TA del processo e la baia.
- 7 Scambio di dati tra le sottostazioni e i servizi tecnici.
- 8 Scambio di dati tra baie per funzioni rapide.
- 9 Scambio di dati all'interno del livello di stazione.
- 10 Scambio di dati tra la sottostazione e il centro di controllo remoto.

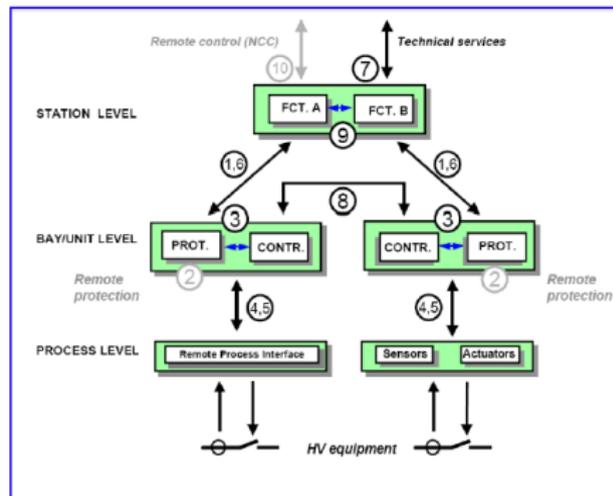


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Livelli

IEC-61850 suddivide ogni sottostazione in tre livelli:

- 1 Station Level: stazione/cabina;
- 2 Bay Level: aggregato di apparati che costituiscono una funzionalità completa;
- 3 Process Level: processo/campo.

- 1,6 Scambio di dati di controllo e protezione tra baia e livello di stazione.
- 2 Scambio di dati tra la baia e le protezioni remote.
- 3 Scambio di dati all'interno della baia.
- 4,5 Scambio di dati tra TV e TA del processo e la baia.
- 7 Scambio di dati tra le sottostazioni e i servizi tecnici.
- 8 Scambio di dati tra baie per funzioni rapide.
- 9 Scambio di dati all'interno del livello di stazione.
- 10 Scambio di dati tra la sottostazione e il centro di controllo remoto.

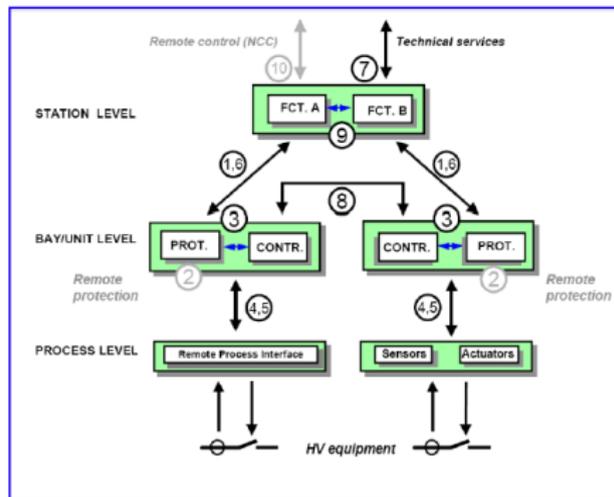


Figura: Livelli di una sottostazione [5].

Funzioni e dispositivi fisici

Il protocollo identifica le funzioni e le caratteristiche dei **dispositivi fisici** (es. compiti, risultati, prestazioni). Questi si modellizzano in:

- uno o più **dispositivi logici** suddivisi in:
 - **nodi logici** in relazione tra loro in base a:
 - **dati e data attributi** (es. valori dedicati, struttura semantica ben definita, ruolo, prestazioni).

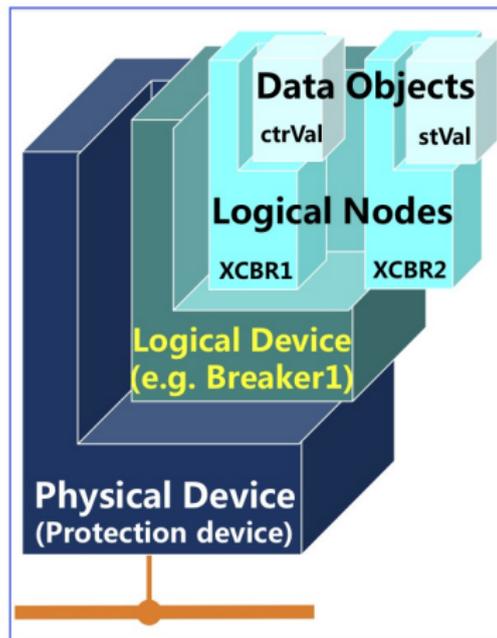


Figura: Modello di un sezionatore [5].

Funzioni e dispositivi fisici

Il protocollo identifica le funzioni e le caratteristiche dei **dispositivi fisici** (es. compiti, risultati, prestazioni). Questi si modellizzano in:

- uno o più **dispositivi logici** suddivisi in:
 - **nodi logici** in relazione tra loro in base a:
 - *data e data attribute* (es. valori dedicati, struttura semantica ben definita, ruolo, prestazioni).

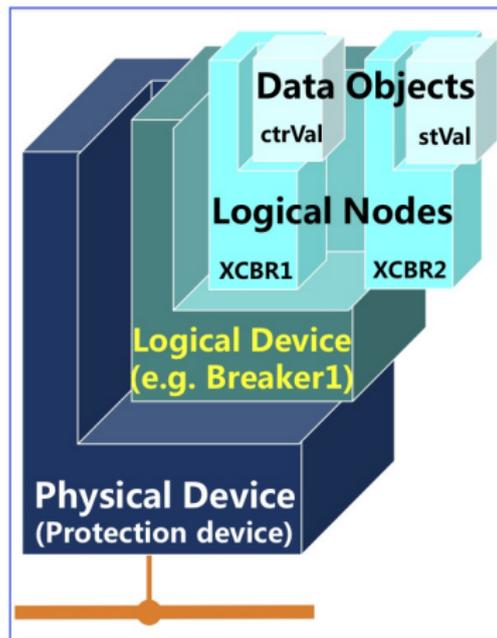


Figura: Modello di un sezionatore [5].

Funzioni e dispositivi fisici

Il protocollo identifica le funzioni e le caratteristiche dei **dispositivi fisici** (es. compiti, risultati, prestazioni). Questi si modellizzano in:

- uno o più **dispositivi logici** suddivisi in:
 - **nodi logici** in relazione tra loro in base a:
 - **data e data attribute** (es. valori dedicati, struttura semantica ben definita, ruolo, prestazioni).

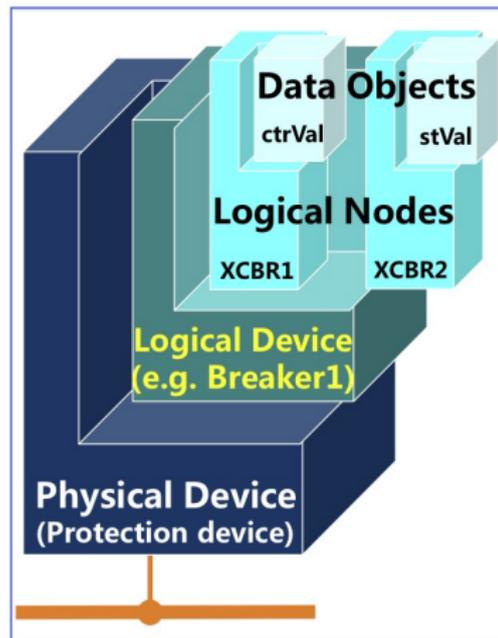


Figura: Modello di un sezionatore [5].

- Il modello di logical device permette ad un singolo dispositivo fisico di agire da gateway di informazioni per più dispositivi;
- Ogni logical device contiene uno o più logical node, logicamente correlati ad una funzione della stazione;
- I logical nodes sono definiti da gruppi di data object e relativi servizi, ognuno modellizzato secondo gli schemi definiti dalle **Common Data Classes (CDC)**.

I logical nodes sono identificati con nomi definiti dallo standard in cui la prima lettera indica ne l'attinenza, ad esempio: **A** controllo automatico, **M** misura, **X** switchgear, **Y** trasformatori di potenza, **T** trasformatori di misura, **P** protezioni, **S** sensori, **G** funzioni generiche, **I** interfaccia e archivio.

Esempi di nomi di logical nodes: **MMXU** unità di misura della potenza trifase, **XCBR** interruttore automatico/sezionatore, **PDIS** protezione distanziometrica.

- Il modello di logical device permette ad un singolo dispositivo fisico di agire da gateway di informazioni per più dispositivi;
- Ogni logical device contiene uno o più logical node, logicamente correlati ad una funzione della stazione;
- I logical nodes sono definiti da gruppi di data object e relativi servizi, ognuno modellizzato secondo gli schemi definiti dalle **Common Data Classes (CDC)**.

I logical nodes sono identificati con nomi definiti dallo standard in cui la prima lettera indica ne l'attinenza, ad esempio: **A** controllo automatico, **M** misura, **X** switchgear, **Y** trasformatori di potenza, **T** trasformatori di misura, **P** protezioni, **S** sensori, **G** funzioni generiche, **I** interfaccia e archivio.

Esempi di nomi di logical nodes: **MMXU** unità di misura della potenza trifase, **XCBR** interruttore automatico/sezionatore, **PDIS** protezione distanziometrica.

ACSI

L'**IEC-61850** si basa sulla definizione di **astrazione** di dati e servizi: cioè specifica **oggetti e servizi astratti** di comunicazione che permettono di scrivere un'applicazione indipendentemente dai protocolli tradizionali.

Il modello **Abstract Communication Service Interface (ACSI)**:

- Definisce l'insieme di servizi e le risposte a quei servizi che rendono gli IED uguali dal punto di vista della rete;
- É mappato sui servizi di uno specifico protocollo in base a quanto specificato da una procedura standardizzata specifica, **Specific Communication Service Mapping (SCSM)**;
- Interpreta dati e attributi dei vari elementi garantendo l'interoperabilità;
- Data objects comuni portano alla definizione di **Common Data Classes (CDC)** che definiscono informazioni strutturate (dati e attributi associati a un nodo logico).

Livelli ISO/OSI

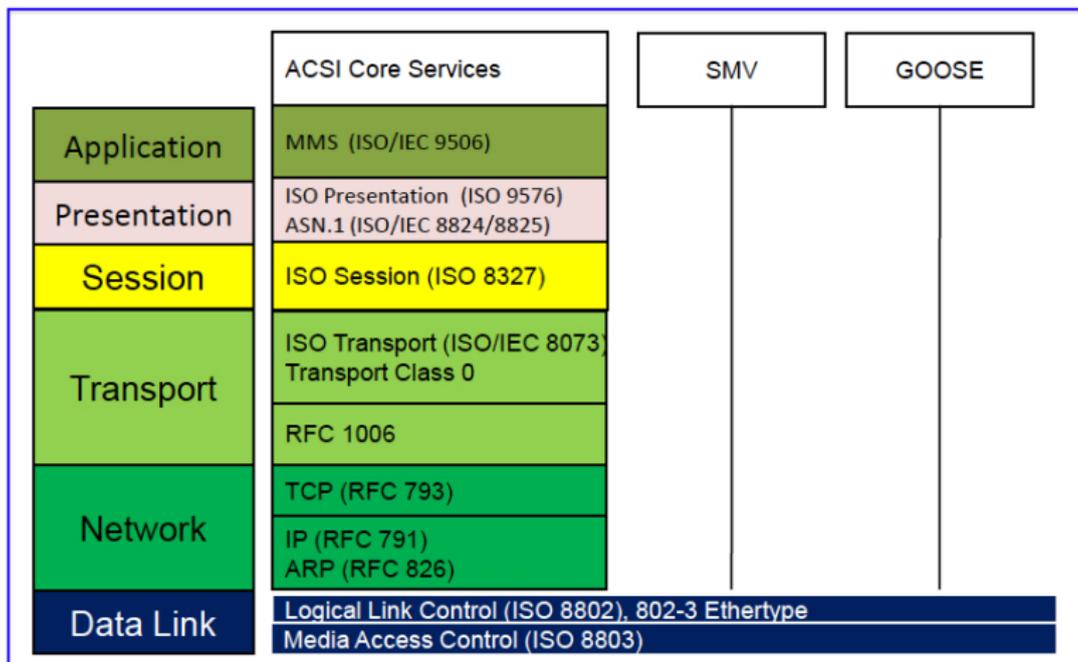


Figura: Livelli ISO/OSI [5].

MMS

Gli oggetti e i servizi definiti dall'ACSI vengono implementati attraverso il protocollo ***ISO-9560 Manufacturing Message Specification (MMS)***. Le sue caratteristiche sono:

- Si tratta di un protocollo flessibile in grado di supportare funzioni complesse e la logica a oggetti ACSI;
- È definito al livello 7 di Application ISO/OSI;
- Sfrutta i protocolli TCP/IP al livello 3 di Network ISO/OSI;
- Sfrutta Ethernet a livello 2 di Data Link ISO/OSI;
- Definisce i messaggi di comunicazione tra i centri di controllo o tra le stazioni e centri di controllo (es. lettura o scrittura delle variabili di processo).

SCL

Il concetto di astrazione e standardizzazione presuppone l'uso di un linguaggio comune di configurazione. IEC-61850 si serve di un linguaggio XML basato sulla struttura ***Substation Configuration Language (SCL)***. L'uso di un linguaggio standard offre i seguenti vantaggi:

- Garantisce interoperabilità tra gli IED tradizionali che sfruttano protocolli diversi;
- Permette una configurazione unica e automatica dei dispositivi;
- Riduce la componente di errore dovuta all'intervento umano nella gestione dei vari IED;
- Consente una maggiore *trasportabilità*, nel senso che ciascun IED, che supporta l'IEC-61850, presenta un file SCL che definisce la configurazione di un certo tipo di dispositivo, con funzioni specifiche.

Esempio

Consideriamo una tipica sottostazione: IEC-61850 implementa una *virtualizzazione* del mondo reale, definendo degli oggetti e delle classi di attributi.

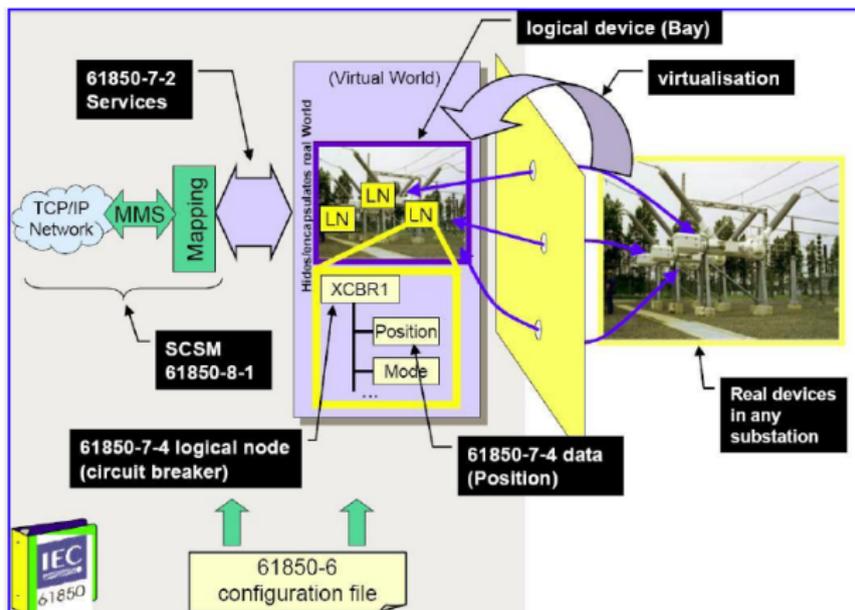


Figura: Esempio di utilizzo di IEC-61850 [5].

Gli elementi fisici del sistema sono definiti come nodi logici (LN) e a ciascuno di essi viene assegnato un nome e una serie di informazioni (Data classes):

- Informazioni comuni indipendenti dalla funzione del nodo logico (es. posizione);
- Proprietà specifiche del nodo logico;
- Status (es. ON/OFF);
- Valori misurabili (es. tensioni, correnti, etc);
- Control-data.

In un formato standard, per indicare specifiche informazioni relative allo status o alla posizione di un dispositivo, il nome dell'oggetto in esame è definito nel modo seguente.

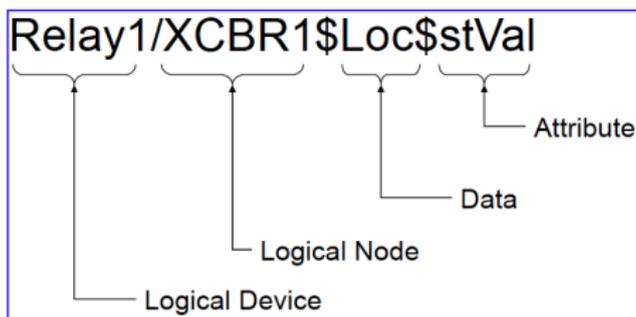


Figura: Esempio di nome di un oggetto [5].

Modello di una sottostazione

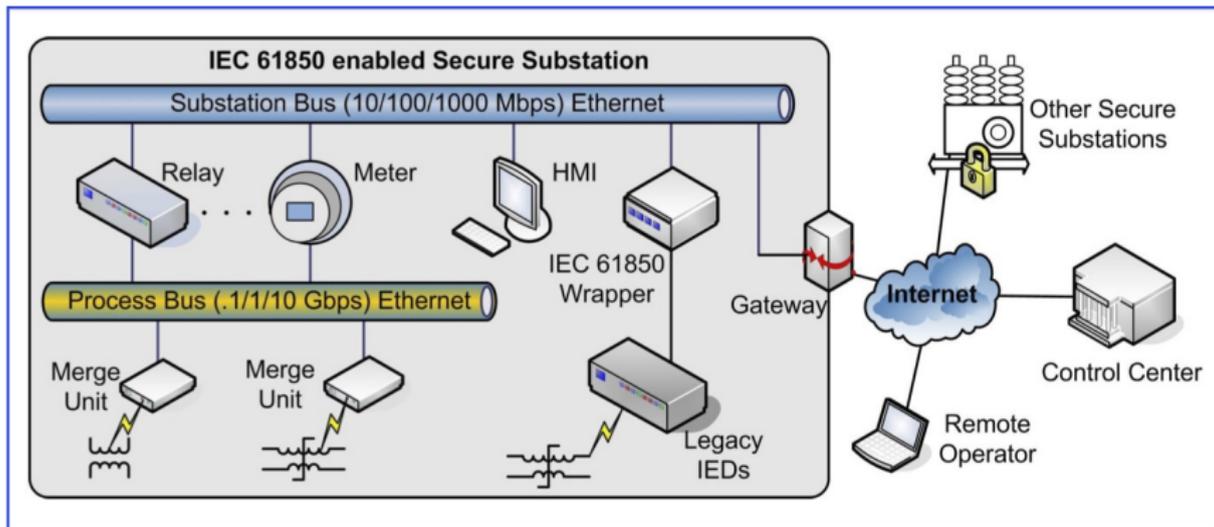


Figura: Architettura del sistema con lo standard IEC-61850 [5].

Gli elementi fondamentali dello schema sono:

Merging Unit A livello di processo, i dati, raccolti da sensori ottici, elettronici, da TV e TA, sui valori di tensione e corrente o sullo status dei componenti, sono raccolti e digitalizzati da Merging Unit (MU). Queste ultime sono generalmente localizzate sul campo o in corrispondenza del centro di controllo.

Intelligent Electronic Devices Gli IED che supportano il protocollo IEC-61850 comunicano attraverso le MU e un bus di processo Ethernet a 10 Gbps. Il bus di processo supporta Ethernet Virtual LAN (VLAN) per stabilire la priorità delle informazioni raccolte.

IEC-61850 Wrapper Gli IED tradizionali che non supportano il protocollo IEC-61850, utilizzano un wrapper che adegua i protocolli tradizionali a quello nuovo standardizzando l'informazione.

Process Bus e Station Bus Le MU comunicano al bay level attraverso un bus di processo a 10Gbps mentre tutti i nodi logici (IED) comunicano attraverso un bus Ethernet a 100Mbps.

Gateway e Internet Sottostazioni diverse comunicano tra loro attraverso la rete Internet: un gateway permette di collegarsi alla rete e accedere alle informazioni da un centro di controllo o da remoto seguendo una procedura che garantisca robustezza e sicurezza del sistema.

La vita utile di impianto delle sottostazioni e delle rispettive strumentazioni si può valutare nell'ordine di alcune decine di anni: IEC-61850 crea un'interfaccia ideale in riferimento a strumentazioni e protocolli attualmente implementati nelle sottostazioni al fine di consentire la continuità di utilizzo dei dispositivi già presenti.

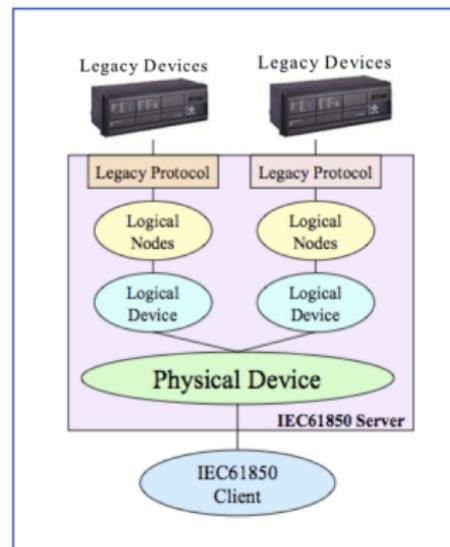


Figura: Interfaccia con protocolli tradizionali [4].

Tools

Lo standard **IEC-61850** si serve dei seguenti strumenti per la gestione delle informazioni:

- Generic Substation Event (GSE);
 - Generic Object Oriented Substation Event (GOOSE);
 - Generic Substation State Event (GSSE).
- Sampled Measured Values (SMV);
- Time Synchronization;
- Reporting e logging.

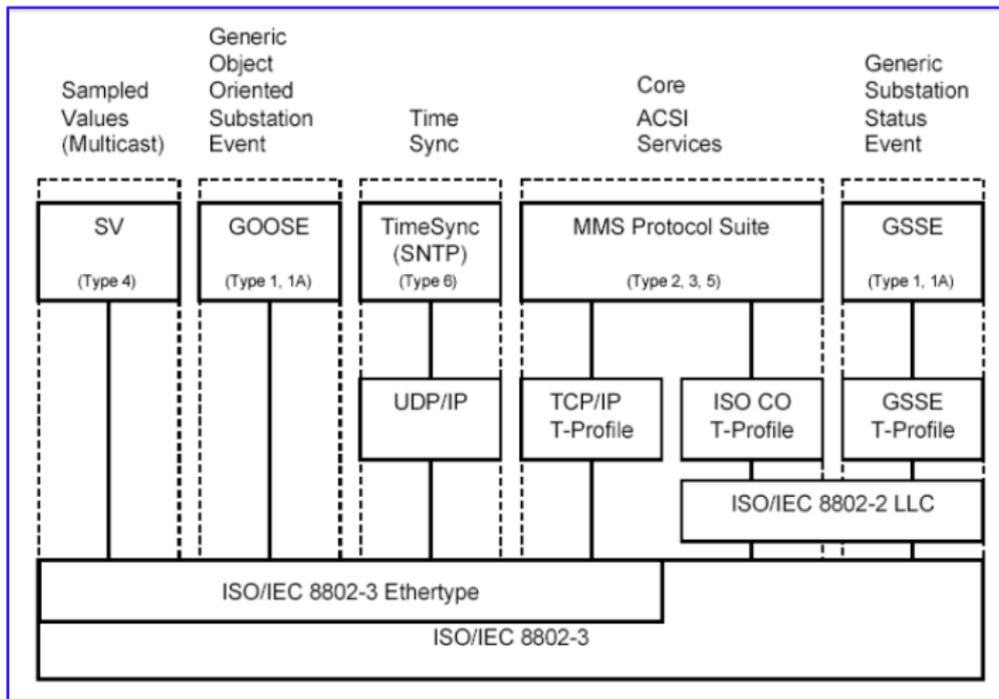


Figura: Tools di IEC-61850 [4].

GSE

Protocollo che fornisce uno strumento veloce ed affidabile per la segnalazione di *eventi* all'interno della sottostazione.

Evento Cambiamento di stato degli oggetti (es. comandi, cambiamenti di stato, allarmi, etc).

Le caratteristiche principali sono:

- Servizio *multicast/broadcast* con modello di comunicazione *publisher/subscriber*.
- I messaggi vengono trasmessi in formato binario (maggiore brevità dei dati, elevata velocità di codifica/decodifica).

Il GSE prevede due modelli di servizio:

- Generic Object Oriented Substation Event (GOOSE);
- Generic Substation State Event (GSSE).

GSE

Protocollo che fornisce uno strumento veloce ed affidabile per la segnalazione di *eventi* all'interno della sottostazione.

Evento Cambiamento di stato degli oggetti (es. comandi, cambiamenti di stato, allarmi, etc).

Le caratteristiche principali sono:

- Servizio *multicast/broadcast* con modello di comunicazione *publisher/subscriber*.
- I messaggi vengono trasmessi in formato binario (maggiore brevità dei dati, elevata velocità di codifica/decodifica).

Il GSE prevede due modelli di servizio:

- Generic Object Oriented Substation Event (GOOSE);
- Generic Substation State Event (GSSE).

GSE

Protocollo che fornisce uno strumento veloce ed affidabile per la segnalazione di *eventi* all'interno della sottostazione.

Evento Cambiamento di stato degli oggetti (es. comandi, cambiamenti di stato, allarmi, etc).

Le caratteristiche principali sono:

- Servizio **multicast/broadcast** con modello di comunicazione **publisher/subscriber**.
- I messaggi vengono trasmessi in formato binario (maggiore brevità dei dati, elevata velocità di codifica/decodifica).

Il GSE prevede due modelli di servizio:

- Generic Object Oriented Substation Event (GOOSE);
- Generic Substation State Event (GSSE).

GOOSE

Le caratteristiche principali sono:

- I dati, di vari formati (stati, valori), vengono raggruppati in *data set* e trasmessi entro un periodo di *4ms*;
- Progettato per essere *brand independent*;
- Implementato direttamente in **Ethernet (ISO/OSI 2)**: i messaggi GOOSE sono inviati direttamente al livello **Data link**;
- Utilizza **Virtual LAN (VLAN)**: stabilisce più network virtuali sulla stessa rete fisica e determina livelli di priorità per i messaggi;
- Consente la ritrasmissione dei messaggi: un identificativo indica se il messaggio è nuovo o ritrasmesso.

Le caratteristiche principali sono:

- Implementa il servizio di segnalazione di eventi (GOOSE) di **UCA2.0**;
- Viene utilizzato per lo scambio di informazioni sui soli cambiamenti di stato;
- I messaggi sono costituiti da una serie di bit che rappresentano liste di stati (formato più semplice rispetto a GOOSE);
- Utilizza un protocollo per livello di trasporto specifico (**GSSE T-profile**);
- Necessità di maggiore tempo di trasmissione rispetto a GOOSE.

SMV

Protocollo per lo scambio di dati e la trasmissione di misure prodotte dai trasduttori delle sottostazioni: permette lo scambio di segnali tra gli IED. Come per GOOSE è mappata direttamente in **Ethernet (livello ISO/OSI 2)** per garantire una maggiore velocità nel trasferimento dei messaggi.

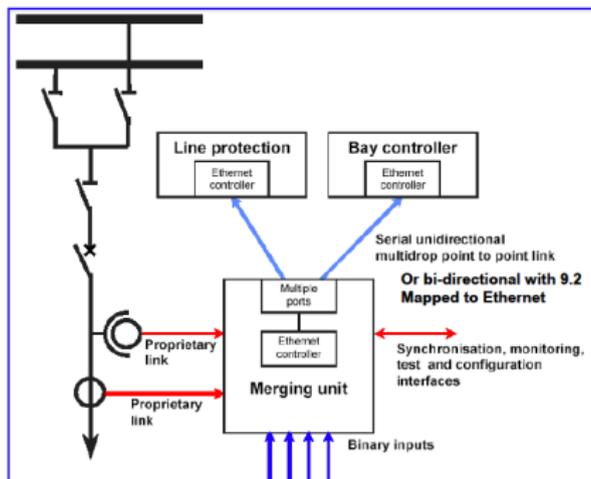


Figura: Simple Measured Values concept [4].

Sono previsti due metodi di comunicazione:

SV over Serial Unidirectional Multidrop Point-to-Point fixed link Sistema di comunicazione unidirezionale, specifica una serie preconfigurata di dataset (es. tensioni trifase, tensione di neutro, correnti trifase per misura e per protezione, etc). I valori analogici vengono codificati a 16 bit.

SV over Ethernet Versione più generica e flessibile di SV, fornisce la possibilità di definire dataset con valori di diversa dimensione e tipo, configurabili dall'utente per mezzo di SCL. Modello di comunicazione *publisher/subscriber* con possibilità di *multi-casting*.

Sono previsti due metodi di comunicazione:

- SV over Serial Unidirectional Multidrop Point-to-Point fixed link** Sistema di comunicazione unidirezionale, specifica una serie preconfigurata di dataset (es. tensioni trifase, tensione di neutro, correnti trifase per misura e per protezione, etc). I valori analogici vengono codificati a 16 bit.
- SV over Ethernet** Versione più generica e flessibile di SV, fornisce la possibilità di definire dataset con valori di diversa dimensione e tipo, configurabili dall'utente per mezzo di SCL. Modello di comunicazione ***publisher/subscriber*** con possibilità di ***multi-casting***.

Time Synchronization

Servizio di sincronizzazione dei clock locali fondamentale per applicazioni real-time (es. timestamp associati a misure o eventi).

Le caratteristiche principali sono:

- È implementato con protocolli UDP/IP;
- Utilizza un subset di *Network Time Protocol (NTP)* con riferimento al *Universal Coordinated Time (UTC)*.

Il *Network Time Protocol (NTP)* è il protocollo tipicamente utilizzato per sincronizzare i clock di computer collegati ad Internet e LAN.

Le sue caratteristiche sono:

- Organizzazione client-server stratificata;
- È basato sullo scambio di messaggi UDP tra i client, che richiedono le informazioni di sincronizzazione, e il server che le fornisce;
- Garantisce una accuratezza di $10ms$ per computer collegati ad Internet, mentre di $200\mu s$ per computer in rete locale.

Correzione del clock:

- 1 Il nodo N_1 invia il messaggio contenente il timestamp T_1 ;
- 2 N_2 lo riceve e lo associa al timestamp T_2 ;
- 3 Dopo l'elaborazione, N_2 risponde con un messaggio nel quale viene inserito il timestamp T_3 ;
- 4 N_1 riceve il messaggio e lo associa al timestamp T_4 . Quando il messaggio torna a N_1 esso contiene tutti i timestamp precedenti T_1, T_2, T_3 .

Vengono calcolati i seguenti valori:

Round trip delay $\delta = (T_2 - T_1) - (T_3 - T_4)$

$$\text{Offset } \theta = \frac{(T_2 - T_1) + (T_3 - T_4)}{2}$$

Il tempo del client è indicato dall'offset: è la correzione che più probabilmente fornisce l'aggiustamento corretto per la sincronizzazione del client. La correzione ottimale del clock è compresa nell'intervallo $\theta \pm \frac{\delta}{2}$ ma non è conoscibile con maggior precisione.

Correzione del clock:

- 1 Il nodo N_1 invia il messaggio contenente il timestamp T_1 ;
- 2 N_2 lo riceve e lo associa al timestamp T_2 ;
- 3 Dopo l'elaborazione, N_2 risponde con un messaggio nel quale viene inserito il timestamp T_3 ;
- 4 N_1 riceve il messaggio e lo associa al timestamp T_4 . Quando il messaggio torna a N_1 esso contiene tutti i timestamp precedenti T_1, T_2, T_3 .

Vengono calcolati i seguenti valori:

Round trip delay $\delta = (T_2 - T_1) - (T_3 - T_4)$

$$\text{Offset } \theta = \frac{(T_2 - T_1) + (T_3 - T_4)}{2}$$

Il tempo del client è indicato dall'offset: è la correzione che più probabilmente fornisce l'aggiustamento corretto per la sincronizzazione del client. La correzione ottimale del clock è compresa nell'intervallo $\theta \pm \frac{\delta}{2}$ ma non è conoscibile con maggior precisione.

Reporting e logging

Report Strumento che permette di memorizzare cambiamenti di dati e attributi relativi ai nodi logici. Genera data set contenenti attributi di interesse notevole e richiede ai nodi logici in questione l'invio delle informazioni contestuali a variazione del sistema. Può contenere informazioni relative a più nodi logici.

Log È la registrazione degli eventi relativi a un dispositivo. I log vengono registrati in un server e, a differenza del report, i dispositivi logici creano al loro interno un database di eventi senza inviarne notifica.

Reporting e logging

- Report** Strumento che permette di memorizzare cambiamenti di dati e attributi relativi ai nodi logici. Genera data set contenenti attributi di interesse notevole e richiede ai nodi logici in questione l'invio delle informazioni contestuali a variazione del sistema. Può contenere informazioni relative a più nodi logici.
- Log** É la registrazione degli eventi relativi a un dispositivo. I log vengono registrati in un server e, a differenza del report, i dispositivi logici creano al loro interno un database di eventi senza inviarne notifica.

Esempio

Consideriamo l'insorgere di un evento che porta all'apertura di un interruttore presente in una sottostazione. A livello virtuale la gestione di una *situazione critica* viene gestita dai servizi di ACSI.

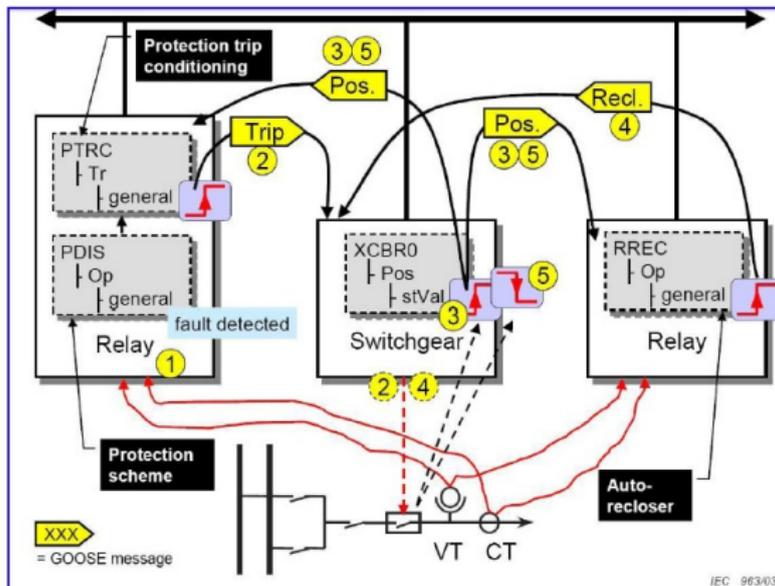


Figura: Comunicazione tra IED mediante i servizi di ACSI [5].

All'interno della stazione avviene uno scambio di informazioni, ad esempio sui valori delle grandezze fisiche, attraverso il servizio **SV** e di cambiamenti di stato attraverso il servizio **GOOSE** secondo le seguenti procedure:

- 1 La protezione PDIS individua il guasto;
- 2 La protezione PTRC invia un comando di *Trip* al nodo logico XCBR0 (interruttore), per cui avviene l'apertura;
- 3 L'informazione con il nuovo status viene inviata agli elementi della sottostazione e attraverso il servizio di **Report** e poi **MMS** inviata al centro di controllo;
- 4 RREC (autorichiusura) invia un comando di *Riclose* a XCBR0 in accordo con la configurazione iniziale;
- 5 XCBR0 riceve un messaggio GOOSE con il comando di richiusura per cui si richiude l'interruttore. A sua volta invia un messaggio GOOSE con il nuovo status e la posizione.

Tecnologie di comunicazione

Le principali tecnologie di comunicazione di ausilio allo standard **IEC-61850** sono:

- Power Line Carrier (PLC);
- Internet;
- WiFi;
- WiMAX.



Figura: Principali tecnologie di comunicazione.

PLC e Internet

PLC Utilizza come mezzo fisico le linee di potenza già presenti sovrapponendovi segnali a frequenze elevate (kHz). Se da una parte non richiede la realizzazione di nuove strutture un limite è dovuto alla presenza di disturbi che possono corrompere le informazioni e alla continuità del servizio che non è più garantita in caso di guasti o sezionamenti nella rete.

Internet È il mezzo di comunicazione più diffuso e accessibile. Non richiede installazione di una effettiva rete fisica ma solo del collegamento alla rete telefonica. Possibili limiti sono legati alla necessità di garantire la sicurezza dei dati e dei processi, e ai tempi di risposta richiesti da applicazione real time.

PLC e Internet

PLC Utilizza come mezzo fisico le linee di potenza già presenti sovrapponendovi segnali a frequenze elevate (kHz). Se da una parte non richiede la realizzazione di nuove strutture un limite è dovuto alla presenza di disturbi che possono corrompere le informazioni e alla continuità del servizio che non è più garantita in caso di guasti o sezionamenti nella rete.

Internet È il mezzo di comunicazione più diffuso e accessibile. Non richiede installazione di una effettiva rete fisica ma solo del collegamento alla rete telefonica. Possibili limiti sono legati alla necessità di garantire la sicurezza dei dati e dei processi, e ai tempi di risposta richiesti da applicazione real time.

WiFi e WiMAX

Wi-Fi e **WiMAX** sono protocolli di comunicazione relativi ai livelli **ISO/OSI 1 e 2** che utilizzano, come mezzo fisico, onde radio (**wireless**).

WiFi Basato sullo standard **802.11**:

- Utilizza bande di frequenza libere;
- Ha una copertura che varia da alcune decine di metri a qualche centinaia;
- La frequenza di trasmissione è di 2,4 o 5GHz;
- La velocità di trasferimento dati è di $54 \div 125Mbps$;
- L'accesso a mezzo fisico è di tipo **CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)** e il canale wireless è quindi half-duplex.

WiMAX Basato sullo standard **WiMAN 802.16**:

- Utilizza sia le bande libere che quelle licenziate;
- Ha una copertura dell'ordine dei chilometri;
- La frequenza di trasmissione è di $2 \div 11GHz$ per utenza fissa e $2 \div 6GHz$ per utenza mobile;
- La velocità di trasferimento dati è di $75Mbps$.

WiFi e WiMAX

Wi-Fi e **WiMAX** sono protocolli di comunicazione relativi ai livelli **ISO/OSI 1 e 2** che utilizzano, come mezzo fisico, onde radio (**wireless**).

WiFi Basato sullo standard **802.11**:

- Utilizza bande di frequenza libere;
- Ha una copertura che varia da alcune decine di metri a qualche centinaia;
- La frequenza di trasmissione è di 2,4 o 5GHz;
- La velocità di trasferimento dati è di $54 \div 125Mbps$;
- L'accesso a mezzo fisico è di tipo **CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)** e il canale wireless è quindi half-duplex.

WiMAX Basato sullo standard **WiMAN 802.16**:

- Utilizza sia le bande libere che quelle licenziate;
- Ha una copertura dell'ordine dei chilometri;
- La frequenza di trasmissione è di $2 \div 11GHz$ per utenza fissa e $2 \div 6GHz$ per utenza mobile;
- La velocità di trasferimento dati è di $75Mbps$.

WiFi e WiMAX

Wi-Fi e **WiMAX** sono protocolli di comunicazione relativi ai livelli **ISO/OSI 1** e **2** che utilizzano, come mezzo fisico, onde radio (**wireless**).

WiFi Basato sullo standard **802.11**:

- Utilizza bande di frequenza libere;
- Ha una copertura che varia da alcune decine di metri a qualche centinaia;
- La frequenza di trasmissione è di 2,4 o 5GHz;
- La velocità di trasferimento dati è di $54 \div 125Mbps$;
- L'accesso a mezzo fisico è di tipo **CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)** e il canale wireless è quindi half-duplex.

WiMAX Basato sullo standard **WiMAN 802.16**:

- Utilizza sia le bande libere che quelle licenziate;
- Ha una copertura dell'ordine dei chilometri;
- La frequenza di trasmissione è di $2 \div 11GHz$ per utenza fissa e $2 \div 6GHz$ per utenza mobile;
- La velocità di trasferimento dati è di $75Mbps$.

Benefici e limiti

- WiMAX presenta un set di frequenze più ampio per cui l'uso delle bande licenziate è indicato per coprire aree dense e competitive, dove l'interferenza rappresenta un problema importante, mentre le bande libere sono indicate per coprire aree ristrette, per limitare interferenze e costi iniziali.
- WiMAX rispetto a Wi-Fi risulta superiore sotto due aspetti: la velocità di trasmissione e il range di copertura delle celle, per cui è adatto a una trasmissione sia di tipo urbano che rurale (*last mile*).
- WiMAX presenta tempi di latenza bassi dell'ordine di 10ms.
- Mentre Wi-Fi risulta più adatto all'accesso ad una rete locale, WiMAX è adatto per l'accesso punto-multipunto alla banda larga.
- Per entrambe le tecnologie risulta importante la visibilità delle antenne, in caso contrario il range tende a decadere rapidamente, anche se decisamente meno nel caso WiMAX.
- Intrinseco di WiMAX è il **QoS (Quality of Services)** e una maggiore sicurezza: prioritizza e ottimizza il traffico e, a differenza del Wi-Fi, implementa diverse tecniche di crittografia, sicurezza ed autenticazione contro le intrusioni.

Una delle esigenze principali di una Smart Grid è quella di realizzare una rete di comunicazione **WAN (Wide Area Network)**.

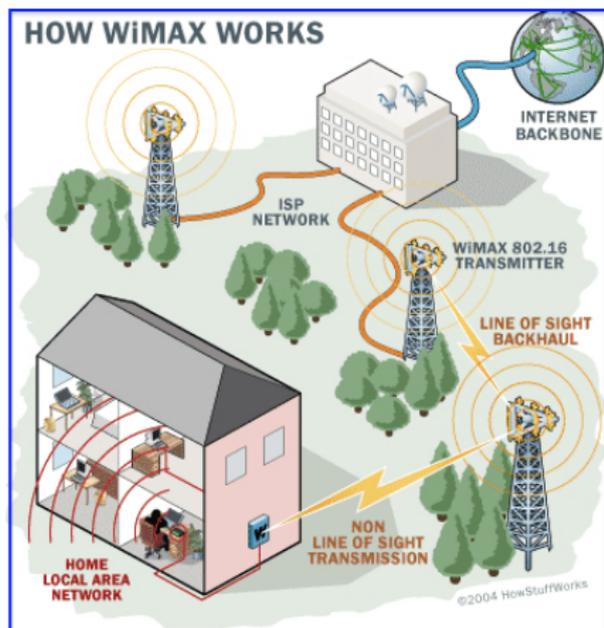


Figura: WiMAX concept, <http://www.wi-max.it/>.

Soluzione

WiMAX è una tecnologia in grado di integrarsi con quelle presenti, soddisfacendo diverse tra le specifiche imposte da una tipica Smart Grid:

- Massima accessibilità e interoperabilità;
- Tempi di latenza inferiori ai 50ms;
- Larghezza di banda 5MHz;
- Throughput di 1 ÷ 4Mbps.

Una delle esigenze principali di una Smart Grid è quella di realizzare una rete di comunicazione **WAN (Wide Area Network)**.

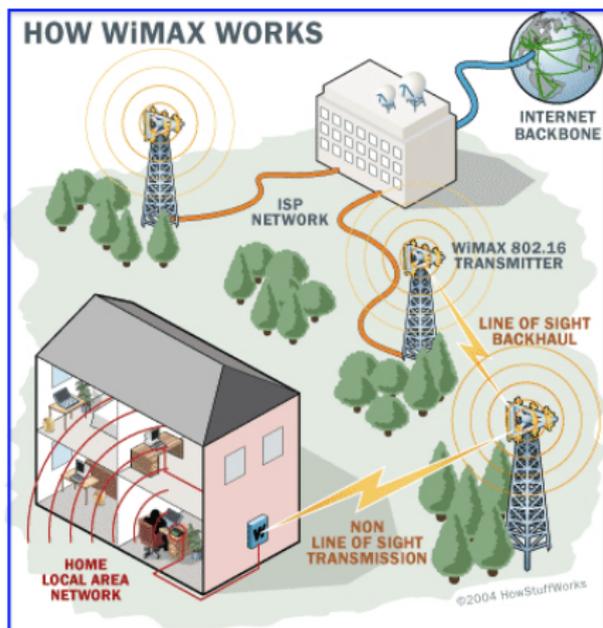


Figura: WiMAX concept, <http://www.wi-max.it/>.

Soluzione

WiMAX è una tecnologia in grado di integrarsi con quelle presenti, soddisfacendo diverse tra le specifiche imposte da una tipica Smart Grid:

- Massima accessibilità e interoperabilità;
- Tempi di latenza inferiori ai 50ms;
- Larghezza di banda 5MHz;
- Throughput di 1 ÷ 4Mbps.

Conclusioni

Rispetto alle esigenze della Smart Grid, IEC-61850 soddisfa i seguenti requisiti:

- Garantisce l'interoperabilità tra gli elementi tipici di una rete, appartenenti a produttori diversi, fornendo uno strumento di comunicazione adeguato e aperto;
- Garantisce la flessibilità richiesta in termini di possibili evoluzioni del sistema facilmente implementabili e fornisce un linguaggio comune per la condivisione delle informazioni;
- Supporta servizi (GOOSE, GSSE, SMV) che garantiscono le prestazioni richieste da applicazioni real-time tipiche della gestione della rete elettrica;
- Riduce i costi di configurazione, installazione e trasportabilità della strumentazione.

Limiti

- Presenta costi relativamente elevati per l'installazione dei server e dei dispositivi atti alla gestione globale dei dati;
- Non definisce tutti i livelli di comunicazione e, adeguandosi a protocolli esistenti, ne presenta alcuni limiti;
- L'architettura, sebbene non sia richiesta una configurazione manuale, si presenta piuttosto complessa e articolata.

Conclusioni

Rispetto alle esigenze della Smart Grid, IEC-61850 soddisfa i seguenti requisiti:

- Garantisce l'interoperabilità tra gli elementi tipici di una rete, appartenenti a produttori diversi, fornendo uno strumento di comunicazione adeguato e aperto;
- Garantisce la flessibilità richiesta in termini di possibili evoluzioni del sistema facilmente implementabili e fornisce un linguaggio comune per la condivisione delle informazioni;
- Supporta servizi (GOOSE, GSSE, SMV) che garantiscono le prestazioni richieste da applicazioni real-time tipiche della gestione della rete elettrica;
- Riduce i costi di configurazione, installazione e trasportabilità della strumentazione.

Limiti

- Presenta costi relativamente elevati per l'installazione dei server e dei dispositivi atti alla gestione globale dei dati;
- Non definisce tutti i livelli di comunicazione e, adeguandosi a protocolli esistenti, ne presenta alcuni limiti;
- L'architettura, sebbene non sia richiesta una configurazione manuale, si presenta piuttosto complessa e articolata.

Conclusioni

Rispetto alle esigenze della Smart Grid, IEC-61850 soddisfa i seguenti requisiti:

- Garantisce l'interoperabilità tra gli elementi tipici di una rete, appartenenti a produttori diversi, fornendo uno strumento di comunicazione adeguato e aperto;
- Garantisce la flessibilità richiesta in termini di possibili evoluzioni del sistema facilmente implementabili e fornisce un linguaggio comune per la condivisione delle informazioni;
- Supporta servizi (GOOSE, GSSE, SMV) che garantiscono le prestazioni richieste da applicazioni real-time tipiche della gestione della rete elettrica;
- Riduce i costi di configurazione, installazione e trasportabilità della strumentazione.

Limiti

- Presenta costi relativamente elevati per l'installazione dei server e dei dispositivi atti alla gestione globale dei dati;
- Non definisce tutti i livelli di comunicazione e, adeguandosi a protocolli esistenti, ne presenta alcuni limiti;
- L'architettura, sebbene non sia richiesta una configurazione manuale, si presenta piuttosto complessa e articolata.

Conclusioni

Rispetto alle esigenze della Smart Grid, IEC-61850 soddisfa i seguenti requisiti:

- Garantisce l'interoperabilità tra gli elementi tipici di una rete, appartenenti a produttori diversi, fornendo uno strumento di comunicazione adeguato e aperto;
- Garantisce la flessibilità richiesta in termini di possibili evoluzioni del sistema facilmente implementabili e fornisce un linguaggio comune per la condivisione delle informazioni;
- Supporta servizi (GOOSE, GSSE, SMV) che garantiscono le prestazioni richieste da applicazioni real-time tipiche della gestione della rete elettrica;
- Riduce i costi di configurazione, installazione e trasportabilità della strumentazione.

Limiti

- Presenta costi relativamente elevati per l'installazione dei server e dei dispositivi atti alla gestione globale dei dati;
- Non definisce tutti i livelli di comunicazione e, adeguandosi a protocolli esistenti, ne presenta alcuni limiti;
- L'architettura, sebbene non sia richiesta una configurazione manuale, si presenta piuttosto complessa e articolata.

Conclusioni

Rispetto alle esigenze della Smart Grid, IEC-61850 soddisfa i seguenti requisiti:

- Garantisce l'interoperabilità tra gli elementi tipici di una rete, appartenenti a produttori diversi, fornendo uno strumento di comunicazione adeguato e aperto;
- Garantisce la flessibilità richiesta in termini di possibili evoluzioni del sistema facilmente implementabili e fornisce un linguaggio comune per la condivisione delle informazioni;
- Supporta servizi (GOOSE, GSSE, SMV) che garantiscono le prestazioni richieste da applicazioni real-time tipiche della gestione della rete elettrica;
- Riduce i costi di configurazione, installazione e trasportabilità della strumentazione.

Limiti

- Presenta costi relativamente elevati per l'installazione dei server e dei dispositivi atti alla gestione globale dei dati;
- Non definisce tutti i livelli di comunicazione e, adeguandosi a protocolli esistenti, ne presenta alcuni limiti;
- L'architettura, sebbene non sia richiesta una configurazione manuale, si presenta piuttosto complessa e articolata.

Conclusioni

Rispetto alle esigenze della Smart Grid, IEC-61850 soddisfa i seguenti requisiti:

- Garantisce l'interoperabilità tra gli elementi tipici di una rete, appartenenti a produttori diversi, fornendo uno strumento di comunicazione adeguato e aperto;
- Garantisce la flessibilità richiesta in termini di possibili evoluzioni del sistema facilmente implementabili e fornisce un linguaggio comune per la condivisione delle informazioni;
- Supporta servizi (GOOSE, GSSE, SMV) che garantiscono le prestazioni richieste da applicazioni real-time tipiche della gestione della rete elettrica;
- Riduce i costi di configurazione, installazione e trasportabilità della strumentazione.

Limiti

- Presenta costi relativamente elevati per l'installazione dei server e dei dispositivi atti alla gestione globale dei dati;
- Non definisce tutti i livelli di comunicazione e, adeguandosi a protocolli esistenti, ne presenta alcuni limiti;
- L'architettura, sebbene non sia richiesta una configurazione manuale, si presenta piuttosto complessa e articolata.

Grazie per l'attenzione

Riferimenti bibliografici



ProSoft Technology.

IEC-61850: A protocol with powerful potential.

ProSoft Technology., gen. 2009.



Manuel Sánchez Jiménez.

European Task Force for Smart Grids and the way forward.

In Metering International lussue, pages 76-78, mar. 2011.



L. Capetta.

Distribuzione elettrica e generazione distribuita; Tecnologie e sistemi di comunicazione per il controllo di generatori distribuiti e reti.

CESI, may 2010.



D. Baigent, M. Adamiak, R. Mackiewicz.

lec 61850 - communication networks and systems in substation: an overview for users.

GE Multilin, SISCO, jan. 2010.



Carl A. Gunter Jianquing Zhang.

lec 61850 - communication networks and systems in substation: an overview of computer science.

University of Illinois at Urbana Champaign, jan. 2010.



R. Mackiewicz.

Benefits of IEC61850 Networking.

SISCO Inc., Marketing Subcommittee Chair, UCA International Users Group, feb. 2010.



Modbus.

MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide V1.0b.

Modbus-IDA, oct. 2006.



European Commission.

ICT for a Low Carbon Economy Smart Electricity Distribution Networks.

European Commission Information Society and Media., jul. 2009.



McDonnel Burns.

Implementing Smart Grid Communications: Managing Mountains of Data Opens Up New Challenges for Electric Utilities.

TECHBriefs, No. 4, jan. 2008.



A. Bertani.

IEC 61850 driver per l'evoluzione dei bus di comunicazione nelle stazioni elettriche.

CESI, oct. 2009.



V.K. Sood, D. Fischer, J.M. Eklund, and T. Brown.

I Developing a communication infrastructure for the smart grid.

In Electrical Power Energy Conference (EPEC), 2009 IEEE, pages 1 –7, oct. 2009.