

Nessuna rete “smart” senza un’infrastruttura di comunicazione altrettanto intelligente

Fabio Campagna
R&D project leader Selta s.p.a

1. INTRODUZIONE

Nel periodo 2005-2012 sono stati investiti dalla comunità europea 1.8 Miliardi di Euro in 281 progetti di ricerca e sviluppo sulle Smart Grid[1]. Il 42,5% dei fondi stanziati hanno riguardato i settori della gestione della rete di distribuzione e della generazione distribuita (Smart Network Managed & Integration of DER) nell’ottica di uno sviluppo di un “intelligenza” di rete in grado di apportare una maggiore efficienza nel dispacciamento dell’energia prodotta in maniera intermittente dalle fonti rinnovabili di tipo eolico e solare-fotovoltaico, una adozione massiva di sistemi per lo stoccaggio dell’energia e nuove opportunità nella gestione attiva tra la domanda di energia e la produzione diffusa. Nello stesso periodo 2005-2012 in Italia si è passati dal 2,4% all’ 12,3% (dati Terna) sull’offerta totale di energia elettrica per la produzione di tipo eolico e fotovoltaico. L’incremento dell’offerta di energia proveniente da fonti rinnovabili sta rivoluzionando il settore della distribuzione dell’energia elettrica.

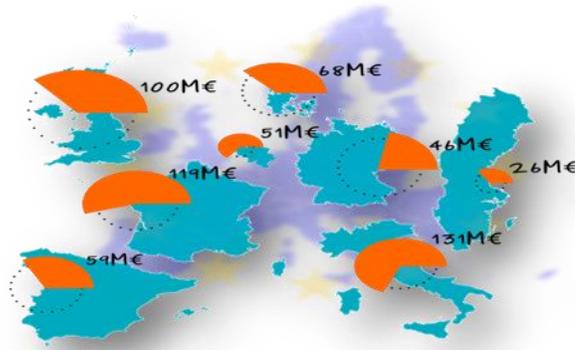


Figura 1 Investimenti europei nei settori di ricerca Smart Network Managed & Integration of DER (periodo 2005-2012)

Fino a pochi anni fa la rete elettrica doveva gestire un flusso di energia di tipo unidirezionale generato da pochi centri di produzione ed instradato attraverso un sistema gerarchico di trasmissione-distribuzione; la recente diffusione di impianti di generazione da fonti rinnovabili (GD) ha comportato, da parte dei gestori delle reti di distribuzione, una gestione di un flusso di energia bidirezionale che richiederà l’ utilizzo di una nuova struttura di telecomunicazione in grado di gestire un flusso dati di tipo bidirezionale per il controllo e la misura dei parametri di rete nelle cabine secondarie MT/BT sottese da una o più sottostazioni AT/MT. Per la realizzazione di questi obiettivi gli investimenti nella ricerca dovranno portare nei prossimi anni

ad un maggiore sviluppo nel controllo e nell'osservabilità di tutti gli elementi che costituiscono la rete di distribuzione.

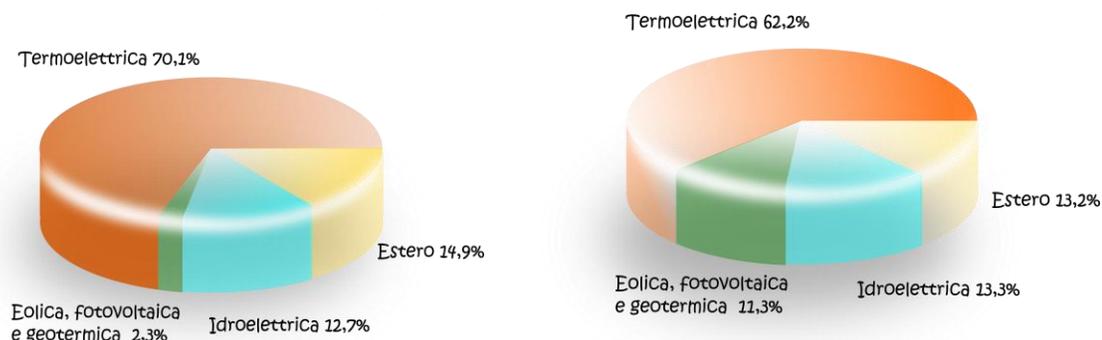


Figura 2 Composizione percentuale dell'offerta nazionale di energia elettrica anni 2005 e 2012

Le operazioni di controllo delle protezioni automatiche e della gestione del dispacciamento e dello stoccaggio dell'energia sulla rete di distribuzione richiedono, in termini di conoscenza dei requisiti di comunicazione utili per il dimensionamento di un'infrastruttura di comunicazione, la stima del volume dei dati scambiati e del massimo ritardo ammissibile nella consegna dei messaggi. Sia in ambito Europeo[2] che Americano[3] negli ultimi anni si è cercato di realizzare una sintesi sui requisiti di telecomunicazione richiesti da una rete di distribuzione in grado di gestire la generazione diffusa ottenendo i dati riportati in Tabella 1.

	Transfer rate	Latency	Priority	Reliability	Availability
Inject energy surplus into the grid	1-5 Kb/s	5-60 s	Low	0.1-5%	80-90%
Produce maximum power	1-5 Kb/s	5-60 s	Low	< 0.01%	80-90%
Peak shaving	5-100 Kb/s	200ms-500ms	Medium	0.01-0.1%	90-99.9%
Anti-islanding	1-5 Kb/s	200ms-500ms	High	< 0.01%	99.9%
Voltage and reactive power regulation	5-100 Kb/s	0.5s-5s	High	< 0.01%	99.9%
Support island operation	5-100 Kb/s	200ms-500ms	High	< 0.01%	99.9%
Ensure correct operation of power system	5-100 Kb/s	200ms-500ms	High	< 0.01%	99.9%

Tabella 1 Requisiti di comunicazione per i servizi di una rete di distribuzione

Attualmente le infrastrutture di comunicazione impiegate per le sperimentazione delle nuove funzionalità di protezione e controllo lungo le linee di distribuzione MT sfruttano le tecnologie wireless WIMAX,LTE e WiFi e le tecnologie wireline su fibra ottica o BroadBand power line.

	Mobile network	Satellite networks	WLAN	PLC (CENELEC-A)
Inject energy surplus into the grid	Suitable	Suitable	Suitable	Suitable
Produce maximum power	Suitable	Suitable	Suitable	Suitable
Peak shaving	Partially suitable	Partially suitable	Suitable	Partially suitable
Anti-islanding	Partially suitable	Partially suitable	Suitable	Improper
Voltage and reactive power regulation	Suitable	Suitable	Suitable	Suitable
Support island operation	Improper	Improper	Suitable	Partially suitable
Ensure correct operation of power system	Improper	Improper	Partially suitable	Improper

Tabella 1 Confronto tra le differenti tecnologie di comunicazione utilizzati per i servizi di GD

La tecnologia wireless basata sullo standard LTE che gli operatori telefonici forniranno in un prossimo futuro potrà essere una valida soluzione per gestire le funzioni di monitoraggio, automazione e protezione della rete elettrica di distribuzione in contesti urbani fortemente sviluppati dove la rete pubblica di telefonia cellulare può fornire in termini di banda, latenza e accessibilità del servizio un valido supporto ai servizi richiesti. In ambito rurale, dove si trovano la maggior parte di installazioni per la generazione distribuita, non sempre l'accesso a questo tipo di tecnologia sarà disponibile o economicamente vantaggioso per cui nasce la necessità di utilizzare un vettore di comunicazione alternativo.

La creazione di una infrastruttura di telecomunicazione proprietaria basata su reti wireless (WiMax) o wireline (fibra ottica) pur avendo delle prestazioni adatte per la realizzazione di una rete di controllo per la Generazione Diffusa richiederanno un investimento non indifferente ed alti costi di manutenzione, poiché il gestore della rete di distribuzione si dovrà occupare anche della gestione di una propria rete di telecomunicazione. Gli svantaggi sulle soluzioni di rete sopra elencati non hanno permesso fino ad ora di passare da una sperimentazione localizzata su alcuni siti a prova ad un'adozione su larga scala di tali sistemi. Le tecnologie che sfruttano le linee di distribuzione di media tensione come vettore di comunicazione possono rappresentare quindi una valida alternativa in quei casi in cui le altre tecnologie non siano disponibili o non siano economicamente vantaggiose.

2. LE TECNOLOGIE PLC SULLA BASSA TENSIONE

Già da molti anni le società di distribuzione dell' energia elettrica, ad esempio ENEL ed ERDF, utilizzano la tecnologia sviluppata per la trasmissione dati sulle linee elettriche (PLC power line communication) per la lettura ed il controllo dei contatori sulle reti di bassa tensione su scala nazionale. In questo settore Enel distribuzione ha avuto un ruolo pionieristico attraverso il progetto Telegestione avviato nel 2001 e che ha portato alla sostituzione di 32 milioni di vecchi contatori elettromeccanici con nuovi contatori "intelligenti" in grado di essere telegestiti attraverso una rete di comunicazione integrata PLC/GSM. L'esperienza maturata in Italia da Enel è stata esportata in Spagna nell' ambito del progetto 'Telégestion' gestito da Endesa che prevederà la sostituzione di 13 milioni di contatori.

Nel settore dell' automazione e della misura dell' energia elettrica su linee di bassa tensione, che in ambito europeo viene conosciuta come "Smart metering" e viene estesa anche alla misura del consumo di gas e di acqua, la compagnia di distribuzione Francese ERDF ha avviato nel 2010 il progetto Linky all' interno del quale si è proceduto all' installazione di 200.000 nuovi contatori nelle zone di Fontaines-Saint-Martin e Saint-Cyr-sur-Loire. ERDF ha previsto di sostituire entro il 2020 il 95% dei vecchi contatori con i nuovi contatori 'intelligenti'[4].

Le bande di frequenza utilizzabili per i sistemi di comunicazione su linee elettriche in bassa tensione in europa sono quelli stabiliti dal CENELEC (Comité European de Normalisation Electrotechnique) nella normativa EN50065-1 del 1991. Tale normativa consente l' utilizzo di un range di frequenze che va da 3 kHz a 148 kHz suddiviso in quattro sottobande:

- Banda A (da 3Khz a 125 kHz) ad uso esclusivo delle industrie fornitrici di energia elettrica.
- Banda B (da 95 kHz a 125 khz) per sistemi che richiedono presenza continua di canale disponibile.
- Banda C (da 125 Khz a 140 Khz) per sistemi che funzionano in time sharing o a burst.
- Banda D (da 140 khz a 148,5 khz) per sistemi di sicurezza e antincendio.

In una prima fase dello sviluppo e applicazione su larga scala della comunicazione PLC su linee di bassa tensione non vi è stato un accordo su uno standard comune da adottare tra le società di distribuzione elettrica che hanno sponsorizzato i progetti. La necessità di trovare una standardizzazione o perlomeno una piattaforma comune che definisse l' utilizzo delle linee elettriche di bassa tensione per la trasmissione dati in ambito europeo ha portato alla nascita di un progetto europeo(2009-2011) denominato Openmeter (www.openmeter.com) il cui scopo è stato quello di definire una nuova serie completa di standard aperti e pubblici per l'AMI nell'ambito dell' energia elettrica, gas, acqua e teleriscaldamento, in base all'accordo di tutte le parti interessate in questo settore, e tenendo conto della condizioni reali delle reti di distribuzione in modo da consentire la sua completa attuazione.

Attualmente i due principali standard di comunicazione PLC su linee di bassa tensione sulla banda CENELEC (A-B-C-D) ed FCC sono :

- **PRIME**

Lo standard PRIME utilizza una modulazione OFDM su 97 sottoportanti equidistanziate(1 pilota e 96 dati) comprese nella banda compresa tra i 41,992 kHz e i 88,867 kHz (CENELEC A) . Per la trasmissione dati possono essere utilizzati tre diversi tipi di costellazioni per la modulazione

differenziale: DBPSK, DQPSK o D8PSK. Ciò permette una bit rate di 42.9kbps, 85.7 kbps e 128.6 kbps nel caso di canale ideale, in realtà a causa degli elevati livelli di rumore in banda cenelec tali bit rate sono difficilmente raggiungibili.

Transmission Band	42-89 kHz
Baseband sampling rate	250kHz
Subcarrier spacing	488.28125Hz
Number of subcarriers	256
FFT size	512 samples
Cyclic prefix length	48 samples
Number of data tones	84 (header) / 96 (payload)
Number of pilot tones	13 (header) / 1 (payload)
Subchannel constellation	Phase-shift keying (2, 4 or 8 levels)
Coding	convolutional coding (rate ½)
Max bit rate (uncoded)	42.9kbps, 85.7kbps, 128.6kbps

Tabella 2 Caratteristiche modulazione OFDM PRIME

- **G3**

Lo standard G3 oltre a prevedere la trasmissione dati nella banda CENELEC A utilizza anche la banda FCC (150Khz-500Khz) dove i livelli di rumore presenti sulla linea elettrica sono 20-30 dB più bassi rispetto alle frequenze utilizzate dalla CENELEC. La tecnica OFDM unita a due layer per la correzione di errori permette allo standard G3-PLC di raggiungere velocità di trasmissione fino a 207.6 kbps in ambiente rumoroso, qual'è appunto una linea elettrica, e in un ampio range di frequenze da 10 a 490 kHz, secondo quanto previsto dagli standard internazionali, tra cui CENELEC, FCC e ARIB. Attualmente G3-PLC è anche l'unico standard PLC a banda stretta che supporta il protocollo internet Ipv6.

	G3-PLC FCC
Modulazione	OFDM
Sottoportanti	256
Modulazione sottoportanti	DBPSK/DQPSK/D8PSK
Numero massimo di bit per sottoportante	3
Banda di trasmissione	159.4-478.1 khz
Massima bit rate	207.6 kbps

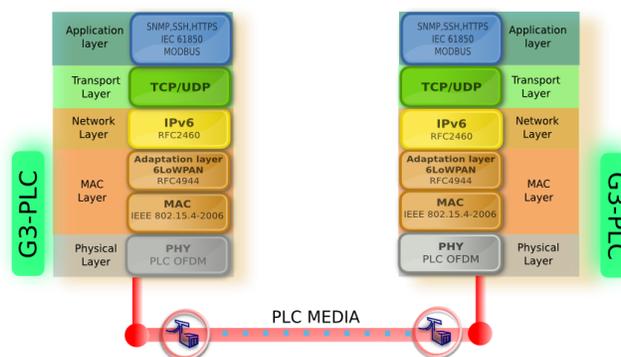


Tabella Caratteristiche modulazione e protocollo G3-FCC.

Nel 2012 l'organo di standardizzazione internazionale ITU-T ha approvato le raccomandazioni G.9901, G.9902, G.9903, e G.9904 che raccolgono le specifiche dei tre principali protocolli elencati precedentemente sia per quanto riguarda il livello fisico che anche per il livello di data-link. La sperimentazione di questi nuovi standard si è rivolta, fino ad oggi, soprattutto nel settore delle applicazioni di metering sulle linee di bassa tensione raggiungendo una piena maturità sia nello sviluppo dei protocolli di comunicazione che nelle applicazioni su vasta scala.

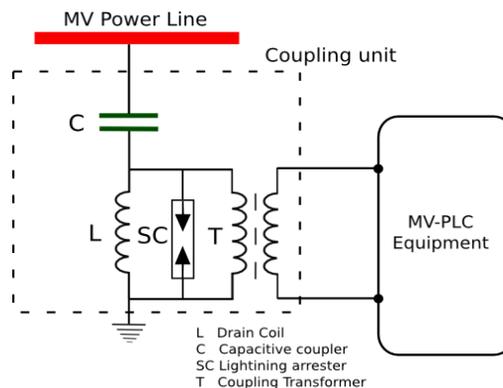
3. LE TECNOLOGIE PLC SULLE LINEE MT

Per la comunicazione attraverso le linee di distribuzione della media tensione il problema dell'accoppiamento del segnale alla line di trasmissione è di fondamentale importanza. Il sistema di accoppiamento deve essere poco ingombrante per poter essere facilmente installato e deve rispondere alle normative di sicurezza previste per gli armadi di media tensione.

Vi sono tre metodi principali di accoppiamento per le linee di media tensione:

- Capacitivo (intrusivo)
- Induttivo attraverso la calza metallica del cavo di media tensione (non intrusivo)
- Induttivo attraverso il core del cavo di media tensione (non intrusivo).

I metodi di accoppiamento induttivi, pur avendo il vantaggio di non essere intrusivi, risultano essere dipendenti dal carico sulla linea di media tensione e presentano una perdita di accoppiamento elevata. Il metodo di accoppiamento capacitivo pur avendo indiscutibili vantaggi in termini di accoppiamento risulta essere intrusivo e quindi, in alcuni casi, di difficile installazione nelle cabine di media tensione. Lo sviluppo di nuovi dispositivi di accoppiamento capacitivi nella banda di trasmissione 30-500kHz meno ingombranti li ha resi idonei ad una facile installazione all' interno dei quadri di media tensione.



Le tecnologie di comunicazione powerline(PLC) possono essere sostanzialmente divisi in due gruppi; le PLC a banda larga che utilizzano il range di frequenza compreso tra 2 e 30 Mhz (BB-PLC) e le PLC a banda stretta che utilizzano il range di frequenze compreso tra i 3Khz ed i 490Khz (NB-PLC)[5]. In quest' ultimo caso l'introduzione della tecnica di modulazione multiportante OFDM ha portato i sistemi di trasmissione da una velocità di trasmissione da pochi kbps (LDR NB-PLC) fino a 500Kbs (HDR NB-PLC). Lo sviluppo delle soluzioni BB-PLC su vasta scala è ostacolato dal fatto che l'attenuazione del cavo di media tensione alle alte frequenze è molto alta e non permette una trasmissione su distane maggiori di un chilometro. Per quanto riguarda la trasmissione su NB-PLC l'attenuazione è molto ridotta tabella[4] permettendo così un trasmissione su grandi distanze. Recentemente ERDF ha effettuato un test di trasmissione su linee di media tensione utilizzando il protocollo G3 su banda CENELEC raggiungendo una distanza di 6.4Km con una bit rate 6.092 Kbps.

	f=100kHz	f=10Mhz
Low Voltage	1.5-3	160-200
Medium voltage Overhead	0.5.1	30-50
Medium voltage Underground	1-2	50-80
High Voltage Overhead	0.01-0.09	2-4

Tabella 3 Confronto tra le attenuazioni di una linea MV a 100Khz e 10 Mhz

Attualmente le cause che limitano la diffusione delle trasmissioni NB-PLC sulle linee di media tensione in ambito europeo sono:

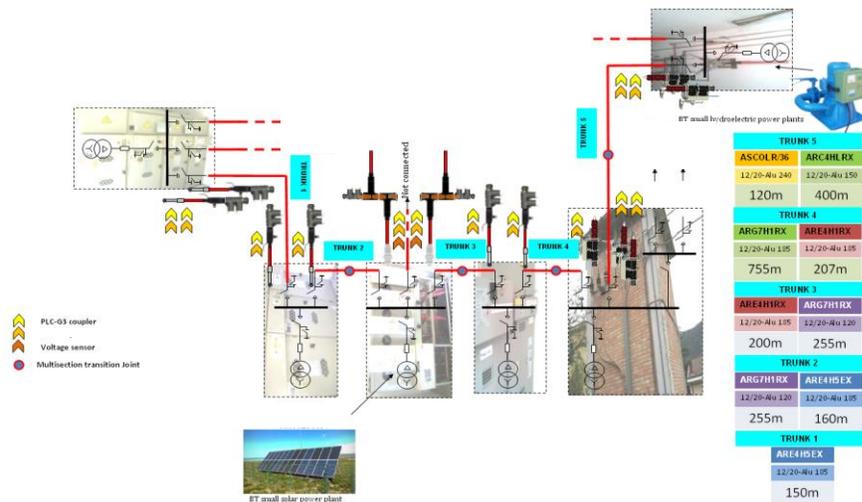
- La mancanza di normative che regolamentino la banda e la potenza di trasmissione degli apparati PLC sulla rete di media tensione nella banda fino a 500khz. In Europa viene regolamentata solo la banda di trasmissione che va da 4Khz fino a 148Khz sulle linee di bassa tensione ma è in corso di discussione l'estensione di tale banda fino ai 500Khz.
- Una sperimentazione dei servizi per la generazione distribuita che utilizzi la tecnologia NB-PLC su linee di media tensione.

Malgrado queste difficoltà la tecnologia PLC applicata al controllo della rete di media tensione offre parecchi spunti di sviluppo che permetteranno, tra qualche anno, ai produttori di tali apparati l'apertura di nuovi mercati e possibilità di business. La creazione di un know-how sulle problematiche relative alla trasmissione dati su linea di media tensione e la dimostrazione che la tecnologia NB-PLC può essere applicata su vasta scala nell'ambito dell'automazione delle cabine secondarie rappresenta uno degli obiettivi che si pone l'attività di ricerca nata nell'ambito del progetto finanziato europeo "Large-Scale Demonstration of Advanced Smart GRID Solutions with wide Replication and Scalability Potential for EUROPE" o più in breve GRID4EU. Il progetto GRID4EU, lanciato ufficialmente a Parigi nel novembre 2011, ha come obiettivo la dimostrazione su larga scala di soluzioni avanzate di Smart Grids per l'Europa. Il progetto, che vede il coordinamento di Erdf e la direzione tecnica di Enel, ha una durata quadriennale e coinvolge un consorzio di 27 partner provenienti da 12 Paesi dell'Unione Europea.

L'iniziativa è finanziata dalla Comunità Europea e mira a implementare in 6 paesi della UE (Italia, Francia, Germania, Spagna, Svezia e Repubblica Ceca) 6 progetti dimostrativi, simultanei e strettamente integrati tra di loro, che propongano soluzioni in grado di rimuovere le barriere che ostacolano le reti di distribuzione nell'accogliere la generazione distribuita, supportare l'efficienza energetica, abilitare e integrare l'active demand e nuovi utilizzi dell'energia elettrica.

In particolare, Enel ha avviato il proprio progetto dimostrativo in Emilia Romagna, nella zona di Forlì-Cesena. Il dimostrativo italiano, guidato da Enel e realizzato in partnership con Ricerca Sistema Energetico (RSE), Selta, Siemens e Cisco, è focalizzato sull'integrazione della generazione da rinnovabili connessa alla rete di media tensione, attraverso la realizzazione di un sistema di controllo avanzato. All'interno di questo progetto verrà sperimentato in un'area rurale lungo il torrente savio tra la zona di Quarto e Cesena un sistema di comunicazione

basato sul protocollo G3-PLC che utilizzerà le linee di media tensione connesse tra 6 cabine di trasformazione MV/LV[5].



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] V.Giordano, A. Meletiou, C. F. Covrig, A. Mengolini, M. Ardelean, G. Fulli "Smart Grid projects in Europe: Lessons learned and current developments 2012 update" "Joint Research Center –Institute for Energy and Transport, April 2013
- [2] G.Deconinck,J.Wu,J.Zielinski,M.Lombardi,G.Franchioni,M.Stifter,R.Gustavsson "Report on ICT requirements, offers and needs for managing smart Grids with DER" ,SEESGEN-ICT,February, 2010
- [3] Department of energy of United States of America "Communications requirements of smart grid technologies",October 5, 2010.
- [4] ERDF"Activity and sustainable development report 2010",January 2011
- [5] Enel,Selta,Cisco,RSE,Siemens "dD4.1 Documentation for technical coordination", GRID4EU project, October 2012.