



Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni

Esiti delle attività del Gruppo di Lavoro per l'analisi delle tecnologie di comunicazione dei dati nei sistemi di *smart metering*

Executive Summary	2
1 Introduzione	5
1.1 Il Gruppo di Lavoro e le attività svolte	6
1.2 La decisione dell'AEEGSI dell'8 marzo 2016	7
2 Le filiere e l'ecosistema	9
2.1 Le filiere dei mercati delle <i>utility</i>	9
2.1.1 L'energia elettrica	9
2.1.2 Il gas	10
2.1.3 L'acqua	12
2.2 L'ecosistema dello <i>smart metering</i>	13
2.2.1 Gli <i>stakeholder</i>	13
2.2.2 La catena del valore	18
2.2.3 I modelli di <i>business</i>	20
3 L'infrastruttura di comunicazione dei dati	24
3.1 I requisiti di sistema	24
3.1.1 I requisiti regolamentari	24
3.1.2 I requisiti funzionali e prestazionali	28
3.2 Le tecnologie abilitanti	29
3.2.1 Tecnologie <i>wired</i>	30
3.2.2 Tecnologie <i>wireless licensed</i>	32
3.2.3 Tecnologie <i>wireless unlicensed</i>	37
4 Le valutazioni del Gruppo di Lavoro	47
4.1 Confronto tra le diverse tecnologie	47
4.1.1 Tecnologie <i>wired</i>	47
4.1.2 Tecnologie <i>wireless</i>	48
4.1.3 <i>Scenari architetturali per la chain 2</i>	52
4.2 Aspetti regolamentari emersi	53
5 Conclusioni	56

Executive Summary

1. L'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM) ha da tempo avviato una collaborazione con l'Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas e il Sistema Idrico (AEEGSI) su temi di reciproco interesse, con particolare riferimento alle comunicazioni *Machine to Machine* (M2M). L'AGCOM ha disposto, nel 2014, l'avvio di un'indagine conoscitiva sul M2M, alla quale l'AEEGSI ha contribuito con la memoria n. 457/2014/I/COM. L'indagine conoscitiva si è poi conclusa con la delibera n. 201/15/CONS. Successivamente alla conclusione dell'indagine l'AGCOM ha costituito un Comitato permanente sui servizi M2M al quale partecipa, tra gli altri soggetti interessati (pubblici e privati) l'AEEGSI. Le due Autorità hanno quindi sottoscritto, in data 16 dicembre 2015, un ampio protocollo d'intesa che ha tra i suoi obiettivi quello del coordinamento degli interventi istituzionali su temi di interesse comune, con particolare attenzione a quelli relativi alle politiche di regolamentazione e di promozione della concorrenza. In tale contesto, rivestono una particolare rilevanza i servizi di comunicazione M2M nell'ambito delle applicazioni di *smart metering* e *smart distribution system*.
2. L'AGCOM ha inoltre partecipato, con un proprio contributo, alla consultazione pubblica sulla definizione delle specifiche funzionali dei contatori intelligenti di seconda generazione di energia elettrica in bassa tensione (*smart metering* di seconda generazione), avviata dall'AEEGSI con il provvedimento n. 416/2015/R/EEL. Tale consultazione si è conclusa nel mese di marzo 2016 con la delibera n. 87/2016/R/EEL, che ha definito le *specifiche* funzionali abilitanti i misuratori intelligenti in bassa tensione e performance dei relativi sistemi di *smart metering* di seconda generazione (2G o 2.0) nel settore elettrico, in vista della sostituzione dei misuratori di prima generazione.
3. Alla luce dell'importanza del tema del collegamento alla rete degli *smart meter*, il Segretario Generale *ad interim* dell'AGCOM, con la determina del 4 marzo 2016, ha disposto la costituzione di un Gruppo di Lavoro (GdL) con il fine di analizzare le tecnologie di comunicazione dei dati nei sistemi di *smart metering*. La determina – prendendo le mosse dall'attività già svolta dall'AGCOM e dalla collaborazione con l'AEEGSI – ha conferito al GdL l'incarico di svolgere approfondimenti in merito alle alternative tecnologiche relative ai sistemi di comunicazione utilizzabili dai sistemi di *smart metering* e di valutare i connessi aspetti di natura competitiva e regolamentare, al fine di fornire elementi utili alla definizione delle strategie regolamentari dell'AGCOM.
4. Il provvedimento prima citato approvato dall'AEEGSI, utilizzando un approccio neutrale e in grado di assecondare l'evoluzione tecnologica man mano che questa renda disponibili nuove soluzioni abilitanti, prevede la possibilità di un'evoluzione incrementale degli stessi misuratori verso una versione avanzata (versione 2.1) caratterizzata da una soluzione tecnologica di comunicazione costituita da un connettore fisico sicuro in alloggiamento separato, cui poter collegare differenti dispositivi, oppure da un dispositivo *wireless* aggiuntivo a quello richiesto per la *chain 2* (utilizzabile anche per la *chain 1*) purché vengano rispettati adeguati livelli di *performance*. I canali *chain 1* e *chain 2* sono quelli collegano lo *smart meter* rispettivamente al gestore e alla sede dell'utente. In tale prospettiva, la delibera prevede che entro la fine del mandato dell'attuale Consiglio dell'AEEGSI (circa 12 mesi) sarà valutata, anche con la collaborazione dell'AGCOM, l'effettiva disponibilità di soluzioni tecnologiche standardizzate che consentano di definire funzionalità incrementali, sulla base di quanto delineato nell'allegato relativo alle funzionalità evolutive dei misuratori con riferimento agli aspetti di comunicazione.

5. Tenuto conto di tutto ciò, il GdL ha svolto la propria analisi innanzitutto acquisendo informazioni, posizionamenti e documentazione da parte di un'ampia platea di soggetti sentiti in audizione, quali: gli operatori di reti pubbliche di comunicazione elettronica, le principali società manifatturiere del settore delle comunicazioni elettroniche, gli operatori che gestiscono torri e sistemi di trasmissione per il *broadcasting* e le comunicazioni mobili (le cosiddette *Tower Company*), nonché alcuni degli *stakeholder* rappresentanti il mercato delle *utility*. Nel corso delle attività svolte, il GdL si è quindi confrontato con gli Uffici dell'AEEGSI.

6. Alla luce della diversità dei soggetti e dei conseguenti diversi interessi coinvolti, il GdL ha ritenuto opportuno considerare, nel proprio approfondimento, gli aspetti di comunicazione relativi agli *smart meter* di tutti i settori delle *utility* – energia elettrica, gas, acqua – per i quali sono state sviluppati *standard* e sistemi di telelettura e/o accesso remoto.

7. Sulla base delle informazioni e delle riflessioni emerse nei contributi e nel corso delle audizioni dei soggetti descritti al capitolo 2, nonché dell'analisi (capitolo 3) e il confronto (capitolo 4) di tutte le tecnologie analizzate, il GdL ha elaborato le conclusioni di seguito sintetizzate e approfonditamente delineate al capitolo 5. Nell'elencare in via sintetica le conclusioni del Gruppo, si evidenzia che la questione della cosiddetta "porta fisica", ovvero sia del connettore fisico sicuro che potrebbe caratterizzare la versione 2.1 dei misuratori intelligenti non è stata valutata in questa sede. Ci si è infatti limitati ad analizzare le caratteristiche delle tecnologie di connessione dati tra *smart meter* e gestore/sede di utente, indipendentemente dal fatto che il dispositivo di comunicazione – di qualsiasi tecnologia – possa essere cablato all'interno del misuratore (*embedded*) o alloggiato esternamente tramite prolungamento PLC o collegato al misuratore stesso attraverso un connettore (c.d. porta fisica).

8. I sistemi *wired*, utilizzando tecnologia PLC – la fibra ottica non è stata presa in considerazione dai nessuno dei soggetti sentiti – sono utilizzabili nel caso degli *smart meter* elettrici e costituiscono un valido ed economico sistema di comunicazione, in particolare per la cosiddetta *chain 1* (comunicazione tra il dispositivo e il gestore). L'utilizzo del PLC per la *chain 2* (comunicazione tra il dispositivo e l'utente), previsto per lo *smart meter* di seconda generazione richiederà la definizione dello standard del protocollo di comunicazione – per la cui redazione l'AEEGSI ha dato mandato al CEI (Comitato Elettrotecnico italiano) che ha costituito un gruppo di lavoro i cui risultati sono attesi entro la fine dell'anno 2016. Per quanto riguarda lo sviluppo dei dispositivi, risultano disponibili componenti elettronici per l'implementazione di tale soluzione mentre non sono ancora emersi sistemi e applicazioni per la messa a disposizione e presentazione dei dati all'utente finale. In altri termini il c.d. "ecosistema" non risulta diffuso a livello massivo. Allo stato non è quindi possibile prevedere l'effettiva applicabilità di tale soluzione.

9. Quanto ai sistemi *wireless*, quelli basati su frequenze a uso collettivo (*unlicensed*) con riferimento in particolare a WMBus, LoRa e SigFox, risultano essere adeguati alle attuali richieste del settore *smart meter*, fornendo i servizi con costi dei dispositivi e operativi già disponibili. Tali sistemi tuttavia potrebbero mostrare, in prospettiva, limitazioni significative in termini di larghezza di banda e qualità del servizio in ragione dell'uso collettivo delle frequenze. A tale riguardo è stata proposta da alcuni *stakeholders* la possibilità di mettere in campo interventi regolatori finalizzati a definire in maniera più incisiva le modalità di accesso a tali bande prevedendo, da parte dei gestori o sulla scorta di indicazioni del regolatore, opportuni modelli di accesso condiviso alla risorsa spettrale, in grado di evitare l'insorgere di interferenze nocive (tali cioè da danneggiare significativamente o inibire le trasmissioni dei dati). Anche la copertura di rete dipende fortemente

dallo sviluppo della specifica rete dedicata e non è necessariamente assicurata su tutto il territorio nazionale.

10. Le tecnologie *wireless* EC-GSM, LTE-M e NBloT, basate su frequenze assegnate a uso esclusivo (*licensed*), possono offrire prestazioni migliori per gli aspetti sopra evidenziati. In particolare l'NBloT appare la tecnologia più promettente in quanto i requisiti di progetto dei relativi *device* – costo, consumo e durata delle batterie – sono del tutto analoghi a quelli offerti dai dispositivi utilizzati per i sistemi *unlicensed*. Il sistema appare avere delle caratteristiche *future proof* che ben si conciliano con il ciclo di vita dei contatori, dell'ordine dei 15 anni. Tali sistemi possono garantire un'ottima copertura di rete, in pratica quella dei servizi di comunicazione mobile, anche se dovranno essere opportunamente valutati, in confronto con i sistemi utilizzando frequenze *unlicensed*, i costi complessivi del sistema.

11. La specificazione di tale sistema per gli *smart meter* dovrà tuttavia tener conto dell'effettiva messa a disposizione di *device* NBloT e l'implementazione del protocollo sulle reti LTE e a tal fine si propone l'avvio di un monitoraggio sulle attività svolte dai costruttori e dagli operatori di rete. Inoltre dovrà essere approfondito, sotto i profili regolamentare e della standardizzazione, l'introduzione della e-SIM che consentirà il cambio operatore senza la sostituzione fisica della SIM, aspetto questo essenziale per garantire condizioni di effettiva concorrenza nei servizi di comunicazione per gli *smart meters* dotati di modulo NBloT.

12. Nel corso del lavoro è stata evidenziata inoltre la necessità, da parte del mercato e in particolare dei gestori, di avere indicazioni certe sulla durata delle licenze 2G e sulla dismissione delle reti GSM, in quanto è significativo il parco dei contatori che utilizzato tali dispositivi. A tal fine, sarebbe opportuno svolgere un'indagine che dia conto della effettiva diffusione di dispositivi utilizzando la tecnologia 2G non solo nell'ambito dei sistemi di *smart metering* ma in tutti i settori (p.e. *automotive*) nei quali tali sistemi sono già utilizzati per le comunicazioni M2M. Il tema della *legacy* 2G appare infatti essenziale per la opportuna pianificazione della messa fuori servizio dei contatori utilizzando la tecnologia GSM.

1 Introduzione

13. Con la determina n. 6/16/SG del 4 marzo 2016, il Segretario Generale *ad interim* dell'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM) ha disposto la costituzione di un Gruppo di Lavoro con il fine di analizzare le tecnologie di comunicazione dei dati nei sistemi di *smart metering*.

14. Il Gruppo è stato incaricato, in particolare, di svolgere approfondimenti in merito alle alternative tecnologiche relative ai sistemi di comunicazione utilizzabili dai sistemi di *smart metering* e di valutare i connessi aspetti di natura competitiva e regolamentare, al fine di fornire elementi utili alla definizione delle strategie regolamentari dell'AGCOM e di contribuire ai lavori del Comitato *Machine to Machine* (M2M).

15. L'approfondimento richiesto al Gruppo di Lavoro prende le mosse dall'attività svolta dall'AGCOM sullo specifico tema dello *smart metering*, tema questo di rilevanza istituzionale e di particolare interesse per l'Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas e il Sistema Idrico (AEEGSI) con la quale l'AGCOM ha da tempo avviato una collaborazione.

16. Come noto, l'AGCOM ha condotto un'indagine conoscitiva sul tema dei servizi di comunicazione *Machine to Machine*, conclusasi con la delibera n. 201/15/CONS, alla quale l'AEEGSI ha contribuito con la memoria 457/2014/I/COM. Successivamente alla conclusione dell'indagine l'AGCOM ha costituito un Comitato permanente sui servizi M2M al quale partecipa, tra gli altri soggetti interessati (pubblici e privati) l'AEEGSI. Le due Autorità hanno quindi sottoscritto, in data 16 dicembre 2015, un ampio protocollo d'intesa che ha tra i suoi obiettivi quello del coordinamento degli interventi istituzionali su temi di interesse comune, con particolare attenzione a quelli relativi alle politiche di regolamentazione e di promozione della concorrenza. In tale contesto, rivestono una particolare rilevanza i servizi di comunicazione M2M nell'ambito delle applicazioni di *smart metering* e *smart distribution system*.

17. Nell'ambito della collaborazione tra le due Autorità, l'AGCOM ha inoltre partecipato, con un proprio contributo, alla consultazione pubblica sulla definizione delle specifiche funzionali dei contatori intelligenti di seconda generazione di energia elettrica in bassa tensione (*smart metering* di seconda generazione), avviata dall'AEEGSI con il provvedimento n. 416/2015/R/EEL.

18. Attraverso la costituzione del presente Gruppo di Lavoro, si è inteso approfondire il tema delle tecnologie di comunicazione dei dati raccolti dagli *smart meter* considerato che tale tema assume rilevanza strategica per lo sviluppo del settore, sia con riferimento ai sistemi di misura per i differenti settori energetici sia con riferimento ai dispositivi e apparati intelligenti (*smart appliances*) in grado di dialogare, tra l'altro, con gli *smart meter* stessi.

19. Ciò nella consapevolezza che la scelta tra le opzioni tecnologiche a disposizione per il collegamento degli *smart meter* comporta ricadute significative sotto il profilo economico, competitivo e di tutela dell'utenza, che debbano pertanto essere oggetto di indagine e valutazione da parte dell'AGCOM stessa nell'adempimento dei propri compiti istituzionali.

1.1 Il Gruppo di Lavoro e le attività svolte

20. Il Gruppo di Lavoro (GdL) è coordinato dal Consigliere per l'innovazione tecnologica Vincenzo Lobianco ed è formato dall'Ing. Annalisa Durantini funzionario del Segretariato Generale, dalla Dott.ssa Sandra Cascone della Direzione Servizi Digitale e dall'Ing. Silvio De Nicola del Servizio Economico e Statistico.

21. Il GdL ha concordato di iniziare il proprio approfondimento acquisendo informazioni, posizionamenti e documentazione dai soggetti operanti nelle reti pubbliche di comunicazione elettronica interessati alla tematica del collegamento dei sistemi di misura per le *utility* del settore energetico e idrico. A tale proposito sono stati convocati in audizione i seguenti operatori (alcuni dei quali hanno contribuito anche alla consultazione pubblica sopra citata indetta dall'AEEGSI nonché ai lavori del Comitato M2M dell'AGCOM):

- TIM
- H3G
- Wind
- Acotel
- Vodafone
- Fastweb.

22. Alla luce delle indicazioni emerse dalle prime audizioni, il GdL ha concordato sull'opportunità di allargare la platea dei soggetti coinvolti includendo anche le principali società manifatturiere del settore delle comunicazioni elettroniche, interessate allo sviluppo di tecnologie e servizi per la trasmissione dei dati dell'*Internet of Thing* (IoT):

- Ericsson
- Huawei
- Qualcomm
- AT&T
- Telcordia.

23. Inoltre, è stato ritenuto opportuno sentire una specifica categoria di operatori, le cosiddette *Tower Company* ossia gli operatori che gestiscono torri e sistemi di trasmissione per il *broadcasting* e le comunicazioni mobili:

- El Towers
- Raiway
- Nettrotter.

24. È stata infatti rilevata, nel corso delle prime fasi dell'attività del GdL, la notevole diffusione di infrastrutture di rete e sistemi operanti su frequenze non licenziate per l'accesso radio e alternativi a quelli offerti dalle reti pubbliche di comunicazione elettronica che utilizzano le infrastrutture messe a disposizione dalle *Tower Company*. In taluni casi le *Tower Company* offrono direttamente servizi attinenti l'*Internet of Things* e la raccolta dei dati generati dai dispositivi IoT, tra cui gli *smart meter*.

25. Infine, sono stati sentiti anche alcuni degli *stakeholder* rappresentanti il mercato delle *utility*. In particolare, hanno partecipato – in audizione congiunta – sia la federazione che riunisce le diverse

aziende operanti nei servizi pubblici (energia elettrica, gas, acqua, ambiente) e che la rappresenta presso le istituzioni nazionali ed europee, sia l'associazione delle sole aziende operanti nel comparto gas, rispettivamente: Anigas e Utilitalia. È stata inoltre sentita l'ENEL.

26. Alla luce di ciò, il GdL ha anche deciso di considerare, nel proprio approfondimento, gli aspetti di comunicazione relativi agli *smart meter* di tutti i settori delle *utility* – energia elettrica, gas, acqua – per i quali sono state sviluppati *standard* e sistemi di telelettura e/o accesso remoto.

1.2 La decisione dell'AEEGSI dell'8 marzo 2016

27. Con la deliberazione dell'8 marzo 2016 n. 87/2016/R/EEL, recante “*Specifiche funzionali abilitanti i misuratori intelligenti in bassa tensione e performance dei relativi sistemi di smart metering di seconda generazione (2G) nel settore elettrico, ai sensi del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102*” l'AEEGSI ha concluso il procedimento di cui alla consultazione pubblica precedentemente citata n. 416/15/R/EEL.

28. Il provvedimento definisce i requisiti funzionali o specifiche abilitanti della versione 2.0 del misuratore di energia elettrica in bassa tensione di seconda generazione (misuratore 2G). Per ciò che riguarda gli aspetti di comunicazione, il provvedimento distingue tra il canale di comunicazione da e verso l'impresa di distribuzione (la cosiddetta **chain 1**) per lo scambio dei dati di telelettura e telegestione con l'impresa di distribuzione e il canale di trasmissione dati ai dispositivi di utente (la cosiddetta **chain 2**).

29. Per la *chain 1*, l'AEEGSI prevede la disponibilità di due canali indipendenti con tecnologia scelta dall'impresa, sia *wired* sia *wireless* su banda licenziata o non licenziata, nel rispetto di alcuni vincoli per motivi di intercambiabilità in caso di passaggi di concessione tra imprese distributrici:

- nel caso di utilizzo di PLC lungo la catena di comunicazione *chain 1*: utilizzo di banda A con protocollo *standard*, unificato a livello nazionale;
- nel caso di utilizzo di banda non licenziata con radiofrequenza 169 MHz: protocollo a livello fisico rispondente a quanto stabilito per l'utilizzo di tale frequenza per lo *smart metering* gas;
- nel caso di altre tecnologie: utilizzo di reti tlc pubbliche o di protocolli *standard* disponibili sul mercato che garantiscano la possibilità di subentro di un'altra impresa distributtrice alle medesime condizioni.

30. Per la *chain 2*, il provvedimento dispone la presenza di almeno un canale per la trasmissione dati dal misuratore al dispositivo utente specificando, nel caso venga utilizzata la tecnologia *Power Line Communication* (PLC), la banda di lavoro C. Viene inoltre disposta l'adozione di un protocollo di comunicazione *standard*, unificato a livello nazionale, tra misuratore e dispositivo.

31. Infine, il provvedimento delinea le funzionalità evolutive che potranno essere implementate nella successiva versione dei misuratori, denominata “versione 2.1”. Per ciò che attiene agli aspetti di comunicazione, la versione 2.1 potrebbe essere caratterizzata da una delle seguenti soluzioni tecnologiche:

- soluzione *wired* con connettore fisico sicuro e alloggiamento separato in cui può essere riposto un dispositivo dell'utente oppure può essere collegato un cavo, inclusa fibra ottica;

- soluzione *wireless* con canale di trasmissione dati dal misuratore su banda licenziata o non licenziata, aggiuntivo almeno a quello richiesto per la *chain 2*.

32. Nel caso in cui l'utilizzo della soluzione prescelta non sia limitato esclusivamente alla *chain 2* ma si estenda anche alla *chain 1*, il provvedimento prevede che la soluzione implementata dovrà assicurare adeguati livelli di sicurezza e che inoltre essa dovrà essere caratterizzata da adeguati livelli di *performance* che verranno definiti dall'AEEGSI.

33. Con riferimento alle soluzioni tecnologiche standardizzate per i misuratori 2.1, il provvedimento dell'AEEGSI prevede, al punto 8 della delibera, quanto segue:

«di prevedere che questo Collegio valuti, anche con la collaborazione dell'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni, la effettiva disponibilità di soluzioni tecnologiche standardizzate, che consentano di definire funzionalità incrementali sulla base di quanto delineato nell'Allegato C, per misuratori da installare successivamente alla definizione delle specifiche funzionali abilitanti la versione 2.1.»

2 Le filiere e l'ecosistema

2.1 Le filiere dei mercati delle *utility*

2.1.1 L'energia elettrica

34. Prima della liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica la filiera si componeva in grandi fasi: generazione, trasmissione e dispacciamento, distribuzione (che includeva anche misura e vendita). Fino al 1999, Enel, in quanto monopolista statale di settore (escluse alcune aziende municipalizzate ed investitori minori), **era responsabile della gestione dell'intera filiera** elettrica. Con la liberalizzazione del sistema elettrico nazionale, parte della filiera è stata aperta all'ingresso di nuovi operatori, in particolare nelle attività di generazione e di vendita all'ingrosso ed al cliente finale. La trasmissione, il dispacciamento e la distribuzione presentano invece le caratteristiche di monopoli naturali e sono regolate da concessioni statali. Dopo il Decreto Bersani n° 79/99, la filiera dell'energia elettrica si è articolata in diverse fasi: le tre fasi infrastrutturali di generazione, trasmissione, dispacciamento e distribuzione, alle quali si aggiunge – dal punto di vista economico/commerciale – la fase di vendita all'ingrosso e al dettaglio (cfr. Tabella 1).

Tabella 1 – Le fasi della filiera del mercato dell'elettricità

Generazione	Le società di produzione si occupano della fase di generazione tramite la trasformazione delle fonti presenti in natura in energia elettrica. La generazione si compone a sua volta delle attività di approvvigionamento delle materie prime, trasformazione dell'energia primaria in energia elettrica, immissione dell'energia prodotta nella rete, costruzione e manutenzione degli impianti. Questa attività è stata liberalizzata e dal 1° Gennaio 2003 una società produttrice non può controllare più del 50% del mercato (energia elettrica generata e importata).
Trasmissione e dispacciamento	L'energia prodotta e venduta all'ingrosso viene trasportata, dalle società produttrici ai distributori locali, sulla rete nazionale ad alta-tensione gestita da Terna SpA che opera in monopolio per garantire la sicurezza e l'efficienza del sistema. In particolare, un aspetto critico di questa fase è di mantenere l'equilibrio tra domanda e offerta sul sistema elettrico nazionale, garantito dall'attività di dispacciamento svolta anch'essa da Terna.
Distribuzione e misura	Le società distributrici si occupano in primo luogo della trasformazione dell'energia elettrica da alta a media/bassa tensione e in secondo luogo della distribuzione fisica ai clienti finali. In parallelo a tali attività le società distributrici sono anche responsabili delle operazioni di allacciamento e del servizio di misura. Anche questa fase della filiera è un monopolio naturale a livello locale (e non nazionale come la trasmissione) e viene gestita, per ogni zona della rete, da un operatore unico ("impresa distributrice") secondo le regole determinate dall'AEEGSI. Gli operatori di distribuzione svolgono anche l'attività di misura dell'energia prelevata dalla rete.
Vendita	Vendita all'ingrosso: in questa fase le società produttrici vengono remunerate o tramite contratti bilaterali o tramite la vendita in borsa dell'energia. Infatti nel 2004 è stata attivata la borsa dell'energia elettrica (IPEX) con lo scopo di ridurre i costi delle transazioni e aumentare la trasparenza dei mercati. Vendita al dettaglio: le società di vendita gestiscono il rapporto con il cliente finale. Infatti queste ultime acquistano l'energia elettrica dalla borsa elettrica o direttamente dai produttori e gestiscono tutti gli aspetti commerciali ed amministrativi legati alla fornitura di energia elettrica. I clienti serviti dalla società di vendita si dividono in clienti "regolati", rimasti sul mercato tutelato, e clienti del mercato libero.

Fonte: AEEGSI

35. Il Distributore è responsabile dell'attività di distribuzione, connessione e misura nel territorio di cui è concessionario (la concessione ha carattere di esclusiva):

- la **distribuzione** è il servizio di trasformazione dell'energia elettrica e di trasporto sulle reti di media e bassa tensione per la consegna ai clienti;
- la **connessione** è il collegamento di un impianto elettrico ad una rete di distribuzione con la quale sussiste continuità circuitale;
- la **misura** è l'attività che comprende le operazioni organizzative, di elaborazione, informatiche e telematiche, finalizzate alla determinazione, alla rilevazione, alla messa a disposizione e all'archiviazione del dato di misura dell'energia elettrica immessa e prelevata dalle reti di distribuzione e trasmissione.

36. Il Distributore non vende più l'energia (né all'ingrosso né al dettaglio): l'attività di vendita di energia elettrica è un'attività libera, pertanto chiunque può operare nel mercato di Energia elettrica in qualità di Venditore del Mercato Libero (*Trader*).

37. Enel Distribuzione svolgeva il ruolo di distributore e di società di vendita per i clienti domestici e per i clienti non domestici non passati al Mercato Libero fino all'entrata in vigore della Legge n. 125 del 3 agosto 2007, che ha previsto che l'attività di distribuzione di energia elettrica (per le imprese distributrici le cui reti alimentavano almeno 100.000 clienti finali e che svolgevano l'attività di vendita di energia elettrica in forma integrata) dovesse essere svolta in regime di separazione societaria.

38. Pertanto, in seguito al processo di liberalizzazione del mercato elettrico, il Gruppo Enel SpA (a seguito di separazione societaria) comprende diverse società distinte, tra cui:

- Enel Distribuzione, è la società del gruppo Enel che si occupa di **distribuire** e **misurare** l'energia elettrica sulla rete in bassa e media tensione;
- Enel Energia è la società di **vendita** del gruppo Enel per i clienti del **mercato libero**;
- Enel Servizio Elettrico è la società di **vendita** del gruppo Enel per i clienti del **mercato tutelato**.

2.1.2 Il gas

39. Per filiera del gas si intende l'intero ciclo produttivo che va dalla produzione alla distribuzione finale di gas presso abitazioni e industrie. L'industria del gas in Italia – dal punto di vista infrastrutturale – è organizzata in sei grandi fasi: approvvigionamento, stoccaggio, dispacciamento, movimentazione, distribuzione, e misura. A queste fasi si aggiunge – dal punto di vista economico – la fase di vendita all'ingrosso e al dettaglio (cfr. Tabella 2).

40. La fase di approvvigionamento del gas è principalmente legata all'importazione che viene svolta stipulando contratti con società estere proprietarie dei giacimenti, società che spesso sono rappresentanti degli stessi Stati produttori. L'alternativa all'importazione è la produzione di gas tramite estrazione dal sottosuolo.

41. Le successive fasi intermedie sono lo stoccaggio (ossia il deposito delle eccedenze rispetto ai consumi), il dispacciamento (ossia l'attività di equilibrio costante e in tempo reale fra domanda e offerta), e la movimentazione (ossia l'attività di veicolazione del gas attraverso la dorsale e le condotte secondarie).

42. Successivamente, vi è la fase di distribuzione (che consiste nel trasporto del gas attraverso i gasdotti locali fino agli impianti dei clienti finali) e quella di misura (che riguarda la quantificazione dei consumi).

43. Infine, la fase di commercializzazione consiste nell'attività di vendita a livello *retail* ai clienti finali del gas e a livello *wholesale* ai distributori di gas. Secondo i dati dell'AEEGSI, nel 2014 erano oltre 50 le società attive unicamente nel mercato all'ingrosso del gas.

Tabella 2 – Le fasi della filiera del mercato del gas

Approvvigionamento	L'approvvigionamento consiste nella produzione e nell'importazione di gas. La produzione è l'estrazione del gas dal sottosuolo. L'importazione è l'immissione di gas prodotto all'estero nel mercato italiano. Il gas di provenienza estera entra nella rete nazionale attraverso specifici punti, utilizzando strutture dedicate e appositamente costruite.
Stoccaggio	Per stoccaggio si intende il deposito delle eccedenze di gas rispetto ai consumi: serve per compensare le variazioni giornaliere o stagionali dei consumi e garantire la fornitura in caso di riduzione degli approvvigionamenti (è un'attività regolata dall'AEEGSI).
Dispacciamento	Per dispacciamento del gas naturale si intende l'attività con cui vengono assicurati l'utilizzazione e l'esercizio coordinato degli impianti di coltivazione, di stoccaggio, delle reti di trasporto gas, delle reti di distribuzione gas e dei servizi accessori.
Trasporto	Per movimentazione si intende il trasporto di gas naturale, effettuato con gasdotti nazionali o regionali ad alta pressione Oltre a SNAM, che gestisce la rete nazionale, operano una decina di trasportatori regionali.
Distribuzione e misura	La distribuzione è il trasporto del gas attraverso reti di gasdotti locali fino agli impianti dei clienti finali. Gli operatori sono circa 560 ma sono in progressiva riduzione per via dell'assegnazione delle nuove concessioni per ambiti sovranazionali. Le imprese distributrici sono responsabili anche del servizio di misura
Vendita	Vendita all'ingrosso: in questa fase le società vendono il gas agli altri distributori. Vendita al dettaglio: è la commercializzazione ai clienti finali del gas acquistato da grossisti o importato. L'AEEGSI definisce le condizioni di riferimento.

Fonte: AEEGSI

2.1.3 L'acqua

44. I servizi idrici comprendono le attività di acquedotto, fognatura e depurazione. L'attività di acquedotto in particolare comprende i comparti di captazione (il prelievo dell'acqua dal suo ambiente naturale), adduzione (sulle reti di trasporto primario), potabilizzazione (il trattamento di miglioramento delle caratteristiche qualitative dell'acqua), distribuzione (che include la misura e le attività commerciali). Le tariffe sono regolamentate dall'AEEGSI.

Tabella 3 – Le fasi della filiera del mercato dell'acqua

Acquedotto	L'attività di acquedotto si articola in captazione (prelievo dell'acqua dall'ambiente naturale), adduzione (veicolazione su reti primarie), potabilizzazione (miglioramento qualitativo dell'acqua), e distribuzione (compresa vendita e misura).
Fognatura	La fase di fognatura consiste nelle operazioni di realizzazione, gestione e manutenzione (ricerca e controllo perdite) delle infrastrutture per l'allontanamento delle acque reflue urbane.
Depurazione	La depurazione riguarda le operazioni di trattamento delle acque (per renderle compatibili con il ricettore finale).

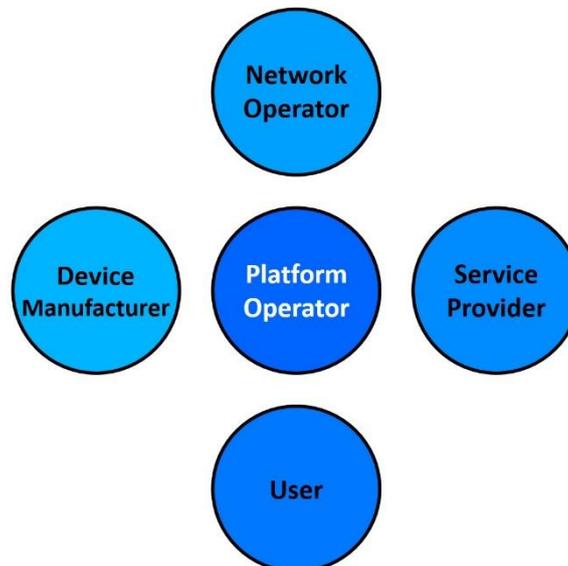
Fonte: AEEGSI

2.2 L'ecosistema dello smart metering

2.2.1 Gli stakeholder

45. Nel settore dello *smart metering* si possono individuare diversi gruppi di soggetti coinvolti (cfr. Figura 1), siano essi produttori di dispositivi o fornitori di servizi, operatori di rete o gestori di piattaforme, o anche consumatori (che possono essere assimilati a dei produttori di contenuti). In effetti, una categorizzazione precisa richiederebbe di specificare ulteriormente alcune tipologie di *stakeholder* – ad esempio la *utility* (elettricità, acqua, gas) e l'accesso (fisso, mobile) – ma si possono comunque individuare delle macro-categorie che sono comuni ai vari segmenti dello *smart metering* (anche detti *use case*). D'altronde, come emerso nel corso delle audizioni, i soggetti coinvolti si sono dichiarati sostanzialmente d'accordo nel considerare in maniera unitaria il settore dello *smart metering*.

Figura 1 – Attori della catena del valore dello *smart metering*



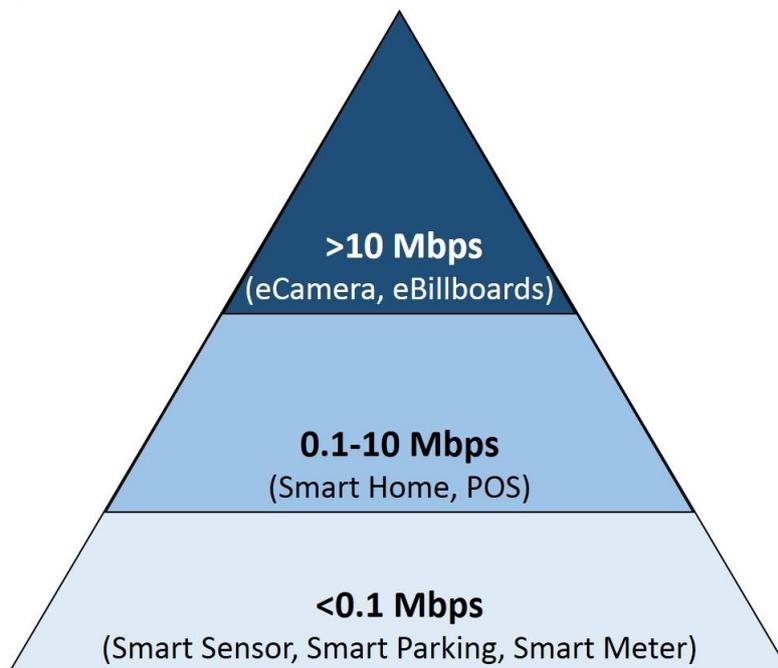
Fonte: AGCOM

46. Device Manufacturer – Come anche per altri settori dell'ecosistema M2M, il mondo manifatturiero rappresenta un segmento particolarmente dinamico e innovativo nel settore dello *smart metering*. I manifatturieri (detti anche *device manufacturer* o anche *device operator*) sono coloro che realizzano singoli elementi dello *smart meter* (*chip, modem, meter, ecc.*) o anche integrano le varie componenti. Questi produttori di apparati possono contare su elevate economie di scala, e spesso la dimensione delle imprese che operano nel settore è sovranazionale. D'altro canto, spesso gli *smart meter* hanno requisiti, in termini di efficienza energetica, molto stringenti, con cicli di vita superiori al decennio. Tale vincoli possono essere di natura tecnologica (si pensi al caso di *smart meter* gas o idrici, che non dispongono di un'alimentazione elettrica) o anche di natura economica (dati i meccanismi tariffari, il Distributore che sceglie di sostituire l'apparato prima della fine del previsto ciclo di vita non viene rimborsato per l'ammortamento residuo).

47. Network Operator – L'operatore di rete di comunicazione fornisce l'accesso agli *smart meter*. La differenza principale, sotto il profilo delle comunicazioni, è nella elevata disponibilità richiesta per il servizio, che deve essere garantito in zone dove tipicamente non sono presenti le tradizionali tecnologie di comunicazione (siano esse *wired* o *wireless*). Gli operatori di rete possono essere sia

le *utility* (come nel caso di *smart meter* elettrico che comunica i dati tramite PLC usando l'infrastruttura della rete elettrica fino al concentratore) sia le compagnie di telecomunicazioni (qualora invece si adoperi una rete pubblica, come quella cellulare, per la trasmissione dei messaggi, dal *meter* o da un concentratore) sia altri soggetti (nel caso si utilizzino frequenze non licenziate, come accade per la società SigFox e il consorzio LoRa). Pur rimandando – per gli aspetti più propriamente tecnologici – al capitolo successivo (cfr. *infra*), vale la pena rilevare come la tipologia di accesso e la tipologia di servizio si influenzino vicendevolmente: quando il traffico è a *burst* e con basso *payload* le tecnologie d'accesso a banda stretta risultano soddisfacenti, mentre profili di traffico più intenso (ossia con l'invio di più messaggi al giorno) richiedono accessi *broadband*. A tal proposito, alcuni dei soggetti sentiti (Huawei, Ericsson, Qualcomm) hanno proposto una tripartizione dei possibili servizi M2M proprio sulla base del volume di traffico sviluppato (cfr. Figura 2).

Figura 2 – Suddivisione dei servizi M2M in base al *throughput*

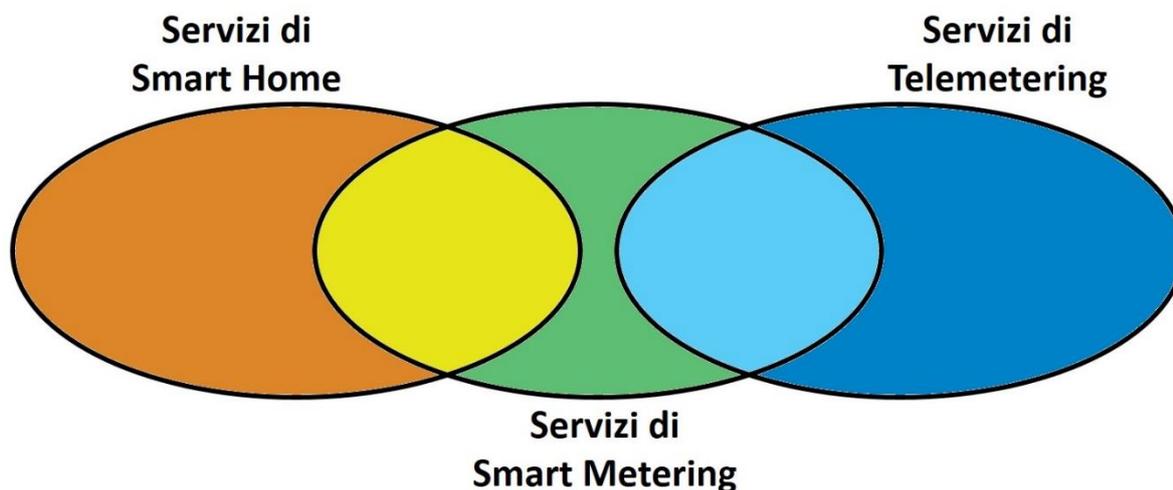


Fonte: elaborazioni AGCOM su dati operatori

48. Service Provider – Nel settore delle comunicazioni per lo *smart metering*, sotto la definizione di *service provider* possono ricadere un'ampia e variegata pletora di soggetti. Mentre infatti le due precedenti categorie risultano ben definite, è difficile individuare un soggetto che si configuri unicamente come *service provider*: la fornitura di servizi di *smart metering* è spesso svolta da operatori che si posizionano anche lungo altri segmenti della catena del valore (cfr. *infra*). Appare pertanto utile inserire un'ulteriore distinzione tra i *service provider*, a seconda che essi forniscano il servizio direttamente all'utente finale (*chain 2*) o indirettamente per il tramite del gestore della *utility* (*chain 1*). Nel primo caso, i servizi di *smart metering* rientrano nel più generale ambito della *smart home*, mentre nel secondo caso i servizi di *smart metering* sono assimilabili a dei servizi avanzati di telemetria (cfr. Figura 3). Anche l'AEEGSI, nel suo già citato contributo all'Indagine conoscitiva sui servizi M2M (delibera n. 201/15/CONS), ha proposto la seguente suddivisione dei servizi di *smart metering* basata sulla *latency* della comunicazione tra i fornitori e il dispositivo:

servizi di monitoraggio (raccolta dati e configurazione remota, senza particolari requisiti di ritardo), servizi di controllo (raccolta dati e comandi di attuazione con bassi requisiti di ritardo), servizi di sicurezza e protezione (raccolta dati e reazione immediata in caso di criticità, con tempi molto stringenti).

Figura 3 – Relazione tra i servizi di *smart metering*, *smart home*, e *telemetering*



Fonte: AGCOM

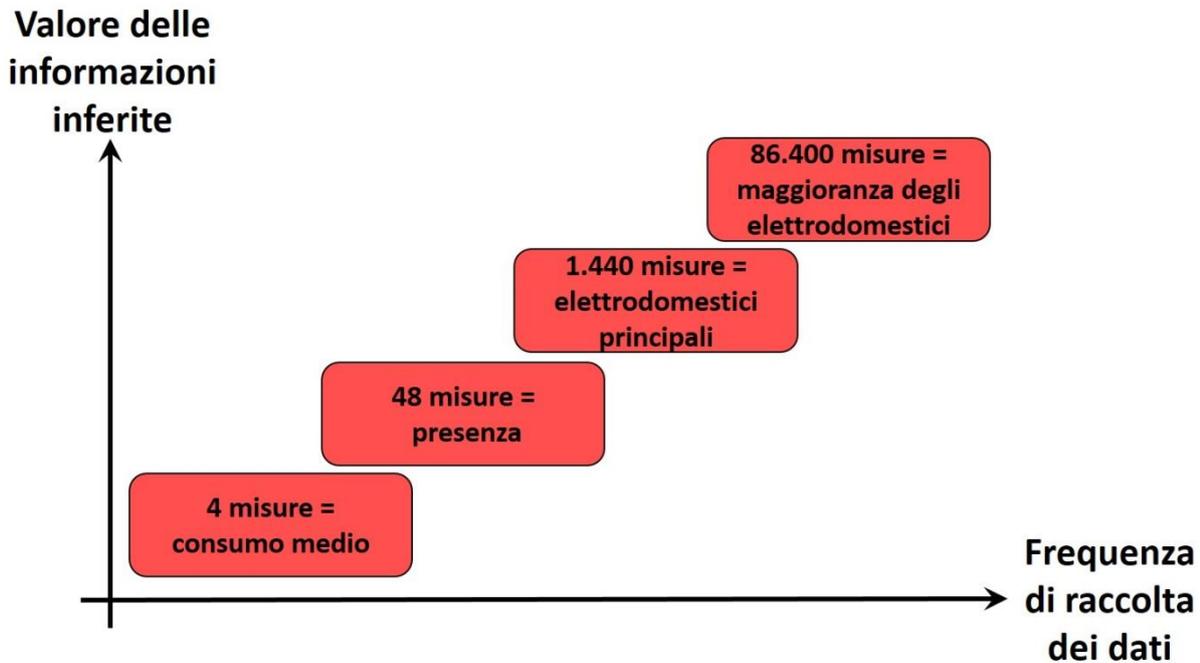
49. User – Gli utenti che utilizzano servizi di *smart metering* sono anche produttori di contenuti in quanto generano *personal data*: se, infatti, i dispositivi M2M producono per definizione un traffico non generato volontariamente dall'utente, è pur vero che una semplice elaborazione può permettere di ricavare informazioni "pregiate" (componenti del nucleo familiare, profili dettagliati di consumo, ecc.). Come evidenziato anche in altri studi¹, per gli *smart meter* vi è una relazione diretta tra la risoluzione temporale dei dati e le informazioni sensibili che si possono inferire (cfr. Figura 4). Anche alcuni dei soggetti che hanno partecipato alle audizioni (TIM e Acotel) hanno evidenziato un valore crescente dei servizi offerti in funzione della frequenza delle misurazioni effettuate, che aumenterà negli anni da una singola misura annuale ad un monitoraggio *real-time* (cfr. Figura 5). L'incremento di valore in funzione dell'aumento della frequenza di lettura dei dati è dovuto in parte ai servizi di fatturazione (riducendosi l'onerosità dei conguagli, l'utente reputa più utile il servizio di telelettura) e in parte ai servizi innovativi potenzialmente erogabili. Come rilevato anche dall'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato (AGCM)², "la disponibilità di informazioni continue e dettagliate sul prelievo di elettricità da parte di un utente rappresenta un *asset* nuovo, intorno al quale – da parte dei venditori di energia elettrica, ma non solo – possono disegnarsi (e in parte si stanno già disegnando) servizi innovativi in grado di arricchire sia le possibilità di scelta dell'utente sia la varietà e la qualità dell'offerta di vendita della *commodity* elettricità". D'altronde, la rilevanza dei contenuti generati attraverso gli strumenti di *smart home* trova riscontro anche in alcune notevoli operazioni commerciali, quali l'acquisizione della società Nest (una *start-up* che produce *smart meter*) da parte di Google. Nello specifico, Nest è un termostato a parete di nuova generazione, che utilizza sensori di presenza, algoritmi di *learning* (sia

¹ Cfr. McKenna, Richardson, Thomson, *Smart meter data: balancing consumer privacy concerns with legitimate applications*, Energy Policy (2011).

² Cfr. Provvedimento AGCM n.25748/2015 del 2 dicembre 2015 – Caso A486 ENEL Distribuzione - Rimozione coatta di dispositivi di smart metering.

integrati nel dispositivo che eseguiti in *cloud*) e servizi *web* per apprendere lo stile di vita del proprietario del termostato. Da ciò, si evince l'importanza dei cosiddetti *analytics*, ossia strumenti informatici automatizzati che consentono l'individuazione di determinati *pattern* e modelli comportamentali, soprattutto se si considera che tali strumenti *software* acquistano una rilevanza sempre maggiore all'aumentare della mole di dati da analizzare (*big data*).

Figura 4 – Valore delle informazioni in funzione della frequenza annua di raccolta dei dati

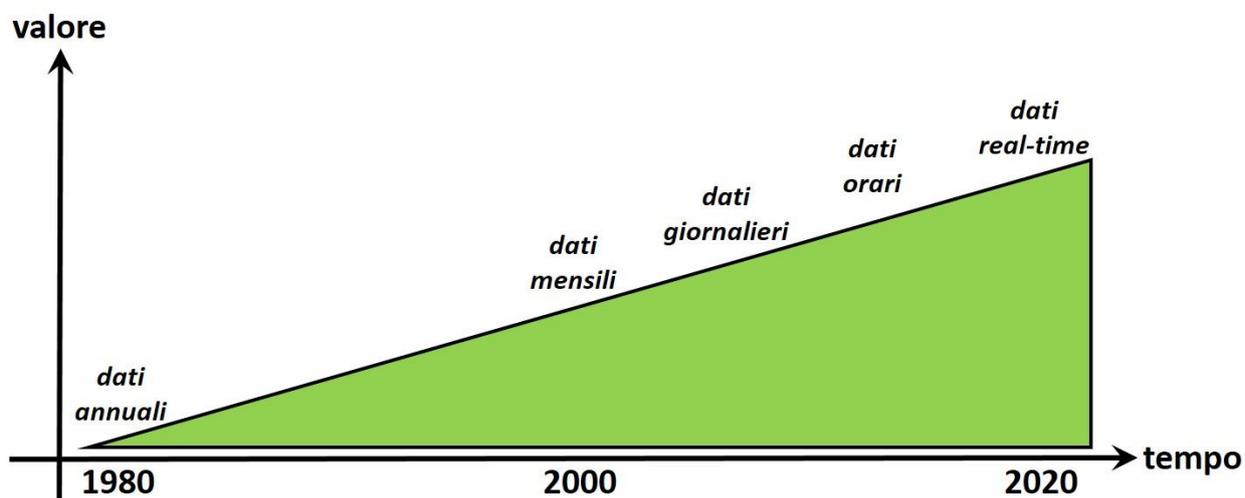


Fonte: elaborazioni AGCOM su dati McKenna, Richardson, e Thomson (2011)

50. Platform Operator – Ultimo attore della catena dell'ecosistema è il *platform operator*. In effetti, più che un operatore a se stante, diverso da quelli sopra descritti, il *platform operator* è un ruolo (quello di controllore di una piattaforma) che ogni *stakeholder* dell'ecosistema aspira ad ottenere. Infatti, nel settore dello *smart metering*, come in altri settori dell'economia digitale, le piattaforme assumono un ruolo fondamentale. Le piattaforme rappresentano infatti gli elementi che permettono l'interazione tra i diversi *stakeholder* dell'ecosistema (cfr. *infra*). In generale, l'obiettivo dei diversi *stakeholder* è quello di creare un dispositivo, dotarlo di connettività, raccogliere i dati che quel prodotto permette di ottenere, per poi creare applicazioni verticali, offrendo dunque valore aggiunto al prodotto stesso. Pertanto, anche nel settore dello *smart metering*, si ripropone una competizione tra piattaforme: ogni operatore cerca di conquistare il centro dell'ecosistema, assumendo il ruolo di piattaforma, ossia di *hub* attorno al quale ruotano i servizi, i contenuti, i dispositivi, e la connettività. D'altronde, un riscontro di tale strategia di *business* si è avuto anche nel corso delle audizioni: diversi *stakeholder* sentiti (TIM, Vodafone, Huawei, Telcordia, Acotel, Fastweb, Ericsson) hanno infatti confermato di possedere una propria piattaforma per lo *smart metering* e di voler mettere a disposizione tale piattaforma anche a soggetti terzi. Nello specifico, i soggetti si sono detti interessati non solo a fornire servizi di *smart metering* direttamente agli utenti (B2C), ma anche di voler fornire ad altri operatori i propri servizi (B2B), lasciando la commercializzazione finale a questi ultimi (B2B2C). L'obiettivo primario è infatti quello di imporre la propria piattaforma, più che di conquistare direttamente i clienti. Un tale modello di *business*, che

è comunque caratteristico delle *platform-mediated network*³, è stato esplicitato nel corso delle audizioni da alcuni operatori di rete (sia fissa che mobile), da alcuni produttori di apparati, e da alcuni fornitori di servizi, come sarà di seguito illustrato (cfr. *infra*).

Figura 5 – Evoluzione del valore dei servizi offerti (servizi di fatturazione e altri servizi a valore aggiunto) di *smart metering*



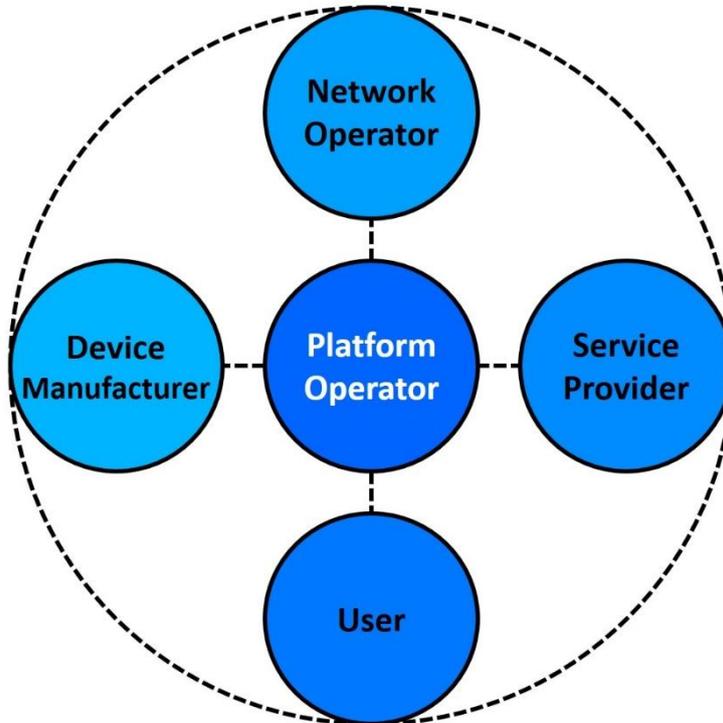
Fonte: elaborazioni AGCOM su dati operatori

³ Cfr. Eisenmann, *Platform-Mediated Networks: Definitions and Core Concepts*, Harvard Business School (2007).

2.2.2 La catena del valore

51. Una volta individuate le principali categorie di attori agenti nel settore, può essere interessante osservare i legami che intercorrono tra di loro, al fine di definire la catena del valore dello *smart metering* (cfr. Figura 6).

Figura 6 – Catena del valore dello *smart metering*



Fonte: AGCOM

52. Innanzitutto si può osservare come in tale settore, come in altri dell'*Internet of Things*, non esista una filiera, ossia una relazione lineare, tra i vari *stakeholder*, ma piuttosto vi sia una struttura a più versanti con la presenza centrale di una piattaforma. Le piattaforme sono blocchi tecnologici che agiscono come sostrato per una serie di imprese interdipendenti (talvolta chiamate anche "ecosistema") per sviluppare una serie di prodotti correlati tra loro, e, secondo Gawer⁴, rappresentano un elemento caratteristico dei mercati digitali, e dunque anche del settore dello *smart metering*.

53. Inoltre, la natura a più versanti dei servizi di *smart metering* è in realtà più complessa e intricata di quella caratteristica dei classici mercati a due versanti: dal punto di vista degli attori in campo, sempre più spesso si ha a che fare con soggetti che si muovono trasversalmente ai lati del mercato, passando in modo estremamente fluido dall'area della fornitura di beni a quella di servizi e poi a quella della produzione di contenuti, variando il proprio ruolo spesso in maniera endogena alla singola transazione (si parla infatti di *shifting sided market*).

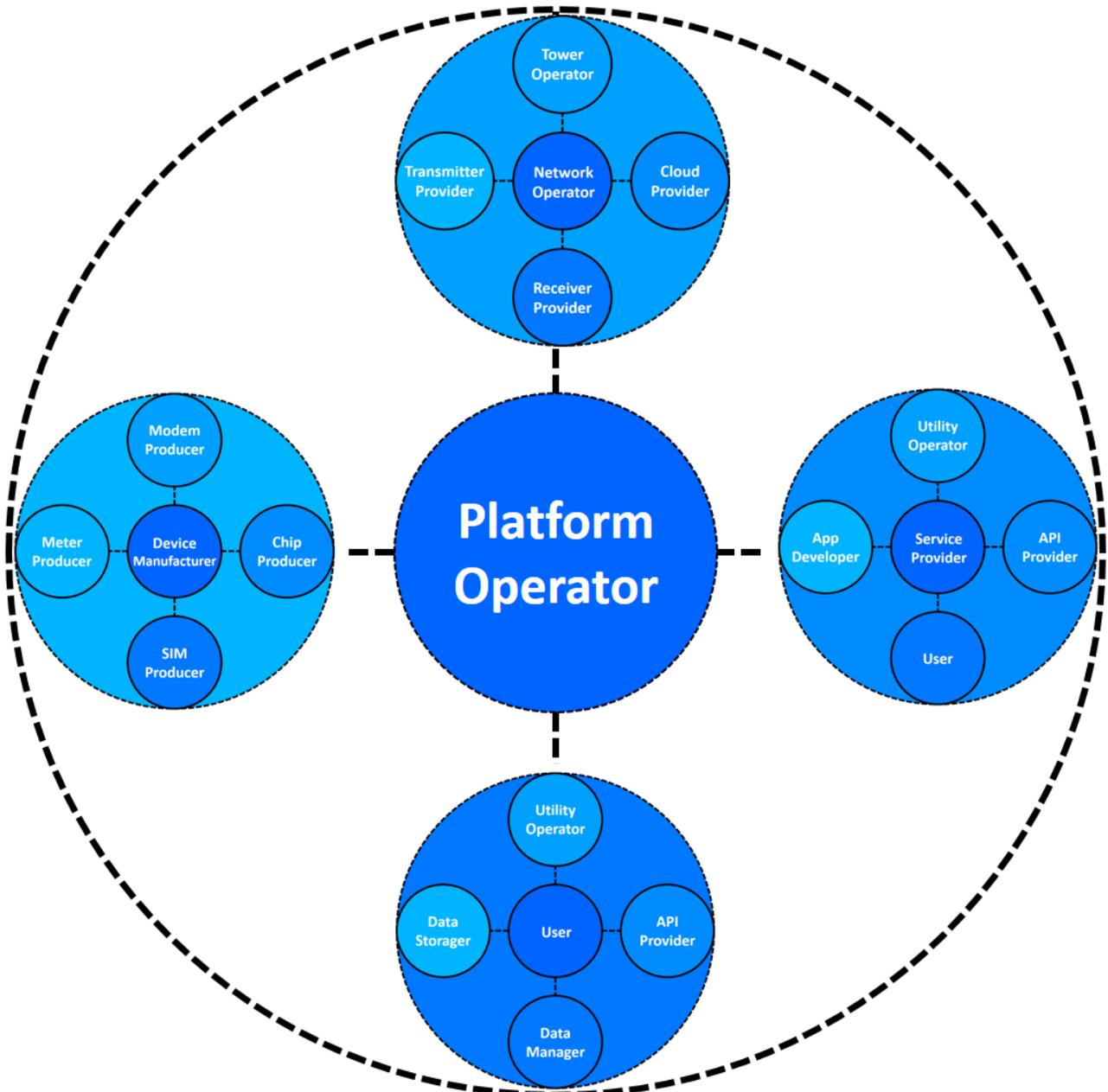
54. Infine, i singoli elementi della catena del valore presentano a loro volta una natura multiversante: i caratteri dell'ecosistema sono replicati, in modo analogo, su scale diverse e i tratti essenziali non cambiano se osservati con una lente di ingrandimento, come in un frattale

⁴ Cfr. Gawer, *Platforms, markets and innovation*, Edwar Elgar Publishing (2009).

(cfr. Figura 7). Ad esempio, se analizziamo il segmento dei produttori di *device*, possiamo notare come anche in questo caso sia necessaria l'integrazione di diverse componenti (la SIM, il *modem*, il *meter*, ecc.) e ciascuno dei diversi produttori cerca di proporsi come *platform operator* attorno al quale costruire lo *smart meter*. Analogo discorso per il segmento degli operatori di rete: non vi è necessariamente un solo operatore verticalmente integrato che controlla tutta la catena di trasmissione del segnale, bensì vi può essere un insieme variegato di soggetti che cooperano, ciascuno sfruttando i propri *asset*. Una prima classificazione delle reti di comunicazione può essere fatta distinguendo tra reti *wired* e reti *wireless*. Ad esempio, nel contesto dello *smart metering*, nel primo tipo rientrano le reti elettriche sulle quali viaggia il segnale di comunicazione (PLC). All'interno poi delle reti *wireless* si può distinguere tra reti che adoperano bande licenziate o meno. Poiché i contatori si trovano in postazione fissa, gli *standard* per lo *smart metering* sviluppati su rete *wireless* non prevedono, di norma, specifici meccanismi di mobilità, sia che operino su bande non licenziate, come nel caso del *Wireless Meter Bus* (WMBus), che su bande licenziate dedicate ai servizi di telefonia cellulare, come nel caso del *narrowband IoT* (NBloT). Ognuna di queste reti prevede poi l'interazione di diversi soggetti: ad esempio, nel caso di operatori di rete che sfruttano frequenze non licenziate (come SigFox o LoRa), all'interno dell'ecosistema troviamo le *Tower Company* (che posseggono le torri per la diffusione del segnale *wireless*), i produttori dei trasmettitori (che dispongono del *knowhow* per realizzare i dispositivi), e i gestori del *cloud* di comunicazione (che controllano in maniera centralizzata i messaggi dei dispositivi).

55. Pertanto, la catena del valore dello *smart metering* appare caratterizzata dalla sopra citate proprietà di multilateralità, di intercambiabilità, e di modularità.

Figura 7 – Struttura modulare della catena del valore dello *smart metering*



Fonte: AGCOM

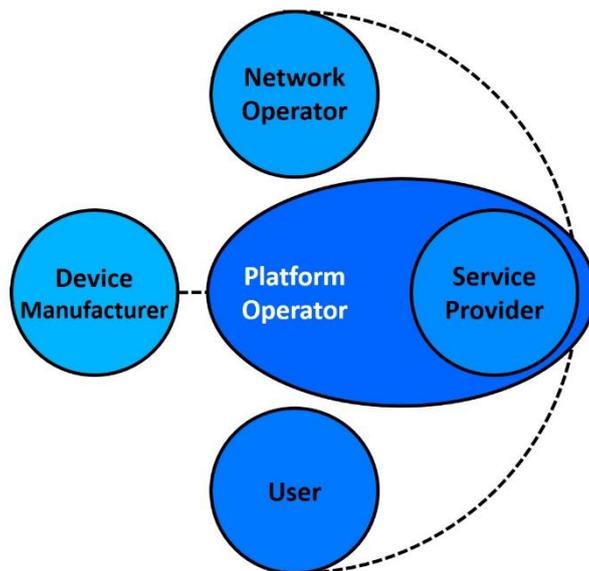
2.2.3 I modelli di *business*

56. Dopo aver descritto i principali attori e la struttura circolare della catena del valore, è possibile elencare alcuni modelli di *business*, evidenziando le principali relazioni tra gli *stakeholder*. Tale elenco non è ovviamente esaustivo, ma esemplifica alcuni dei *business case* presentati in audizione.

57. *Business Case #1* – Nel primo degli scenari proposti, l'utente interagisce direttamente con il fornitore della *utility*, che cerca dunque di imporsi come *platform operator* (cfr. Figura 8). Quest'ultimo fornisce i servizi di *smart metering* tramite una piattaforma che raccoglie e gestisce i dati. Le informazioni dal *meter* alla piattaforma sono, tipicamente ma non esclusivamente, veicolati

tramite rete mobile. È questo il caso, ad esempio, dei servizi di *smart metering* gas, per i quali l'utente (tipicamente *business*)⁵ si interfaccia direttamente con il gestore gas per i suddetti servizi. Il gestore, a sua volta, si rivolge agli operatori di rete *wireless* per la trasmissione dei dati, che ricorrono alla tecnologia WMBus e/o a quella cellulare per l'invio dei dati alla piattaforma centrale. Data la centralità del gestore della *utility* in questo processo, il modello di *business* proposto si può definire anche come *utility-based*.

Figura 8 – Modello di business *utility-based*



Fonte: AGCOM

58. ***Business Case #2*** – Un'altra possibilità è che l'utente si doti direttamente di un dispositivo integrato per la lettura del contatore. In questo caso, il dispositivo è connesso nativamente alla piattaforma *web* che permette all'utente di usufruire dei servizi di *smart metering* (cfr. Figura 9). È questo il caso, ad esempio, dei dispositivi GPM (*General Pulse Monitoring*) forniti dall'operatore Acotel che rilevano – tramite porta ottica – i consumi dell'utente. Una SIM pre-installata nel dispositivo permette la comunicazione di quest'ultimo con la piattaforma *web* fornitrice del servizio. Anche Enel sta testando un dispositivo analogo (denominato *Smart Info*), collegato al misuratore attraverso la linea elettrica e non attraverso la rilevazione ottica degli impulsi led. Tali modelli di *business* possono essere etichettati come *device-based*, poiché il dispositivo integrato è l'elemento principale del processo, e dunque il *device manufacturer* si propone anche di diventare *platform operator*.

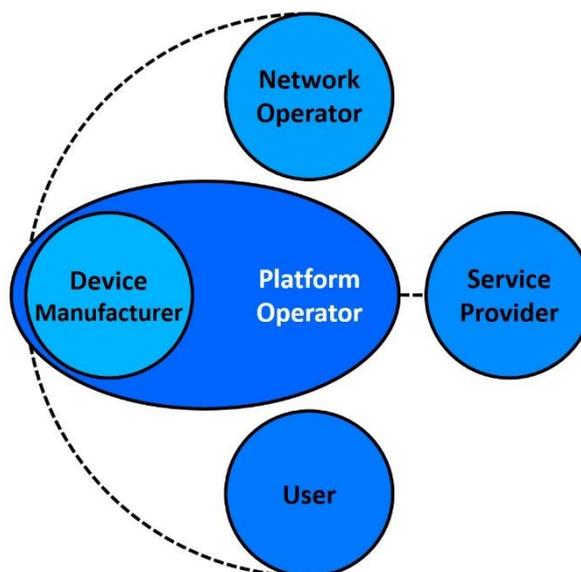
59. A tale riguardo si segnala che sul tema dei servizi di *smart metering* evoluti realizzati indipendente dal distributore è di recente intervenuta l'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato con il caso A486, avviato sulla base dell'ipotesi che ENEL Distribuzione (ED) avesse ostacolato l'attività di una società concorrente sul mercato dei servizi di *smart metering* evoluti. Il procedimento dell'Antitrust si è concluso il 6 settembre 2016 con l'accettazione degli impegni presentati da e-distribuzione S.p.A. – la società che nel frattempo ha sostituito ENEL Distribuzione - nel corso dell'istruttoria.

⁵ Anigas ha stimato che a fine 2015 meno del 10% del mercato di massa (fino a 6 m³ orari) fosse dotata di *smart meter* a fronte di oltre il 90% dell'utenza *business* (superiore a 16 m³ orari).

60. Questa istruttoria mirava a verificare eventuali condotte abusive del gruppo Enel nel settore dei servizi di *smart metering* evoluti, che consentono appunto ai clienti di avere informazioni dettagliate, quasi in tempo reale, sui propri comportamenti di consumo. Nel provvedimento di avvio si era ipotizzato che ED avesse: i) proceduto a numerosi episodi di distacco dei dispositivi led-based o conta-impulsi del segnalante; ii) negato la possibilità di accesso fisico al contatore per installare gli apparecchi conta impulsi del segnalante nei casi in cui lo stesso contatore fosse posto all'interno di coperture, grate o teche; iii) rifiutato alla società segnalante l'accesso agli elementi tecnici e di know-how in grado di consentire di replicare un sistema di conoscenza avanzata dei consumi che si basasse su un diverso dispositivo posto direttamente nella presa elettrica in casa del cliente e che leggesse direttamente i dati del contatore (c.d. in-home device), simile a quello prodotto dalla stessa ED e denominato "Smart Info".

61. Gli impegni presentati da ED, consistono, tra gli altri, in diverse previsioni atte a garantire lo sviluppo dei servizi per la misurazione dettagliata dei consumi elettrici attraverso diversi dispositivi. In primo luogo ED ha assunto l'impegno a limitare le rimozioni dei dispositivi led based dai contatori solo nei casi di stretta necessità, assicurando il trasferimento al mercato di elementi informativi sul programma di installazione dei contatori elettronici di seconda generazione che la società effettuerà nei prossimi anni. In secondo luogo, per i misuratori collocati all'interno di quadri di alloggiamento sigillati, ED metterà a disposizione a titolo gratuito, entro un numero massimo di interventi mensili, la scheda Emittitore Segnali ("scheda ES") per la fruizione dei servizi di monitoraggio avanzato dei consumi. Infine, ED fornirà su richiesta un modulo Original Equipment Manufacturer ("OEM") integrabile in dispositivi in-home device di terze parti, ovvero metterà a disposizione a chi ne faccia richiesta anche il proprio in-home device c.d. Smart Info, in versione debrandizzata, in entrambi i casi a prezzo di costo.

Figura 9 – Modello di business *device-based*

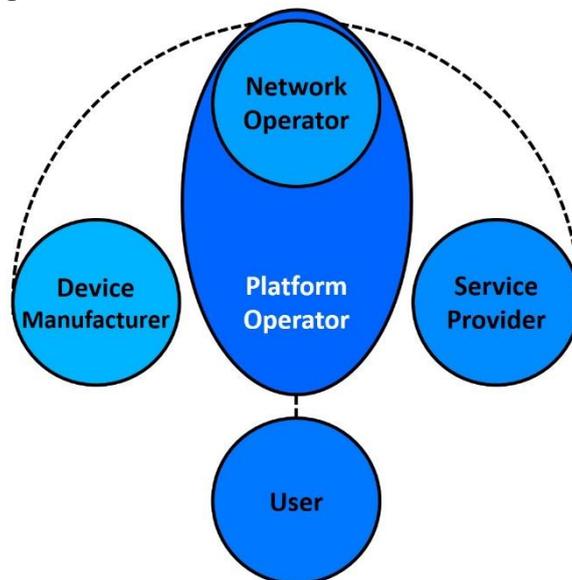


Fonte: AGCOM

62. Business Case #3 – In alcuni scenari, è l'operatore di rete che offre una propria piattaforma all'utente per la fornitura di servizi di domotica (*Smart Home*), tra cui anche servizi per il controllo dei consumi di elettricità, gas, acqua, calore (cfr. Figura 10). In questo caso, l'utente riceve dal proprio operatore di rete un *kit* da installare a casa, che gli permette di usufruire a distanza di servizi

di *monitoring* e di *alert*. In Italia tale soluzione è proposta da alcune compagnie di telecomunicazioni, che tipicamente offrono tali servizi in *bundle* con le proprie offerte di telefonia fissa e mobile. Pertanto, si può in questo caso parlare di modelli di business *network-based*, evidenziando in tal modo la centralità dell'operatore di rete che aspira a diventare *platform operator*: il *network operator* sfrutta i contratti già in corso con l'utente residenziale per ampliare i propri servizi.

Figura 10 – Modello di business *network-based*



Fonte: AGCOM

3 L'infrastruttura di comunicazione dei dati

63. Centrale ai fini dello sviluppo del settore dei sistemi di *smart metering* è la scelta delle tecnologie atte a supportare la comunicazione dei dati prelevati dal misuratore sia verso il gestore della *utility* per le funzionalità di telelettura e telegestione, sia verso i dispositivi d'utente per il monitoraggio avanzato dei consumi e per la fornitura di servizi innovativi a valore aggiunto.

64. Sul punto, la presente indagine restituisce un quadro piuttosto variegato, con una molteplicità di soluzioni di connettività disponibili nell'immediato o a breve termine.

65. La valutazione delle diverse soluzioni richiede, in ogni caso, una preliminare fase di individuazione dei requisiti di sistema. Detti requisiti sono, da un lato, dettati dalla necessità di fornire il servizio con una qualità adeguata e, in quanto tali, comuni alla classe di applicazioni IoT cui i sistemi di *smart metering* appartengono – le cosiddette applicazioni IoT massive – dall'altro, essi sono da derivarsi dalle norme stabilite dalle autorità di regolamentazione dei settori interessati, al fine di stimolare lo sviluppo dei mercati, promuovere la concorrenza tra i fornitori dei servizi e tutelare l'utente.

3.1 I requisiti di sistema

3.1.1 I requisiti regolamentari

66. In linea con l'approccio sopra delineato e guardando al **settore elettrico**, occorre fare riferimento, in primo luogo, ai requisiti per i sistemi di *smart metering* di seconda generazione indicati dall'AEEGSI nella deliberazione n. 87/2016/R/EEL del 8 marzo 2016, in linea con la Raccomandazione della Commissione europea n. 148/2012 del 9 marzo 2012 sui preparativi per l'introduzione dei sistemi di misurazione intelligenti. L'Autorità, in tale sede, specifica dieci criteri di progettazione "a prova di futuro", così riassumibili:

1. minimizzazione delle esigenze di riprogrammazione di sistema;
2. massima indipendenza possibile da componenti hardware aggiuntive;
3. separazione delle risorse di comunicazione per la telegestione e per la messa a disposizione dei dati ai clienti e a terze parti designate dai clienti;
4. interoperabilità con dispositivi di terze parti per la messa a disposizione dei dati a clienti e a terze parti designate dai clienti;
5. intercambiabilità con sistemi di altri distributori di energia elettrica;
6. immunità in ambienti elettromagnetici perturbati;
7. multicanalità per la comunicazione e la messa a disposizione dei dati;
8. sicurezza informatica avanzata;
9. progressiva integrazione con i sistemi intelligenti di distribuzione;
10. minimizzazione dei vincoli di retrocompatibilità per la terza generazione.

67. Tali criteri guida per l'evoluzione dei sistemi dalla prima alla seconda generazione risultano – alla luce delle posizioni rappresentate dagli *stakeholder* nel corso delle attività del Gruppo di Lavoro, nonché degli intendimenti espressi dalla stessa AEEGSI – in larga misura applicabili anche nell'indirizzare la transizione verso successive versioni dei sistemi di misurazione.

68. Quanto ai requisiti funzionali, l'AEEGSI specifica (nel documento di consultazione 416/2015/R/EEL e successivamente nella deliberazione AEEGSI n. 87/2016/R/EEL) per i sistemi di seconda generazione dieci funzionalità di alto livello:

1. la registrazione di grandezze continue (energia, potenza, tensione);
2. la registrazione di eventi (qualità del servizio, eventi contrattuali);
3. l'acquisizione periodica delle grandezze registrate;
4. la telegestione e il controllo del limitatore di potenza;
5. la configurabilità di alcuni parametri da parte dei venditori e parti designate;
6. la visualizzazione sul *display* locale;
7. la trasmissione dati al sistema di telegestione dell'impresa distributrice;
8. la messa a disposizione dei dati al consumatore o parti designate;
9. la gestione di allarmi;
10. l'elevata raggiungibilità e riprogrammabilità dei misuratori da remoto.

69. I sistemi di misura intelligente supportano in particolare, lungo la *chain 1* (cfr. allegato B della deliberazione AEEGSI n. 87/2016/R/EEL):

- prestazioni in *upward*, dal misuratore al sistema informativo integrato e/o ai venditori:
 - di telelettura massiva, con disponibilità giornaliera di curve di misure quartorarie effettuate entro le 24 ore precedenti nel 95% dei casi ed entro le 96 ore precedenti nel 97% dei casi;
 - di segnalazione spontanea su base evento, con inclusione di dati associati all'evento, entro un'ora dalla richiesta, con probabilità superiore all'88% e funzione della penetrazione del servizio;
- prestazioni in *downward*:
 - di telegestione, entro 4 ore dalla richiesta nel 94% dei casi ed entro 24 ore nel 97% dei casi;
 - di riprogrammazione massiva, entro un tempo limite pari almeno a 30 giorni (per il 94% dei distributori messi in servizio).

70. Secondo quanto specificato dall'AEEGSI, inoltre, la *chain 2* dovrà supportare la trasmissione istantanea di dati a dispositivi esterni (c.d. *in-home device*)⁶.

71. Per entrambi i *link* di collegamento (*chain 1* e *chain 2*), l'AEEGSI stabilisce l'impiego di misure di sicurezza che garantiscano almeno: la confidenzialità, l'integrità e l'autenticità dei dati scambiati, tramite l'uso di opportune tecniche e protocolli crittografici *standard*.

72. Quanto ai canali di trasmissione da prevedere lungo le due tratte di comunicazione dei dati, l'AEEGSI adotta un criterio di neutralità tecnologica, richiedendo sin dalla versione 2.0: la

⁶ Cfr. Allegato A della deliberazione AEEGSI n. 87/2016/R/EEL.

disponibilità su *chain 1* di due canali indipendenti con tecnologia scelta dall'impresa distributrice, *wired* o *wireless*, che garantisca la possibilità di subentro e l'intercambiabilità in caso di passaggio di concessione tra imprese distributrici, la disponibilità su *chain 2* di almeno un canale, con protocollo di comunicazione *standard*, unificato a livello nazionale, tra misuratore e dispositivo.

73. L'AEEGSI ritiene dunque cruciale, per la Chain 1, (come anche specificato nei *considerata* della delibera) *“la garanzia della condizione di intercambiabilità tra imprese distributrici dei sistemi di smart metering 2G, in vista del riassetto dell'attività di distribuzione che dovrebbe intervenire entro il 2030, per effetto delle disposizioni di cui all'articolo 9, comma 2, del decreto legislativo 79/1999; e che ciò impone uno standard unificato a livello nazionale”*⁷, e per la Chain 2 la garanzia di interoperabilità tra contatore e dispositivi d'utenza di terze parti.

74. L'AEEGSI ha, infine, ritenuto opportuno delineare la possibilità di una versione successiva del misuratore 2.0 (ossia la versione 2.1), dotata di un canale aggiuntivo di comunicazione utilizzabile per la trasmissione delle misure ai dispositivi del cliente, al fine di aumentare la resistenza alle interferenze, assicurare comunicazioni tempestive per servizi commerciali innovativi, utili a migliorare l'impronta energetica del cliente di energia elettrica in bassa tensione; inoltre, la versione 2.1 potrebbe garantire la possibilità di riattivare in sicurezza la fornitura senza necessità di riarmo locale dell'interruttore inserito nel misuratore qualora sia stato necessario interrompere l'erogazione di energia elettrica per superamento della soglia di potenza contrattualmente disponibile. Secondo quanto preliminarmente indicato dall'AEEGSI, sotto il profilo delle comunicazioni la versione 2.1 potrebbe essere caratterizzata da una (o entrambe) delle seguenti soluzioni tecnologiche:

- soluzione con connettore fisico sicuro e alloggiamento separato in cui può essere riposto un dispositivo dell'utente oppure può essere collegato un cavo, inclusa fibra ottica;
- soluzione *wireless* con canale di trasmissione dati dal misuratore su banda licenziata o non licenziata, aggiuntivo almeno a quello richiesto per la *chain 2*.

75. L'AEEGSI lascia aperta la possibilità che l'utilizzo della soluzione prescelta per la *chain 2* si estenda anche alla *chain 1*, richiedendo in tal caso il rispetto di determinati livelli di sicurezza e prestazionali, che si riserva di definire.

76. Un ulteriore requisito in termini di ciclo di vita dei misuratori intelligenti e i tempi di disponibilità delle tecnologie deriva dal considerare che, ai sensi delle norme vigenti⁸, la vita utile utilizzata a fini regolatori dei misuratori elettronici di energia elettrica in bassa tensione è pari a 15 anni. Il DM 60/2015 prevede, inoltre, che per i misuratori elettronici di energia elettrica in bassa tensione, installati dopo il recepimento della direttiva n. 2004/22/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa agli strumenti di misura (la cosiddetta direttiva MID), avvenuto con il decreto legislativo n. 22 del 2 febbraio 2007, la verifica periodica debba avvenire ogni 15 anni.

⁷ Cfr. deliberazione AEEGSI n. 87/2016/R/EEL.

⁸ Cfr. deliberazione AEEGSI n. 654/2015/R/EEL, del 23 dicembre 2015, e, in particolare, l'Allegato A, recante “Testo integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'erogazione dei servizi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica - disposizioni per il periodo 2016-2019 (TIT)”.

77. Secondo quanto riferito da uno dei soggetti intervenuti in audizione (TIM) e confermato dai dati riportati dall'AEEGSI in delibera 267/2016/R/EEL⁹, Enel ha installato la prima generazione di *smart meter* tra il 2001 e il 2006, mentre gli altri distributori hanno provveduto tra il 2006 e il 2012 (delibera AEEGSI n. 292/06). Pertanto, secondo quanto stimato dallo stesso soggetto, Enel dovrebbe iniziare la sostituzione a fine 2016 con 120.000 contatori, mentre tra il 2017 e il 2021 le sostituzioni di Enel potrebbero oscillare tra i 4,8 e i 6,7 milioni all'anno; complessivamente, tra il 2016 e il 2026, Enel potrebbe provvedere alla sostituzione di 37 milioni di *meter* elettrici, detenendo l'85% del mercato. Gli altri distributori inizierebbero invece le proprie sostituzioni tra il 2021 ed il 2026.

78. Ampliando il perimetro dell'indagine ad altri servizi di pubblica utilità ed alle norme poste a disciplina degli stessi è possibile derivare l'ulteriore criterio dello **sviluppo in logica multi-servizio** della infrastruttura di comunicazione dei dati di *smart metering*. Tale modello di implementazione è introdotto in considerazione dei potenziali benefici di efficienza economica e di natura sociale che esso può recare.

79. In tale ottica si colloca, ad esempio, la sperimentazione, avviata dall'AEEGSI con deliberazione n. 393/2013/R/GAS, di utilizzo condiviso della infrastruttura di comunicazione abilitante lo *smart metering* gas con altri servizi di pubblica utilità. Nel dettaglio, lo scenario operativo in fase di sperimentazione prevedeva la condivisione delle infrastrutture di comunicazione fra i servizi ricompresi nella regolazione di competenza AEEGSI, ovvero, oltre al gas, anche elettricità, calore da teleriscaldamento e acqua, e servizi non regolati da AEEGSI (es. servizi di raccolta rifiuti, di monitoraggio ambientale, di mobilità e persino servizi alla persona). Viene prospettata pertanto, per la prima volta, la possibilità della lettura da remoto dei **misuratori dell'acqua**, pur se al momento non sono previste specifiche disposizioni in tal senso¹⁰.

80. Quanto al settore del **metering gas**, come noto, è in atto un processo di rinnovamento tecnologico, per effetto degli obblighi introdotti dai provvedimenti dell'AEEGSI¹¹ a partire dal 2008. In particolare, in relazione agli obblighi di messa in servizio degli *smart meter* gas, l'AEEGSI ritiene che *“la riformulazione del piano di messa in servizio sia tale da permettere anche di cogliere eventuali sinergie ed efficienze derivanti da un possibile sviluppo su larga scala della telegestione multiservizio o dall'utilizzo di nuove tecnologie di comunicazione dedicate ai servizi Machine-to-Machine, qualora tali soluzioni si dimostrino effettivamente performanti ed efficienti”*¹².

81. Sul punto, rileva evidenziare che le tecnologie trasmissive integrate nei contatori gas devono essere conformi alle norme tecniche emesse dal Comitato italiano gas (CIG) federato UNI, in particolare alla norma UNI TS 11291, che, ad oggi, prevede l'utilizzo di tecnologie cellulari di seconda generazione (GSM/GPRS) per le modalità di comunicazione punto-punto e l'utilizzo della tecnologia di comunicazione a radiofrequenza a 169 MHz per la modalità di comunicazione punto-multipunto.

⁹ Cfr. deliberazione AEEGSI n. 267/2016/R/EEL, del 26 maggio 2016, recante “Sistemi di smart metering di seconda generazione per la misura di energia elettrica in bassa tensione, conformi ai requisiti funzionali di cui alla deliberazione 87/2016/R/eel Orientamenti per il riconoscimento dei costi”.

¹⁰ Cfr. deliberazione AEEGSI n. 218/2016/R/IDR, del 5 maggio 2016, recante “Disposizioni per l'erogazione del servizio di misura del servizio idrico integrato a livello nazionale”.

¹¹ Cfr. deliberazione AEEGSI n. 155/2008/ARG/GAS, del 22 ottobre 2008, recante “Direttive per la messa in servizio dei gruppi di misura del gas, caratterizzati da requisiti funzionali minimi e con funzioni di telelettura e telegestione, per i punti di riconsegna delle reti di distribuzione del gas naturale” e le successive modifiche e integrazioni.

¹² Cfr. delibera n. 554/2015/R/GAS, del 20 novembre 2015, recante “Disposizioni in materia di obblighi di messa in servizio degli *smart meter* gas e modifiche e integrazioni della RTDG”.

È pertanto richiesto l'aggiornamento e adeguamento delle suddette norme, affinché eventuali ulteriori opzioni tecnologiche siano utilizzabili nello sviluppo di sistemi di *smart metering* gas.

82. Secondo quanto riferito dai soggetti sentiti in audizione, il piano di implementazione dello *smart metering* promosso dall'AEEGSI ha indotto le imprese distributrici del settore gas ad installare, sin dal 2009, contatori conformi ai requisiti funzionali espressi dall'AEEGSI e alle norme tecniche del CIG. La messa in servizio di contatori elettrici di utilizzo industriale e commerciale (di calibro superiore a G6, ossia con una portata superiore ai 6 m³ orari) è, pertanto, già ampiamente diffusa, con circa 450.000 contatori installati con tecnologie di comunicazione di tipo cellulare di seconda generazione GSM/GPRS e investimenti già effettuati di circa 490 milioni di euro. Si prevede di completare la messa in servizio di tale classe di contatori, destinata a grandi utenti, entro il 2018, con un valore complessivo di 531.000 contatori e investimenti totali pari a 525 milioni di euro.

83. Per quanto concerne gli *smart meter* di calibro minore o uguale a G6, destinati ad utenza residenziale, il suddetto piano di rinnovamento disegna un percorso differenziato in funzione della dimensione delle imprese distributrici, prevedendo, per le imprese distributrici con più di 200.000 clienti finali al 31 dicembre 2013, la messa in servizio dei gruppi di misura di nuova generazione nel 50% dei punti di riconsegna della rete di distribuzione del gas naturale entro il 31 dicembre 2018. Ulteriori obiettivi sono previsti anche per le imprese distributrici con meno di 200.000 clienti ma più di 50.000.

84. Ad oggi, in linea con quanto riferito da alcuni soggetti in sede di consultazione e di audizione, risultano installati circa 1.400.000 contatori elettronici del gas per uso domestico, di cui circa 785.000 con tecnologia GSM/GPRS e la restante parte con tecnologia punto-multipunto a 169 MHz.

3.1.2 I requisiti funzionali e prestazionali

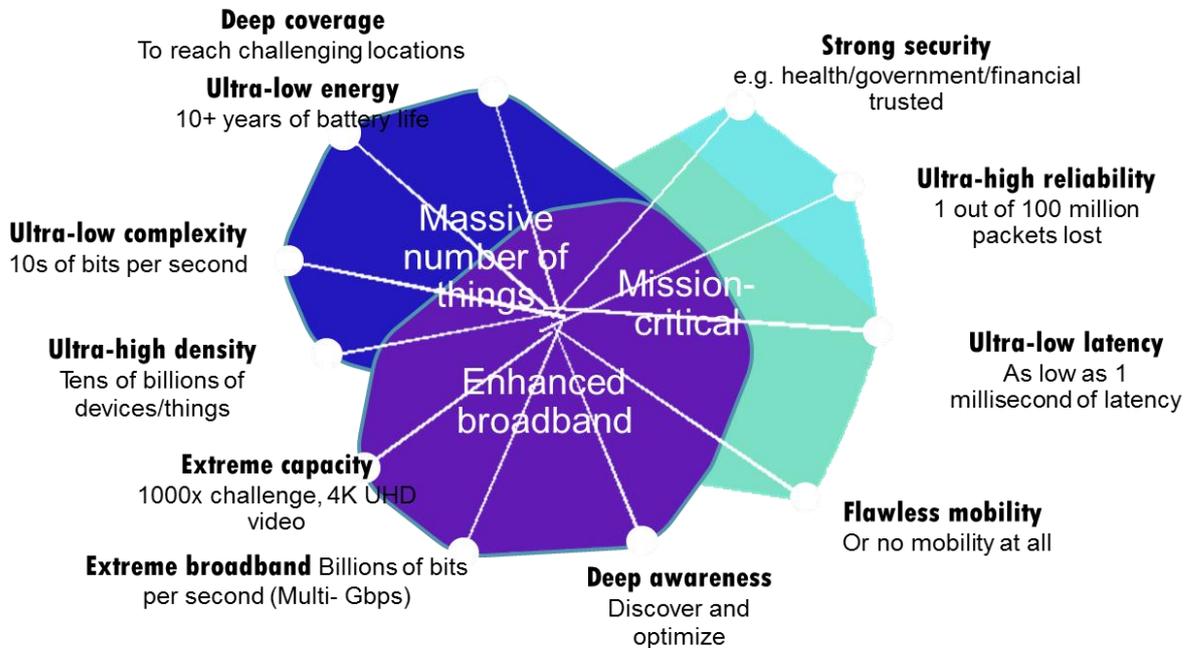
85. Alla sopra descritta serie di criteri posti dalla regolamentazione, si aggiungono requisiti dettati dalle specifiche esigenze – tecniche e commerciali – di qualità e livello di servizio dei sistemi di *smart metering*. Tali requisiti, comuni alla specifica classe di applicazioni IoT cui detti sistemi appartengono (IoT massivo), differenziano per taluni aspetti tale classe da quella delle applicazioni IoT a larga banda e *mission-critical*, ponendo specifici vincoli al progetto dell'infrastruttura di comunicazione dei dati (cfr. Figura 11).

86. Detti requisiti, sui quali concordano tutti i soggetti sentiti, sono di seguito riportati:

- economicità e bassa complessità ingegneristica dei dispositivi, requisiti chiave per applicazioni caratterizzate da volumi elevati e rivolte a mercati di massa;
- basso livello di difettosità dei dispositivi, che determinerebbe ingenti costi di manutenzione, riducendo drasticamente i benefici della gestione da remoto;
- ridotto consumo energetico dei dispositivi, in assenza di alimentazione; disponibilità del servizio sull'intero territorio nazionale;
- raggiungibilità dei contatori posti nei seminterrati o racchiusi in contenitori metallici; supporto della trasmissione dati bidirezionale, per applicazioni di telelettura e telegestione, con *bitrate* inferiori a 1 Mbps;
- elevata numerosità di dispositivi di misura gestiti dalla rete;
- tutela della *privacy* dei dati dei clienti e sicurezza della rete di comunicazione: stante la natura estremamente sensibile delle informazioni e dei comandi trasportati, dovrà essere garantita l'inviolabilità del sistema nei confronti di tentativi di intrusione da parte di terzi.

87. Non sussistono, dunque, per la particolare categoria di applicazioni IoT all'esame, requisiti stringenti in termini di capacità trasmissiva disponibile per utente, né in termini di latenza, non essendo prevista una trasmissione dei dati in tempo reale.

Figura 11 – Requisiti di connettività per applicazioni IoT



Fonte: Qualcomm

3.2 Le tecnologie abilitanti

88. Tanto premesso, dall'indagine condotta emerge la disponibilità attuale e prospettica di un'ampia gamma di tecnologie. Un'analisi comparativa di dette tecnologie può essere condotta confrontando le diverse soluzioni sulla base dei requisiti funzionali e prestazionali sopra individuati, nonché di talune caratteristiche tecniche, quali l'estensione della copertura e l'impiego di banda licenziata o meno, in grado di influenzare i livelli di qualità del servizio (cfr. Figura 12).

89. In primo luogo, risulta opportuno analizzare la soluzione di tipo *wired* attualmente adottata per lo *smart metering* elettrico, ovvero la **tecnologia PLC**.

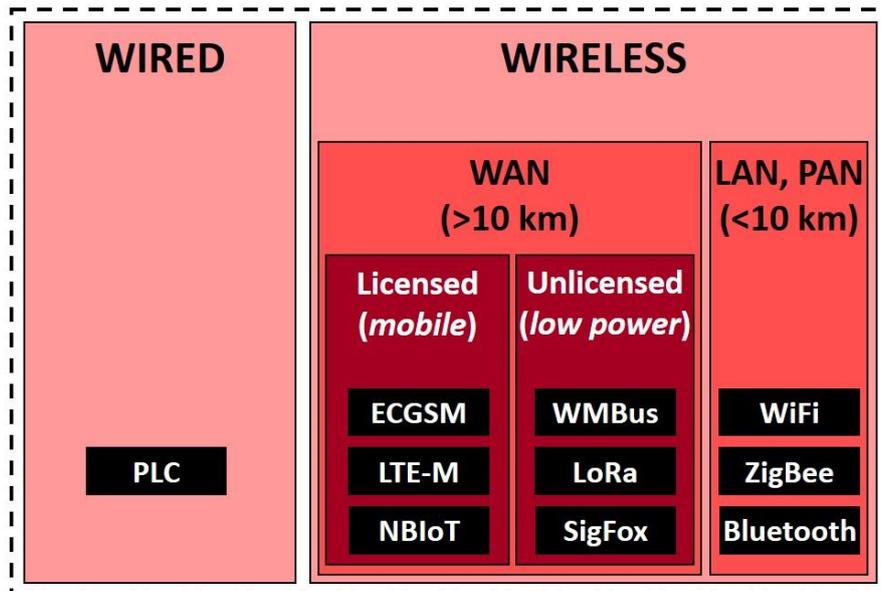
90. Passando quindi all'esame di soluzioni di connettività *wireless*, è utile procedere per classi di soluzioni omogenee. Guardando, in particolare, alle reti di tipo **Wide Area Network (WAN)**, in grado di supportare coperture di ampio raggio (dell'ordine delle decine di chilometri), risultano adatte ad applicazioni di *smart metering* due tipologie di reti:

- **Reti su bande licenziate, con architettura di tipo cellulare** e tecnologie standardizzate dal 3GPP per applicazioni IoT massive, quali le tecnologie EC-GSM (*extended coverage GSM*), LTE-M (Cat 1, Cat 0 e Cat M) e NB-IoT;

- **Reti su bande non licenziate**, caratterizzate, oltre che dall'ampio raggio di copertura, da bassi consumi dei dispositivi (c.d. reti LP-WAN, *Low Power Wide Area Network*), quali ad esempio SigFox, LoRa e WMBus.

91. Considerando aree di servizio di estensione più contenuta, ovvero analizzando reti adatte alla connettività di area locale – **Local Area Network (LAN)** – e personale – **Personal Area Network (PAN)** – occorre inserire nel novero delle possibili soluzioni di connettività *wireless* (sebbene non analizzate nel prosieguo) le seguenti tecnologie: IEEE 802.11ah, 802.11p, ZigBee, Bluetooth.

Figura 12 – Classificazione delle tecnologie abilitanti lo *smart metering*



Fonte: AGCOM

3.2.1 Tecnologie wired

92. Specifica considerazione richiede, come premesso, la tecnologia ad onde convogliate *Power Line Communication (PLC)*, utilizzabile nel solo scenario di *smart metering* elettrico (cfr. Tabella 4). Tale tecnologia consente di impiegare la linea elettrica in bassa tensione per trasmettere i dati di lettura dei contatori, combinando le esigenze di connettività con quelle di monitoraggio delle linee elettriche. Sfruttando tale tecnologia, l'Italia è stata il primo Paese al mondo a dotarsi integralmente di un sistema di *smart metering* per tutti i clienti in bassa tensione.

93. Il Comitato europeo per la standardizzazione elettronica (CENELEC) riserva alle imprese di distribuzione una banda di comunicazione PLC, la cosiddetta banda A, attualmente impiegata per le comunicazioni tra *smart meter* e concentratore (c.d. "Chain 1"). Una distinta banda, la cosiddetta banda C, è inoltre riservata ad usi di comunicazione degli utenti. In linea con la deliberazione AEEGSI, tale banda potrà essere impiegata per le comunicazioni tra *smart meter* e dispositivo di utenza (c.d. *Chain 2*). Non essendo ancora disponibile un protocollo *standard* CENELEC su banda C, l'AEEGSI ha dato mandato al Comitato elettrotecnico italiano (CEI) ad avviare lavori normativi in tal senso. Il Gruppo di lavoro si è insediato ed è composto di esperti di diversa provenienza (*meter manufacturers, utility, telecom providers*).

94. L'architettura di rete, già utilizzata nei sistemi di misura di prima generazione e idonea a raggiungere la quasi totalità dei misuratori per i servizi di telelettura e telegestione, si basa sull'impiego del protocollo PLC (banda A), che supporta lo scambio bidirezionale di dati tra il contatore elettronico e il concentratore installato presso le cabine di trasformazione media tensione/bassa tensione. A differenza di quanto indicato nella figura, nel caso italiano la comunicazione tra concentratore e sistema centrale avviene utilizzando le tradizionali reti di comunicazione per la trasmissione dati (in via principale il GSM/GPRS, e le reti satellitari e PSTN).

95. La tecnologia PLC presenta, infine, talune criticità in ordine alle prestazioni conseguibili negli scenari allo studio. La propagazione del segnale è infatti limitata alle brevi distanze (comunque compatibili con l'estensione tipica delle reti di bassa tensione in Italia) ed è soggetta a possibili interferenze sia in banda A (dove, a questo proposito, si usa la soluzione di utilizzare gli *smart meter* anche come *repeater*) che in banda C. Inoltre, la tecnologia PLC (per alcune soluzioni architetturali) non appare adatta ad *use case* con stringenti requisiti di tempo reale o di "attivazione spontanea": una configurazione *master-slave* tra concentratore e *meter* (con o senza *repeater*) non consente l'attivazione tempestiva di comunicazioni da parte del singolo misuratore. A ciò si aggiunga che il tempo complessivo di "polling" di tutti i misuratori che condividono lo stesso canale in banda A non permetterebbe un colloquio effettivo in tempo reale tra misuratore e stazione centrale.

Tabella 4 – Specifiche della tecnologia PLC

Use case
La tecnologia è utilizzabile nel solo scenario operativo dei sistemi di <i>smart metering</i> elettrico.
Standardizzazione e disponibilità della tecnologia
Per le installazioni domestiche, lo standard è deciso dall' <i>Homeplug Powerline Alliance</i> , consorzio di 70 imprese costituito nel 2000. Gli standard presenti nel mercato per la tecnologia <i>powerline</i> sono: <i>HomePlug</i> 1.0 (alle velocità di 15 o 85 Mbps), gli <i>HomePlug AV</i> a 200 Mbit/s e i prodotti UPA (<i>Universal Powerline Association</i>) a 200 Mbps.
Architettura, dispiegamento della rete, scalabilità
Essendo una tecnologia <i>wired</i> , il dispiegamento della rete coincide con quello della rete elettrica.
Copertura radio, caratteristiche di propagazione del segnale, bande di frequenza, canalizzazione
Le bande sono definite dal CENELEC e sono la banda A (3 kHz – 95 kHz) destinata ai fornitori di energia elettrica, e le bande B, C, e D (complessivamente da 95 kHz a 148 kHz) per gli utenti finali.
Bitrate, capacità di rete, latenza, modalità di trasmissione, supporto della mobilità/nomadicità
Lo standard adottato da IEEE nell'ottobre 2008 per le PLC è lo standard <i>HomePlug</i> .
Costo modulo di comunicazione e costi infrastruttura di rete (Capex/Opex)
Il costo del <i>device</i> , che può raggiungere i 100\$ se integrato con altre tecnologie (ad esempio il WiFi), è elevato, se paragonato alle altre tecnologie.
Durata batteria, sicurezza, qualità del servizio, interoperabilità
Essendo alimentato, il dispositivo non presenta problematiche di durata della batteria.

Fonte: *HomePlug Alliance*

3.2.2 Tecnologie *wireless licensed*

96. Le infrastrutture di comunicazione dati nei sistemi di *smart metering* possono anche essere realizzate tramite tecnologie *wireless licensed*, operanti su frequenze dedicate alle comunicazioni mobili e personali e basate su architetture di reti cellulari (cfr. Figura 14). L'impiego di tali reti cellulari consente, in linea generale, di usufruire di taluni benefici, tra i quali:

- la copertura del servizio quasi completa sul territorio nazionale;
- l'impiego di bande radio licenziate, con conseguente controllo del livello di interferenza a garanzia di un utilizzo efficiente dello spettro e di un'adeguata qualità di servizio, anche in presenza di un elevato numero di dispositivi connessi alla rete;
- la standardizzazione della tecnologia a livello ETSI (2G) o 3GPP¹³ (3G/4G) e, per conseguenza, l'esistenza di ingenti economie di scala;
- la maturità dell'ecosistema;
- la scalabilità della rete, in termini di volumi di traffico e numerosità dei dispositivi connessi, gestibili con investimenti ed *effort* aggiuntivi limitati;
- la flessibilità della tecnologia a supportare un'ampia gamma di applicazioni, da applicazioni IoT massive ad applicazioni *mission-critical*, in differenti scenari d'uso;
- il supporto di funzionalità a garanzia della qualità di servizio (QoS), tali da consentire la definizione di *Service Level Agreements* con specifici livelli di servizio;
- la tutela della *privacy* dei dati d'utente;
- il supporto di meccanismi di autenticazione e sicurezza della rete, anche mediante l'utilizzo di SIM gestibili e riprogrammabili da remoto (*soft-SIM*), tramite modalità *over-the-air*, a completamento della attuale fase di definizione degli standard.
- In aggiunta a quanto sopra e al fine di assicurare il rispetto dei requisiti tecnici e commerciali tipici di applicazioni IoT massive, il 3GPP ha definito specifici profili, introducendo negli *standard* cellulari funzionalità evolute, sia lato rete, sia lato dispositivo d'utente.

97. In dettaglio, tre sono le possibili tecnologie *wireless licensed* (Cfr. Tabella 5) impiegabili per comunicazioni di tipo *machine-to-machine*: *Extended Coverage GSM (EC-GSM)*, *LTE Machine-to-machine (LTE-M)*, *Narrow Band IoT (NB-IoT)*.

Tabella 5 – Confronto tra tecnologie *wireless licensed* per *smart metering*

	EC-GSM	LTE-M			NB-IoT
		Cat 1	Cat 0	Cat M (e-MTC)	
Standardizzazione LTE	Release 13	Release 8	Release 12	Release 13	Release 13
Bitrate di picco (downlink)	0.1 Mbps	10 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	0.2 Mbps
Bitrate di picco (uplink)	0.1 Mbps	5 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	0.144 Mbps
Larghezza di banda	0.2 MHz	20 MHz	20 MHz	1.4 MHz	0.2 MHz
Complessità modem (rif Cat 4)	40%	80%	40%	20%	< 15%

Fonte: 3GPP

98. Con riguardo a **EC-GSM**, le specifiche sono definite dal 3GPP nella Release 13 dello *standard*. Tale tecnologia utilizza l'infrastruttura di rete GSM/GPRS esistente, per la quale si rende necessario unicamente un aggiornamento *software*. EC-GSM consegue un miglioramento della copertura senza

¹³ Il 3GPP (3rd Generation Partnership Project) è un accordo di collaborazione, formalizzato nel dicembre 1998, fra enti che si occupano di standardizzare sistemi di telecomunicazione in diverse parti del mondo. Unisce sette organismi internazionali di sviluppo degli *standard* di telecomunicazione: ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC.

la necessità di portanti aggiuntive: i canali di dati e di controllo sono mappati nei canali GSM tradizionali; il traffico dei dispositivi EC-GSM è multiplato con il traffico GPRS. Sono supportati fino a 50.000 dispositivi connessi per cella, per singolo trasmettitore. L'impiego della citata tecnica eDRX consente il miglioramento della efficienza di potenza e durata della batteria (Cfr. Tabella 6).

99. Tale tecnologia consente pertanto di superare le criticità della tecnologia 2G per applicazioni di *smart metering*, garantendo la raggiungibilità dei contatori posti nei seminterrati o racchiusi in contenitori metallici ed, al contempo, permettendo il riutilizzo o l'impiego sinergico delle risorse radio e delle risorse di rete GSM. Secondo quanto anche rappresentato in sede di audizione (e-distribuzione), l'utilizzo della tecnologia 2G è, infatti, allo stato, ampiamente diffuso per lo *smart metering*, nel settore elettrico, sia per i collegamenti di *chain 1* tra concentratori in bassa tensione (circa 400.000) e gli apparati di rete dell'impresa di distribuzione, sia per i collegamenti con i suddetti apparati dei circa 100.000 contatori connessi in media tensione (1-35 kV) o in alta tensione (tipicamente in stabilimenti con processi industriali "energivori" come la produzione di vetro o di acciaio), sia infine per la connettività delle circa 100.000 cabine secondarie. Analogamente, nel settore gas, la tecnologia GPRS è attualmente impiegata per i collegamenti, oltre che tra nella comunicazione tra concentratori e sistemi centrali, anche tra gli *smart meter* di classe minore o uguale a G6 e i sistemi centrali di acquisizione del dato, laddove la densità di punti di misura nell'area di servizio non giustifica economicamente la presenza di concentratori, richiesta in caso di impiego di tecnologie *wireless Point-to-Multipoint* (PtM), così come per i collegamenti degli *smart meter* gas di maggiori dimensioni (>G6).

Tabella 6 – Specifiche della tecnologia EC-GSM

Use case
La tecnologia è utilizzabile in tutti gli scenari operativi dei sistemi di <i>smart metering</i> .
Standardizzazione e disponibilità della tecnologia
La fase di standardizzazione è conclusa: le specifiche sono state definite dal 3GPP nella Release 13.
Architettura, dispiegamento della rete, scalabilità
EC-GSM si basa sull'infrastruttura GSM esistente, per la quale si rende necessario unicamente un aggiornamento <i>software</i> . Supporta fino a 50.000 dispositivi per cella.
Copertura radio, caratteristiche di propagazione del segnale, bande di frequenza, canalizzazione
L'estensione è superiore alla rete GSM esistente: lo <i>standard</i> EC-GSM garantisce (come lo stesso nome suggerisce) una copertura aggiuntiva di circa 20 dB (rispetto allo scenario GPRS a 900 MHz).
Bitrate, capacità di rete, latenza, modalità di trasmissione, supporto della mobilità/nomadicità
Il <i>bitrate</i> di picco è di circa 100 kbps, sia in fase di <i>upload</i> che di <i>download</i> .
Costo modulo di comunicazione e costi infrastruttura di rete (Capex/Opex)
Il costo <i>target</i> del modulo di comunicazione è attualmente pari a 8\$.
Durata batteria, sicurezza, qualità del servizio, interoperabilità
La durata stimata della batteria è di circa 10 anni.

Fonte: 3GPP e GSMA

100. Con riferimento alla specifica dello *standard* LTE per comunicazioni M2M, cosiddetto **LTE-M** (cfr. Tabella 7), la Release 8 3GPP definisce la categoria LTE-M **Cat 1**, caratterizzata da un *bitrate* massimo pari a 10 Mbps. Categorie successive dello *standard* LTE-M, rispettivamente **Cat 0** e **Cat M**, sono definite nelle successive Release 12 e 13, con l'obiettivo di:

- ridurre la complessità di implementazione, i costi del dispositivo d'utente e aumentare la durata delle batterie, introducendo modalità di risparmio di potenza e di ricezione discontinua estesa (eDRX);
- estendere la copertura e ridurre l'occupazione di banda, diminuendo il *bitrate*.

Tabella 7 – Specifiche della tecnologia LTE-M

Use case
La tecnologia è utilizzabile in tutti gli scenari operativi dei sistemi di <i>smart metering</i> .
Standardizzazione e disponibilità della tecnologia
La fase di standardizzazione si è conclusa con il rilascio di tre diverse versioni dello <i>standard</i> LTE-M adatte a scenari operativi differenti (Cat0, Cat1, e CatM).
Architettura, dispiegamento della rete, scalabilità
LTE-M si basa su un'architettura di rete di tipo cellulare e utilizza l'infrastruttura LTE esistente, previo aggiornamento <i>software</i> dei nodi della rete di accesso radio (stazioni radio base).
Copertura radio, caratteristiche di propagazione del segnale, bande di frequenza, canalizzazione
L'estensione è pari alla copertura di rete LTE commerciale, con un incremento del <i>link budget</i> di 100 dBm.
Bitrate, capacità di rete, latenza, modalità di trasmissione, supporto della mobilità/nomadicità
Il <i>bitrate</i> di picco è (a seconda della release) variabile tra 1 e 10 Mbps.
Costo modulo di comunicazione e costi infrastruttura di rete (Capex/Opex)
Il costo <i>target</i> del modulo di comunicazione è attualmente pari a 15\$.
Durata batteria, sicurezza, qualità del servizio, interoperabilità
La durata stimata della batteria è superiore ai 5 anni, incrementabili qualora si adottino algoritmi che riducono i consumi (eDRX).

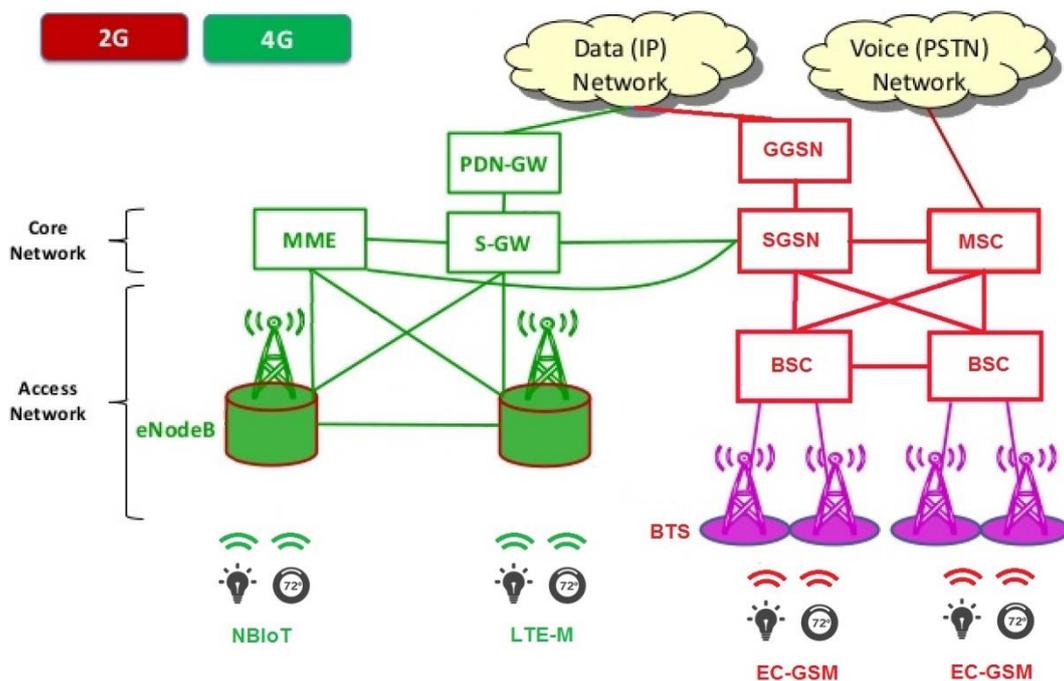
Fonte: 3GPP e GSMA

101. La Release 13 del 3GPP definisce, infine, le specifiche tecniche dello *standard NBloT*, adatto ad applicazioni IoT massive di tipo *smart metering*, come confermato dai soggetti intervenuti in audizione.

102. Un vantaggio di tale standard è la flessibilità di realizzazione. La soluzione NBloT prevede infatti tre possibili opzioni di sviluppo: (1) portante *standalone* in banda GSM (adatta in caso di *refarming* della banda GSM); (2) portante in banda di guardia LTE (*guard band*), adiacente ad una portante LTE, con utilizzo di uno o più *resource block* di 180 kHz, agli estremi dello spettro del segnale LTE, non utilizzati per il normale traffico dati (tale opzione non comporta impegno di capacità destinata ai servizi LTE ed è adatta ai casi in cui l'allocazione spettrale LTE preveda porzioni di banda non utilizzate); (3) portante in banda LTE (*in-band*), mediante l'utilizzo di uno o più *resource block* di 180 kHz all'interno della banda del segnale LTE, allocati al normale traffico dati (tale opzione consente l'assegnazione flessibile delle risorse tra portanti LTE e portanti NBloT, a divisione di tempo).

103. Elemento chiave per l'effettiva utilizzabilità delle tecnologie cellulari in scenari *smart metering* è la possibilità di impiego dell'*embedded SIM* (e-SIM). La disponibilità della tecnologia e-SIM abiliterà, infatti, l'interoperabilità della SIM, consentendo la configurazione da remoto (*provisioning Over The Air* o OTA) del profilo operatore e il cambio di operatore senza la sostituzione fisica della SIM. A giugno 2015, GSMA ha pubblicato la specifica tecnica "*Remote Provisioning Architecture for Embedded UICC*", che, prevedendo un meccanismo di certificazione, si candida a *standard* di fatto per la gestione remota delle SIM, in grado di consentire l'interoperabilità tra soluzioni di fornitori e operatori diversi. Il consolidamento delle specifiche tecniche è previsto per il 2016, anche se gli operatori mobili hanno dichiarato la disponibilità delle soluzioni commerciali entro la fine dello stesso anno. Secondo quanto emerso dall'indagine, le ulteriori principali caratteristiche della tecnologia NBloT sono specificabili come riportato di seguito (cfr. Tabella 8).

Figura 13 – Architettura di rete EC-GSM, LTE-M, e NBloT



Fonte: elaborazioni AGCOM su dati ETSI e 3GPP

Tabella 8 – Specifiche della tecnologia NBLoT

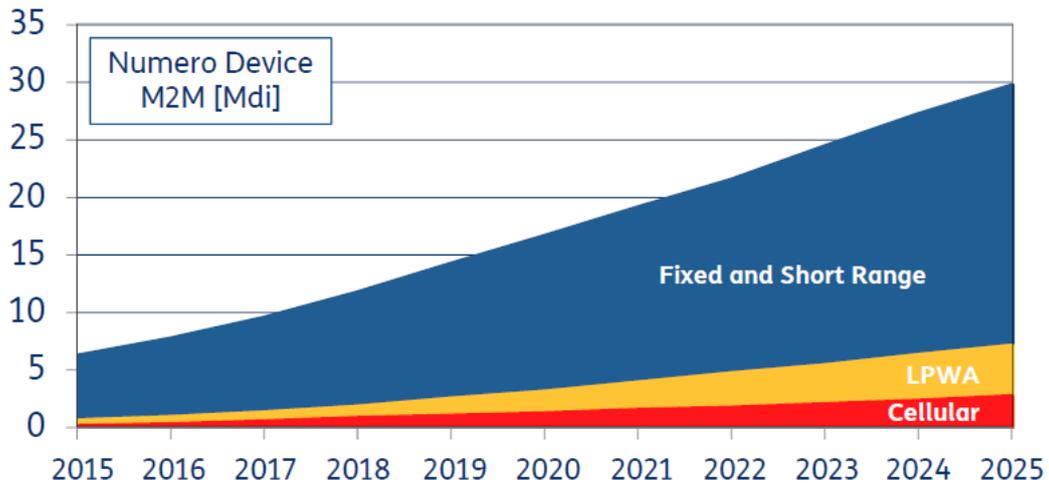
Use case
La tecnologia è utilizzabile in tutti gli scenari operativi dei sistemi di <i>smart metering</i> .
Standardizzazione e disponibilità della tecnologia
Il rilascio della specifica 3GPP è previsto entro il mese di giugno 2016. Secondo quanto riferito dai fornitori di apparati di rete, l'aggiornamento <i>software</i> per i nodi di rete (stazioni radio base) sarà disponibile nel secondo semestre 2016, mentre la rete LTE sarà pronta al dispiegamento commerciale per l'inizio del 2017. I fornitori di <i>chipset</i> e moduli NBLoT dichiarano di essere pronti per la produzione dei primi modelli da metà del 2016 (sono già oggi disponibili apparati <i>pre-standard</i> per sperimentazioni e progetti pilota), con previsione di crescita in volumi consistenti a partire dal 2017.
Architettura, dispiegamento della rete, scalabilità
NBLoT si basa su un'architettura di rete di tipo cellulare ed utilizza l'infrastruttura LTE esistente, previo aggiornamento <i>software</i> dei nodi della rete di accesso radio (stazioni radio base); l'aggiornamento di tutte le stazioni radio base sul territorio nazionale richiede tempi inferiori a 4 settimane ed è periodicamente eseguito dagli operatori (più volte all'anno). La soluzione è scalabile mediante aggiunta di portanti multiple NBLoT quando necessario e non richiede la presenza di concentratori.
Copertura radioelettrica, caratteristiche di propagazione del segnale, bande di frequenza
L'estensione è pari alla copertura della rete LTE commerciale. La tecnologia consegue un sensibile miglioramento delle prestazioni rispetto a quelle della rete GSM/GPRS, con incremento del parametro MCL (<i>Maximum Coupling Loss</i>) di circa 20 dB e valore <i>target</i> risultante di 164 dB; ciò consente di supportare la propagazione del segnale da/verso <i>meter indoor</i> e <i>deep indoor</i> . NBLoT prevede l'uso di bande radio licenziate (ad esempio, a 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2.1 GHz e 2.6 GHz). La soluzione NBLoT prevede tre possibili opzioni di sviluppo: (1) portante <i>standalone</i> in banda GSM; (2) portante in banda di guardia LTE (<i>guard band</i>); (3) portante in banda LTE (<i>in-band</i>).
Bitrate, capacità di rete, latenza, modalità di trasmissione, supporto della mobilità/nomadicità
NBLoT supporta la trasmissione dati bidirezionale (<i>half duplex</i>), con: <i>bitrate</i> minimo pari a 160 bps per sensore; <i>bitrate</i> dell'ordine di 1 kbps a bordo cella; <i>bitrate</i> di picco pari a 200 kbps in <i>downlink</i> e 144 kbps in <i>uplink</i> per terminale (3GPP Technical Report TR 45.820). La rete gestisce un elevato numero di sensori, pari ad almeno 50.000 per ciascun settore di sito radiomobile con canale di 180 kHz (3GPP Technical Report TR 45.820). La bassa latenza assicura la disponibilità dei dati di consumo in tempo reale e l'abilitazione di servizi premium o evoluti in grado di migliorare la <i>consumer awareness</i> . NBLoT supporta la nomadicità del dispositivo terminale tramite rielezione della cella, senza gestione di <i>handover</i> .
Costo modulo di comunicazione e costi infrastruttura di rete (Capex/Opex)
Il costo target del modulo di comunicazione è attualmente pari a 5\$, inferiore a quello degli attuali terminali M2M basati su standard GPRS, e potrà beneficiare di ulteriori margini di riduzione per effetto delle ingenti economie di scala mondiali. Il riutilizzo dell'infrastruttura di rete esistente, mediante gestione condivisa della rete con altri servizi commerciali LTE, consente all'operatore di ottimizzare gli investimenti, sia in termini di <i>Capex</i> che di <i>Opex</i> . L'assenza di un concentratore tra il dispositivo d'utente e la rete dell'operatore incide, riducendoli, sui costi di sviluppo della rete.
Durata batteria, sicurezza, qualità del servizio, interoperabilità
La durata stimata della batteria è superiore ai 15 anni nei casi d'uso (frequenza e durata delle trasmissioni) dello <i>smart metering</i> , con consumo energetico inferiore anche alla PLC. La sicurezza end to end è garantita mediante SIM, che identifica in modo univoco un dispositivo mobile e lo autorizza ad utilizzare la rete pubblica, e mediante cifratura dei dati tra il dispositivo d'utente e la rete core. NBLoT costituisce una soluzione <i>carrier grade</i> , che abilita la definizione e la fornitura di adeguati SLA. L'interoperabilità del sistema NBLoT verso distributori e soggetti terzi per la realizzazione di applicazioni e servizi innovativi di <i>data analytics</i> è assicurata a livello applicativo, mediante interfacce <i>standard</i> (API). La disponibilità della tecnologia <i>embedded SIM</i> (e-SIM) abiliterà, inoltre, l'interoperabilità della SIM, consentendo la configurazione da remoto (<i>provisioning over the air</i>) del profilo operatore e il cambio di operatore senza la sostituzione fisica della SIM.

Fonte: 3GPP e GSMA

3.2.3 Tecnologie *wireless unlicensed*

104. Una valida alternativa alle soluzioni basate sui sistemi cellulari è offerta dalle tecnologie *wireless* operanti su bande non licenziate. Alcuni rapporti evidenziano che, nonostante le reti cellulari tradizionali abbiano finora dominato il mercato della connettività *machine-to-machine*, la situazione potrebbe cambiare¹⁴. Tali studi concordano nell'evidenziare il ruolo che le tecnologie LPWAN potrebbero giocare per applicazioni IoT caratterizzate da ridotti volumi di dati, fermo restando, per contro, l'orientamento del mercato ad indirizzare soluzioni cellulari 3G/4G/5G per soddisfare le esigenze IoT con volumi di dati elevati e *real-time*, interattive o immersive (cfr. Figura 15).

Figura 14 – Previsioni di mercato M2M per le soluzioni di connettività disponibili



Fonte: Machina Research

Figura 15 – Scenari operativi e tecnologie di rete

Speed	1Mbit/s+	~100kbit/s	<10kbit/s
Example technology	4G	2G, LTE-M	LoRa, SIGFOX, NB-IoT
Spectrum	Licensed	Licensed	Licensed or unlicensed
Example use cases	<ul style="list-style-type: none"> Smart phone Connected car CCTV 	<ul style="list-style-type: none"> Smart grid Smart watch High value object tracking 	<ul style="list-style-type: none"> Low value object tracking Smart meter Smart parking Smart street lights

Fonte: Analysys Mason

¹⁴ Cfr. Analysys Mason, *Telecom Operators need to defend their core connectivity role*, ottobre 2015 e Machina Research Forecasts, *M2M growth necessitates a new approach to network planning and optimisation*, Maggio 2015.

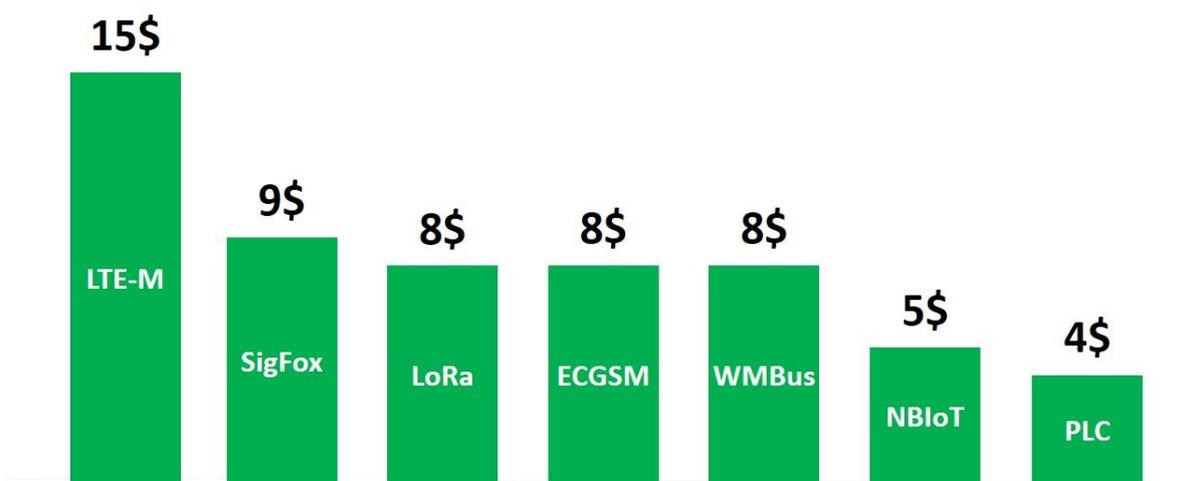
105. Le tecnologie LPWAN presentano alcune comuni caratteristiche, di seguito elencate, tali da giustificare l'impiego negli scenari allo studio di *smart metering*, in alternativa alle tecnologie di tipo cellulare:

- estesa copertura territoriale;
- bassi consumi energetici, in virtù delle basse velocità di trasmissione dei dati (da poche centinaia ad alcune migliaia di *bit* al secondo) e dell'utilizzo di ridotte porzioni di banda, tipicamente collocate su frequenze inferiori a 1 GHz;
- alta scalabilità di rete e conseguente capacità di gestione di un elevato numero di dispositivi terminali mediante pochi punti di coordinamento comuni (i cosiddetti concentratori);
- competitività dei costi dei dispositivi terminali rispetto alle reti cellulari;
- contenimento dei costi di infrastrutturazione, mediante installazione presso siti di trasmissione esistenti dei concentratori/*gateway*, punti di accesso alla rete *core IP*;
- *offloading* del traffico rispetto alle tradizionali reti cellulari.

106. Le LPWAN ereditano, dunque, alcune fondamentali caratteristiche dell'architettura dei sistemi cellulari, quali la topologia di rete, tralasciando per contro l'implementazione delle funzionalità più avanzate, come ad esempio la gestione della mobilità degli utenti e lo *scheduling* delle risorse. La semplificazione del piano di gestione rende l'approccio LPWAN particolarmente adatto a supportare i servizi a basso ARPU (*Average Revenues per User*), quali quelli di *smart metering*.

107. Dal punto di vista dei costi dei *chip*, le soluzioni LPWAN presenta costi di produzione comparabili con le precedenti soluzioni wireless *licensed* sopra presentate. In particolare, i *device* SigFox e LoRa risultano più economici rispetto a LTE-M, comparabili con EC-GSM, e più costosi rispetto a NB-IoT e PLC (cfr. Figura 16).

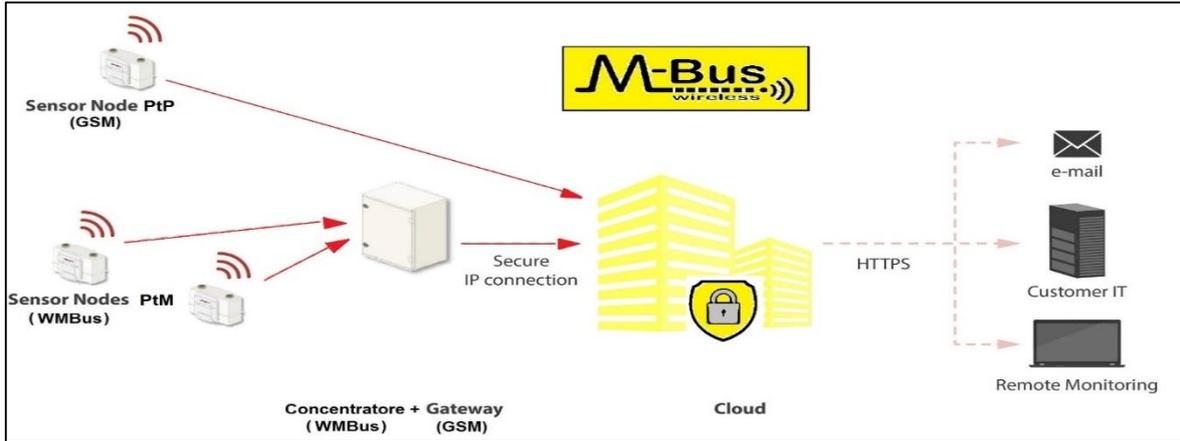
Figura 16 – Costo dei *chip* per *smart metering*



Fonte: elaborazioni AGCOM su dati operatori

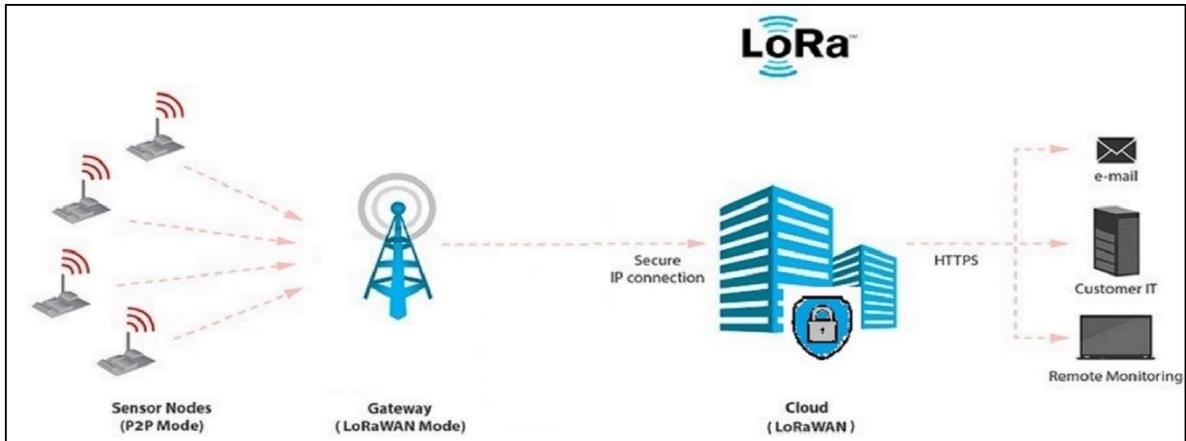
108. Le principali LPWAN di seguito considerate – WMBus, LoRa, SigFox – presentano soluzioni architetture analoghe (cfr. Figure 17-19) di tipo *Point-to-Multipoint* (PtM), richiedendo un concentratore (che svolge anche il ruolo di *gateway*) per l'invio alla Rete dei dati provenienti dagli *smart meter*.

Figura 17 – Architettura di rete WMBus



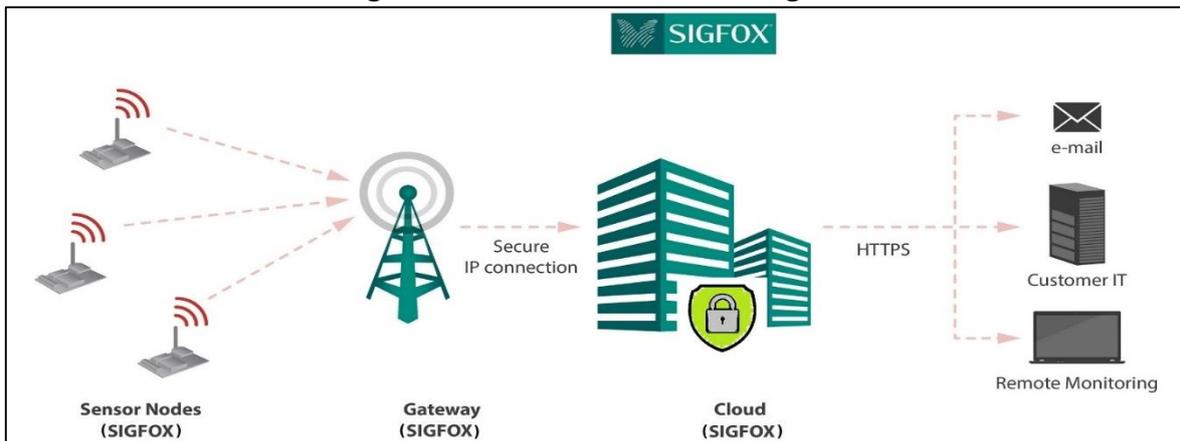
Fonte: elaborazioni AGCOM su dati ETSI

Figura 18 – Architettura di rete LoRa



Fonte: elaborazioni AGCOM su dati LoRa

Figura 19 – Architettura di rete SigFox



Fonte: elaborazioni AGCOM su dati SigFox

109. Si riporta di seguito (cfr. Tabelle 9-11) un elenco delle specifiche delle principali tecnologie LPWAN – WMBus, LoRa, SigFox – con riferimento ai possibili use case: elettrico, idrico, gas. Le caratteristiche individuate fanno riferimento alla disponibilità dello standard e della tecnologia, alla topologia della rete, alle proprietà radioelettriche, al traffico veicolabile, ai costi, e al servizio.

Tabella 9 – Specifiche della tecnologia WMBus

<i>Use case</i>
La tecnologia è utilizzabile in tutti gli scenari operativi dei sistemi di <i>smart metering</i> . Il WMBus è lo standard di riferimento per l'utilizzo della banda a 169 MHz nell'ambito dello <i>smart metering gas</i> , in linea con la norma UNI TS 11291 del Comitato Italiano Gas (CIG).
Standardizzazione e disponibilità della tecnologia
Lo standard europeo ETSI WMBus (EN13757-4) specifica il collegamento RF tra misuratori di acqua, gas, calore ed elettrici e i dispositivi di raccolta dei dati. La tecnologia è attualmente disponibile.
Architettura, dispiegamento della rete, scalabilità
WMBus supporta attualmente solo la topologia di rete a stella e necessita di un'elevata numerosità di concentratori da installare ex-novo. Il sistema presenta pertanto scarsa scalabilità.
Copertura radioelettrica, caratteristiche di propagazione del segnale, bande di frequenza
Le specifiche dello standard WMBus, inizialmente definite per la banda a 868 MHz, sono state successivamente estese alle bande a 169 MHz e 433 MHz. L'utilizzo della tecnologia WMBus nella banda armonizzata a 169 MHz consente un buon raggio di copertura (fino a circa 1 km in ambiente urbano denso e circa 10 km in linea di vista) ed un'elevata capacità di penetrazione del segnale all'interno di edifici, garantendo alti tassi di raggiungibilità dei dispositivi terminali. In Italia, per lo <i>smart metering gas</i> , è impiegato il profilo <i>narrowband</i> dello standard WMBus <i>mode N</i> con 6 canali a diversi data-rate. La tecnologia WMBus a 169 MHz potrebbe essere utilizzata in logica multi-servizio, a condizione di definire chiare regole di utilizzo dei canali disponibili, per evitare interferenze e degrado delle prestazioni.
Bitrate, capacità di rete, latenza, modalità di trasmissione, supporto della mobilità/nomadicità
I canali utilizzabili per lo scambio di dati tra meter e concentratore sono 6, con bit-rate di 4,8 kbps o di 2,4 kbps. L'utilizzo della banda a 169 MHz, riservata dall'ETSI per applicazioni di <i>metering</i> , comporta una potenza massima EIRP di 27dBm e un duty-cycle massimo del 10%, benché sia utilizzabile in alternativa il meccanismo di LBT. Il WMBus prevede diverse combinazioni di modi di comunicazione, ciascuna delle quali definisce un certo flusso delle comunicazioni (mono e bidirezionali) e una particolare configurazione del canale radio. Se si adotta la comunicazione monodirezionale, utilizzabile solo in presenza di basso carico di rete, è possibile impiegare trasmettitori semplici. Poiché viene utilizzato il protocollo LBT, non è possibile utilizzare configurazioni di rete dinamiche.
Costo modulo di comunicazione e costo infrastruttura di rete (capex/opex)
I moduli di comunicazione sono caratterizzati da basso costo; i concentratori o <i>gateway</i> presentano invece costi elevati, incidendo significativamente sui costi di realizzazione della rete. L'architettura di rete WMBus è adatta a zone ad alta densità di popolazione, ossia nei contesti in cui i costi derivanti dalla interposizione di un concentratore tra i sistemi centrali di acquisizione del dato e gli <i>smart meter</i> siano giustificati dall'elevato numero di contatori connessi alla rete; nel caso dello <i>smart metering gas</i> , il rapporto di concentrazione, ossia il rapporto tra numero di concentratori e numero di misuratori ad essi attestati, oltre il quale questo tipo di architettura risulta preferibile ad un'architettura di tipo punto-punto è 1:500.
Durata batteria, sicurezza, qualità del servizio, interoperabilità
Grazie alla bassa potenza in trasmissione, la durata della batteria è decennale. Lo standard WMBUS a 169 MHz garantisce l'interoperabilità a livello di trasporto dati. La tecnologia è inoltre impiegata per lo <i>smart metering gas</i> secondo le norme tecniche UNI TS 11291 emesse dal CIG, che definiscono quali protocolli utilizzare per la comunicazione tra i componenti del sistema di telelettura e telegestione dei gruppi di misura per assicurare sia l'interoperabilità (UNI TS 11291-8), ossia la capacità del sistema di scambiare dati con sistemi differenti e/o prodotti da aziende manifatturiere differenti, sia l'intercambiabilità dei gruppi di misura e degli altri apparati della rete punto-multipunto (UNI TS 11291-11). La tecnologia WMBus a 169 MHz, così come declinata dalle norme tecniche CIG per l'interoperabilità, non ha tuttavia ancora raggiunto una piena maturità nelle implementazioni dei fornitori, stante il recente rilascio delle citate norme. La specifica tecnica CIG UNI TS 11291 definisce altresì le prescrizioni relative alla sicurezza dei dispositivi utilizzati nella rete di telegestione e per la sicurezza e l'autenticità delle informazioni scambiate tra i dispositivi stessi (UNI TS 11291-8 e UNI TS 11291-10).

Fonte: ETSI

Tabella 10 – Specifiche della tecnologia LoRa

Use case
La tecnologia è adatta a tutti gli scenari operativi dei sistemi di <i>smart metering</i> , pur non essendo utilizzabile in Italia per la telegestione del gas in Italia, in linea con la normativa UNI/TS 11291-8 Parte 8.
Standardizzazione e disponibilità della tecnologia
LoRa definisce gli strati fisico e di collegamento proprietari; il resto dello <i>stack</i> protocollare, LoRaWAN, è aperto e sviluppato da LoRa Alliance (associazione aperta e no-profit). La tecnologia è oggi disponibile.
Architettura, dispiegamento della rete, scalabilità
LoRaWAN prevede una topologia di rete a “stella-di-stelle”, con dispositivi collegati tramite <i>singol-hop</i> a concentratori o <i>gateway</i> , a loro volta connessi a <i>server</i> comuni (NetServer) mediante protocollo IP. I dati trasmessi da un nodo sono ricevuti tipicamente da più <i>gateway</i> , ciascuno dei quali opera come <i>bridge</i> , inoltrando in modo trasparente il traffico proveniente dal dispositivo terminale verso il NetServer associato su piattaforma <i>cloud</i> ; l'inoltro dei dati avviene tramite una rete di <i>backhaul</i> (cellulare, Ethernet, satellitare o WiFi). L'utilizzo della tecnologia LoRa consente il riutilizzo di siti di trasmissione esistenti. La condivisione delle infrastrutture di rete di <i>broadcasting</i> di un solo operatore di rete garantirebbe la copertura a livello nazionale del 75% della popolazione; tale copertura potrebbe essere integrata con un limitato numero di <i>gateway</i> locali interconnessi alla infrastruttura di rete. LoRa è caratterizzata da elevata scalabilità: la capacità complessiva del sistema può essere incrementata, in caso di necessità, mediante aumento del bit rate sul singolo canale o aumento del numero di <i>gateway</i> che servono una determinata area, con conseguente aumento dell'affidabilità della connessione in caso di applicazioni critiche.
Copertura radioelettrica, caratteristiche di propagazione del segnale, bande di frequenza
LoRa, con un MCL pari a 156 dB, garantisce coperture a lungo raggio (15 km circa in <i>outdoor</i> , in linea di vista) con <i>gateway</i> in posizione elevata <i>outdoor</i> ; è inoltre consentita la propagazione <i>deep indoor</i> del segnale. Il sistema utilizza bande non licenziate, pertanto è soggetto a specifici vincoli trasmissivi. È stato progettato per lavorare negli Stati Uniti alle frequenze di 169 MHz, 433 MHz e 915 MHz, ma in Europa attualmente funziona nella banda 868 MHz (867-869 MHz). La larghezza di banda del canale è pari in <i>uplink</i> a 125/250 kHz, in <i>downlink</i> a 125 kHz.
Bitrate, capacità di rete, latenza, modalità di trasmissione, supporto della mobilità/nomadicità
Le condizioni di trasmissione per reti Low Rate WPAN individuate dallo standard IEEE 802.15.4 impongono un <i>duty cycle</i> del 1%, con limitazione del <i>bitrate</i> del dispositivo d'utente; in alternativa, si richiede l'uso delle tecniche <i>Listen Before Talk</i> (LBT) e <i>Adaptive Frequency Agility</i> (AFA) per prevenire le interferenze. I <i>gateway</i> LoRa supportano 10 canali in parallelo verso i dispositivi terminali, su distinte sottobande e con <i>bitrate</i> variabili da 0,3 kbps a 50 kbps. La capacità globale della rete è ottimizzata tramite un sistema di <i>data rate adaptive</i> (ADR). LoRaWAN supporta la comunicazione bidirezionale e trasmissioni <i>multicast</i> per l'aggiornamento <i>software over the air</i> e la distribuzione massiva di messaggi. Esistono tre classi di dispositivi terminali: la Classe A, adatta ad applicazioni di monitoraggio, prevede trasmissioni <i>unplink</i> asincrone, seguite da finestre di ricezione di dati e comandi; la Classe B, adatta per l'attuazione dei comandi da remoto, disaccoppia le trasmissioni <i>uplink</i> e <i>downlink</i> ; la Classe C consente la ricezione continua di comandi dal <i>cloud</i> e comporta più alti consumi di energia. LoRa supporta la mobilità dei dispositivi terminali tra celle servite da <i>gateway</i> diversi, senza richiedere traffico di segnalazione aggiuntivo.
Costo modulo di comunicazione e costi infrastruttura di rete (capex/opex)
Il costo del modulo di comunicazione è pari a circa 8 \$. I costi infrastrutturali sono contenuti, grazie all'elevata scalabilità di rete ed alla possibilità di riutilizzo delle infrastrutture esistenti.
Durata batteria, sicurezza, qualità del servizio, interoperabilità
La durata delle batterie varia dai 10 ai 20 anni. LoRaWAN utilizza due livelli di sicurezza: a livello di rete e a livello di applicazione. La sicurezza di rete garantisce l'autenticità del nodo della rete, mentre le funzionalità a livello di applicazione assicurano che l'operatore di rete non abbia accesso ai dati applicativi dell'utente finale. È impiegata la crittografia simmetrica <i>Advanced Encryption Standard</i> (AES). Al fine di garantire l'interoperabilità tra le reti LPWAN, LoRa Alliance ha creato un programma di certificazione e conformità alla specifica LoRaWAN; i dispositivi certificati LoRaWAN possono essere distribuiti su più reti e spostarsi da una rete all'altra, indipendentemente dalla infrastruttura di rete o dall'operatore.

Fonte: LoRa Alliance

Tabella 11 – Specifiche della tecnologia SigFox

Use case
La tecnologia è adatta a tutti gli scenari operativi dei sistemi di <i>smart metering</i> , pur non essendo utilizzabile in Italia per la telegestione del gas in Italia, in linea con la normativa UNI/TS 11291-8 Parte 8.
Standardizzazione e disponibilità della tecnologia
Il sistema è proprietario ed utilizza, a livello fisico, una modulazione <i>Ultra NarrowBand</i> (UNB). La gestione della rete UNB è assegnata, in esclusiva per 10 anni, ad un operatore di rete nazionale. La tecnologia è attualmente disponibile.
Architettura, dispiegamento della rete, scalabilità
I dispositivi terminali comunicano con le stazioni radiobase mediante tecnologia SigFox, mentre la rete Internet garantisce la connettività tra le stazioni radiobase e il <i>cloud</i> e tra il <i>cloud</i> e l'utente finale. La rete può essere sviluppata mediante il riutilizzo di siti di trasmissione esistenti; la condivisione delle infrastrutture di rete di <i>broadcasting</i> di un solo operatore di rete consentirebbe la copertura del 88% della popolazione nazionale.
Copertura radioelettrica, caratteristiche di propagazione del segnale, bande di frequenza
SigFox, con un MCL pari a 156 dB, garantisce raggi di copertura di 20 km e 30 km, rispettivamente in ambiente urbano e rurale; è inoltre consentita la propagazione <i>deep indoor</i> del segnale. La tecnologia utilizza la banda non licenziata a 868 MHz.
Bitrate, capacità di rete, latenza, modalità di trasmissione, supporto della mobilità/nomadicità
Le condizioni tecniche di trasmissione per reti Low Rate WPAN individuate dallo standard IEEE 802.15.4 impongono un <i>duty cycle</i> del 1%, che limita il numero massimo di dati che il dispositivo terminale può trasmettere nell'arco della giornata a 140 messaggi di 12 <i>byte</i> al giorno in <i>uplink</i> (5,76 secondi di trasmissione). La ridondanza frequenziale e spaziale delle trasmissioni del dispositivo terminale consentono di migliorare la resistenza dei segnali alle interferenze. La trasmissione è tipicamente unidirezionale: il dispositivo terminale, rilevato un cambiamento di stato, invia un messaggio ad una stazione radio base, che lo inoltra via Internet verso il <i>cloud</i> Sigfox; dal <i>cloud</i> le informazioni elaborate sono trasmesse all'utente tramite rete internet. Sigfox garantisce il <i>roaming</i> internazionale.
Costo modulo di comunicazione e costo infrastruttura di rete (capex/opex)
Il costo del modulo di comunicazione è di circa 9 \$. I costi infrastrutturali sono contenuti (riutilizzo dei siti).
Durata batteria, sicurezza, qualità del servizio, interoperabilità
Grazie alla bassa potenza di trasmissione (25 mW), la durata della batteria è di 12 anni. SigFox ha API aperte per i produttori di <i>chip</i> , che possono richiedere la certificazione Sigfox. A più alto livello protocollare, è garantita alle aziende che sviluppano piattaforme ed applicazioni IoT la possibilità di interfacciarsi con le reti SigFox.

Fonte: SigFox

110. Occorre, infine, uno specifico approfondimento sull'attuale attribuzione ed utilizzo delle bande di frequenza *unlicensed* attualmente impiegate dalle reti WMBus, LoRa e SigFox, secondo quanto indicato dal Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze (PNRF), approvato con decreto del Ministro dello sviluppo economico del 27 maggio 2015.

111. In linea con le disposizioni del Piano, la **banda di frequenze a 868 MHz** (867-869 MHz), in cui operano le reti LoRa e SigFox, risulta compresa nel più ampio intervallo 862-876 MHz, la cui gestione in Italia è attribuita al Ministero della Difesa (cfr. Tabella 12). L'uso della banda è tuttavia aperto ad utilizzazioni civili per dispositivi a corto raggio (SRD) e per l'identificazione a radio frequenza (RFID).

Il PNRF definisce, altresì, i vincoli e le modalità di utilizzazione della banda di cui trattasi¹⁵, stabilendo che l'impiego della banda di interesse sia regolato dalla decisione di esecuzione della Commissione n. 2006/771/CE, che armonizza le condizioni tecniche per l'uso dello spettro per un'ampia gamma di apparecchiature a corto raggio, come da ultimo modificata dalla decisione n. 2013/752/UE (cfr. nota 110B del PNRF).

112. In conformità alle citate norme, la banda di frequenze allo studio a 868 MHz può essere impiegata "ad uso collettivo da apparati a corto raggio destinati ad impieghi non specifici, aventi le caratteristiche tecniche della raccomandazione CEPT ERC/REC 70-03". In particolare, si definiscono "apparecchiature a corto raggio" i "radiotrasmettitori che trasmettono comunicazioni unidirezionali o bidirezionali a brevi distanze e a bassa potenza, che utilizzano lo spettro in modo collettivo, senza diritto a protezione e su base di non interferenza ai servizi di radiocomunicazione." Secondo quanto indicato dalla decisione 2013/752/UE, inoltre, la categoria delle "apparecchiature a corto raggio non specifiche copre tutti i tipi di apparecchiature radio che, a prescindere dell'applicazione o dalla finalità, soddisfano le condizioni tecniche stabilite per una determinata banda di frequenze. Tra gli usi tipici rientrano le apparecchiature di telemetria, i telecomandi, gli allarmi, gli strumenti per la trasmissione di dati in generale e altre applicazioni".

113. La predetta decisione della Commissione, nel riconoscere che le apparecchiature a corto raggio - operanti su base non esclusiva e condivisa - necessitano di certezza giuridica sulla possibilità di utilizzo dello spettro (indipendentemente dalla finalità di tale uso) ed allo scopo di massimizzare i vantaggi nell'Unione evitando le interferenze dannose, stabilisce condizioni tecniche d'uso armonizzate e prevedibili delle bande. Si richiede, in particolare, che il limite della potenza di trasmissione sia pari a 25 mW (potenza isotropica irradiata equivalente) e che si utilizzino le tecniche di accesso allo spettro e di attenuazione delle interferenze che garantiscono prestazioni almeno

¹⁵ Cfr. NOTA 110° del PNRF di cui al decreto del Ministro dello sviluppo economico del 27 maggio 2015: «In accordo con le Decisioni della Commissione Europea 2006/771/CE e successive modifiche le bande di frequenze 868,6-868,7 MHz, 869,25-869,3 MHz, 869,3-869,4 MHz e 869,65-869,7 MHz possono essere impiegate ad uso collettivo da apparati a corto raggio destinati a sistemi di allarme, con dispositivi ad alta affidabilità o basso ciclo di funzionamento, aventi le caratteristiche tecniche della raccomandazione della CEPT ERC/REC 70-03 (Annesso 7). In accordo con la Decisione della Commissione Europea 2006/771/CE e successive modifiche la banda di frequenze 869,2-869,25 MHz può essere impiegata ad uso collettivo da apparati a corto raggio destinati ad apparecchiature di telesoccorso, con dispositivi ad alta affidabilità o basso ciclo di funzionamento, aventi le caratteristiche tecniche della raccomandazione della CEPT ERC/REC 70-03 (Annesso 7). Tali applicazioni rientrano nel regime di "libero uso" ai sensi dell'art. 105, comma 1, lettera e) del decreto legislativo 1° agosto 2003 n. 259 e successive modifiche recante il Codice delle comunicazioni elettroniche.» . Si veda anche NOTA 110B del PNRF: «In accordo con la decisione 2006/771/CE e successive modifiche le bande di frequenze 863,0-865,0 MHz, 865,0-868,0 MHz, 868,0-868,6 MHz, 868,7-869,2 MHz, 869,40-869,65 MHz e 869,7-870,0 MHz e, in accordo con la raccomandazione CEPT ERC/REC 70-03, la banda di frequenze 863,0-870,0 MHz possono essere impiegate ad uso collettivo da apparati a corto raggio destinati ad impieghi non specifici, aventi le caratteristiche tecniche della raccomandazione CEPT ERC/REC 70-03 (Annesso 1). Inoltre le bande 870-875,8 MHz e 870-876 MHz possono essere impiegate ad uso collettivo da apparati a corto raggio destinati ad impieghi non specifici, aventi le caratteristiche tecniche della raccomandazione CEPT ERC/REC 70-03 (Annesso 1). Tali applicazioni rientrano nel regime di "libero uso" ai sensi dell'art. 105, comma 1, lettera o) del decreto legislativo 1° agosto 2003 n. 259 e successive modifiche recante il Codice delle comunicazioni elettroniche.»

equivalenti alle tecniche descritte nelle norme armonizzate adottate nel quadro della direttiva 1999/5/CE¹⁶. In alternativa, si consente l'utilizzo di un limite del ciclo di funzionamento dello 1%.¹⁷

Tabella 12 – Estrazione da PNRF per la banda di frequenze a 868 MHz

BANDA DI FREQUENZE (MHz)	SERVIZIO	GESTORE	UTILIZZAZIONI	NORMATIVA
862,0000 - 876,0000	FISSO 110 110A 110B 110C	Ministero difesa	-SRD -identificazione a radiofrequenza (RFID)	RES 224 RR(Rev. WRC-12) 2006/771/CE 2006/804/CE ERC/REC 70-03
	MOBILE escluso mobile aeronautico 110 110A 110B 110C			

Fonte: PNRF (decreto Ministro dello sviluppo economico del 27 maggio 2015)

114. Secondo quanto precisato dal PNRF, infine, «*tali applicazioni rientrano nel regime di "libero uso" ai sensi dell'art. 105, comma 1, lettera o) del decreto legislativo 1° agosto 2003 n. 259 e successive modifiche recante il Codice delle comunicazioni elettroniche.*» Per l'impiego delle frequenze non è pertanto prevista alcuna procedura di assegnazione dei diritti d'uso, né alcun contributo da parte degli utilizzatori.

115. Quanto alla **banda a 169 MHz (169,4 - 169,475 MHz)**, in cui opera la rete WMBus, la gestione è attribuita al Ministero dello sviluppo economico. Il PNRF prevede utilizzazioni di tipo SRD, con i vincoli e le modalità dettati dalla sopra citata decisione della Commissione n. 2006/771/CE. Nel dettaglio, secondo quanto indicato alla nota 86B del PNRF, «*In accordo con la decisione della Commissione Europea 2006/771/EC e successive modifiche, le frequenze della banda 169,4-169,475 MHz possono essere impiegate ad uso collettivo da apparati a corto raggio destinati a dispositivi di misura, aventi le caratteristiche tecniche della raccomandazione CEPT ERC/REC 70-03 (Annesso2). Tali applicazioni rientrano nel regime di "libero uso" ai sensi dell'art. 105, comma 1, del Codice delle comunicazioni elettroniche, emanato con decreto legislativo 1° agosto 2003 n. 259 e successive modifiche, recante il Codice delle comunicazioni elettroniche.*».

Tabella 13 – Estrazione da PNRF per la banda di frequenze a 169 MHz

BANDA DI FREQUENZE (MHz)	SERVIZIO	GESTORE	UTILIZZAZIONI	NORMATIVA
169,4000 - 169,8000	MOBILE escluso mobile aeronautico 86 86A 86B 86C	MiSE	-SRD	2006/771/CE ECC/DEC/(05)02 ERC/REC 70-03

Fonte: PNRF (decreto Ministro dello sviluppo economico del 27 maggio 2015)

¹⁶ Direttiva 1999/5/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio riguardante le apparecchiature radio e le apparecchiature terminali di telecomunicazione e il reciproco riconoscimento della loro conformità, del 9 marzo 1999 (cosiddetta direttiva R&TTE).

¹⁷ Di recente la CEPT (Conferenza europea delle amministrazioni delle poste e delle telecomunicazioni) ha condotto un'analisi circa l'utilizzo effettivo della banda 863-870 MHz, mediante la realizzazione di campagne di monitoraggio e la somministrazione di un questionario rivolto principalmente alle Amministrazioni e alle industrie. Le risultanze di detta analisi sono riportate nell'ECC Report n.182, approvato nel settembre del 2012 (cfr. in particolare la tabella 5 sui tipi di dispositivi SRD venduti per anno in Europa).

116. Oltre alle descritte soluzioni di connettività *wireless* per reti di tipo *Wide Area Network*, in grado cioè di supportare coperture di ampio raggio (dell'ordine delle decine di chilometri), risultano adatte ad applicazioni di *smart metering* anche tecnologie nate per applicazioni di tipo **Local Area Network (LAN)**, come il **Wi-Fi** (standard IEEE 802.11) e, in particolare, il profilo 802.11ah¹⁸. **IEEE 802.11ah** è una modifica dello standard IEEE 802.11-2007, con strati fisico e di collegamento ottimizzati per supportare un esteso raggio di copertura, efficienza di potenza e scalabilità della rete. IEEE 802.11ah opera al di sotto del GHz, nella banda a 900MHz, sfruttando le buone capacità di propagazione e penetrazione dei segnali a quelle frequenze (attraverso muri e ostacoli) per fornire una rete (c.d. *extended range* Wi-Fi) più estesa rispetto alle convenzionali reti Wi-Fi nelle bande a 2,4 e 5 GHz e per migliorare la copertura in ambienti di difficile raggiungibilità, quali garage, cantine, sottoscala, etc. Un singolo *access point* (AP) 802.11ah è in grado di fornire copertura ad una abitazione. IEEE 802.11ah prevede differenti modi di funzionamento, obbligatori ed interoperabili, con canalizzazioni (i.e. larghezze di banda di canale) a 1 e 2 MHz, che aprono a nuovi scenari di utilizzo per il Wi-Fi: IoT, domotica, *smart grid*, *wearable consumer electronics*. Un bit rate minimo di 150 Kbps consente brevi tempi di attività per sensori caratterizzati da basso traffico dati a pacchetti, riducendone il consumo di energia. Il risparmio di potenza è anche conseguito mediante l'impiego di opportuni protocolli di accesso al mezzo. IEEE 802.11ah supporta, pertanto, sensori alimentati con batterie a basso costo e consente la connessione in rete di un elevato numero di dispositivi, con ciò risultando particolarmente adatto ad applicazioni di tipo IoT. La tecnologia risulta, infine, particolarmente flessibile, supportando anche canalizzazioni a 4, 8, e 16 MHz per applicazioni a più alti data rate. Si stima che lo standard sia completato nel 2016; i dispositivi commerciali dovrebbero, quindi, essere disponibili non prima del 2018.

117. Infine, con riferimento alla *chain 2*, tra *smart meter* e dispositivo d'utente, possono essere adottate anche tecnologie di **Personal Area Network (PAN)**, quali **Bluetooth** e **ZigBee** (cfr. Tabella 14).

Tabella 14 – Standard wireless IEEE per PAN

STANDARD	MASSIMA DISTANZA (TEORICA)	MASSIMA RITMO BINARIO (TEORICO)	FREQUENZA DI LAVORO	MASSIMA POTENZA (IN EUROPA)
ZigBee (IEEE 802.15.4)	30 m	20 kbit/s 40 kbit/s 250 kbit/s (LDR)	868 MHz 902 – 928 MHz 2,4 GHz	25 mW 20 mW
Bluetooth (IEEE 802.15.1)	10 m	1 Mbit/s (MDR)	2,4 GHz	100 mW (classe 1 di potenza)

Fonte: IEEE

118. Nello specifico, lo standard **Bluetooth** prevede tre classi di dispositivi, a seconda della potenza in grado di erogare: la massima potenza prevista dallo standard (classe 1) equivale a 20 dBm (100 mW), corrispondente ad un raggio di copertura fino a circa 100 m in ambiente *indoor*; il livello di potenza intermedio (classe 2) equivale a 2,5 mW (4 dBm) e consente di coprire aree di raggio pari a circa 10 m; la potenza minima (classe 3) equivale a 0 dBm (1 mW) e consente di raggiungere distanze di circa 1 m. Il Bluetooth utilizza canali da 1 MHz, all'interno della banda 2,4-

¹⁸ Altro profilo WiFi introdotto per scenari IoT è il profilo IEEE 802.11p, operante nella banda a 5,9 GHz (5.850-5.925 GHz), con canalizzazione di 75 MHz. Si tratta, tuttavia, di una specifica studiata per l'accesso *wireless* in ambiente veicolare (WAVE), che quindi risulta particolarmente adatta ad applicazioni di tipo ITS (*Intelligent Transportation Systems*), piuttosto che alle applicazioni, qui allo studio, di tipo *smart metering*.

2,483 GHz, impiegando la tecnica FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), che consiste nel cambiare automaticamente la frequenza di trasmissione, al fine di ottenere una maggiore stabilità di connessione e una riduzione delle interferenze tra canali di trasmissione. I dispositivi tra loro collegati condividono la stessa sequenza di hopping. La tecnologia Bluetooth adotta una configurazione di rete di tipo *master-slave*, in modalità ACL (*Asynchronous Connection-Less*), adatta per trasmissione dati con velocità di trasmissione massima pari a 723 kbit/s (link asimmetrico), oppure in modalità SCO (*Synchronous Connection Oriented*), utilizzata per le comunicazioni vocali e la velocità di trasmissione è di 64 kbit/s (collegamento simmetrico o bilanciato). *Bluetooth* è una tecnologia di tipo *Medium Data Rate* (MDR).

119. Quanto a **ZigBee**, tecnologia per comunicazioni tra nodi-sensore a corto raggio, lo standard (IEEE 802.15.4) definisce i soli strati fisico e di controllo di accesso al mezzo. Nel 2004, la *ZigBee Alliance* ha definito il livello di rete (che supporta topologie a stella, *mesh* e *cluster tree*), protocolli *multi-hop* ed alcuni profili applicativi. ZigBee è stato concepito per applicazioni che richiedono bassi valori di ritmo di trasmissione e basso consumo di potenza. ZigBee opera su frequenze in banda UHF (868 e 915 MHz) e ISM (2,4 GHz) e definisce un meccanismo di comunicazione senza fili con velocità di trasmissione dati di soli 250 kbit/s, su una distanza teorica massima tra i dieci e i settantacinque metri. La copertura si estende fino ad alcuni km, sfruttando la possibilità di rilanciare l'informazione (modalità *multi-hop*) tra i nodi della rete fino a raggiungere il nodo di destinazione. I nodi sono in grado di formare reti autoconfigurabili. Lo standard IEEE 802.15.4, in particolare, definisce due tipi di strato fisico nelle tre bande d'impiego che includono: 16 canali a 2,4 GHz; 10 canali a 902 – 928 MHz; un canale a 868 - 870 MHz. Il massimo valore di ritmo binario in ciascuna banda è rispettivamente: 250 kbit/s, 40 kbit/s e 20 kbit/s. La banda dei 2,4 GHz è operativa a livello mondiale, mentre le bande inferiori a 1 GHz sono operative in Nord America, Europa e Oceania. Entrambi gli strati fisici previsti da Zigbee usano il DS-SS (*Direct Sequence Spread Spectrum*). A livello MAC si possono distinguere due principali profili: il primo prevede l'accesso al canale tramite tecnica CSMA/CA (i ricevitori dei router ZigBee sono sempre attivi con notevole dispendio di energia); nel secondo profilo i router trasmettono periodicamente per confermare la loro presenza agli altri nodi della rete, che quindi possono avere un ciclo di riposo, riducendo così il consumo energetico e prolungando la durata della batteria. Al fine di fornire varianti implementative, lo standard ha previsto due diversi tipi di hardware, per dispositivi di tipo RFD (*Reduced Function Device*) ed FFD (*Full Function Device*). La tecnologia ZigBee è stata concepita per essere semplice ed economica. Una rete ZigBee accoglie diversi tipi di traffico, tra cui: dati periodici (il sensore, normalmente inattivo, si risveglia ad un prefissato istante di tempo); dati intermittenti (l'applicazione o uno stimolo esterno fanno iniziare il risveglio del RFD); dati ripetitivi a bassa latenza (uno specifico intervallo di tempo a disposizione di ciascun dispositivo consente di assicurare la QoS).

4 Le valutazioni del Gruppo di Lavoro

4.1 Confronto tra le diverse tecnologie

120. Come illustrato nel precedente capitolo, il GdL ha dettagliatamente esaminato, alla luce del mandato ricevuto, le principali alternative tecnologiche disponibili per il collegamento degli *smart meter* ai centri servizi delle società di distribuzione (con riferimento in particolare alla distribuzione dell'energia elettrica e del gas), sia su portante fisico (*wired*) che su portante radio (*wireless*).

121. Come anticipato nell'*executive summary*, nella disamina delle principali alternative tecnologiche disponibili per il collegamento degli *smart meter* non è stata presa in considerazione la questione dell'effettivo posizionamento del modulo di comunicazione. Il GdL ha infatti ritenuto di focalizzare la propria indagine alle tecnologie e alle relative caratteristiche del canale di collegamento, indipendentemente dal fatto che il dispositivo di comunicazione – per le tecnologie valutate – sia cablato all'interno del misuratore (*embedded*) o alloggiato esternamente (tramite prolungamento PLC) o collegato al misuratore stesso attraverso un connettore (c.d. "porta fisica", ovvero sia un connettore fisico sicuro che potrebbe caratterizzare la versione 2.1 dei misuratori intelligenti.). Si ritiene che tale ultima questione potrà più propriamente essere trattata nell'ambito dell'attività di collaborazione tra l'AGCOM e l'AEEGSI prevista da quest'ultima autorità nella propria delibera n. 87/2016/R/EEL per la valutazione della effettiva disponibilità di soluzioni tecnologiche standardizzate per le versioni successive dei misuratori.

122. Per ciò che riguarda le reti su portante fisico, è stata presa in considerazione la sola tecnologia PLC (*Power Line Communications*) che risulta, allo stato, l'unica in uso su larga scala per i contatori dell'energia elettrica. Relativamente alle reti *wireless*, sono state prese in considerazione, principalmente, le tecnologie – e le relative reti – in grado di fornire una copertura di tipo *Wide Area* ossia con distanze dalla stazione radio base variabile da qualche centinaio di metri alle decine di chilometri. Non sono state quindi prese in considerazione le tecnologie *Short Range* quali a esempio il WiFi, Bluetooth, ZigBee e altre che, seppur in grado di sostenere adeguatamente i requisiti tecnici richiesti dai dispositivi, offrono una connettività solo locale e richiedono quindi ulteriori servizi di rete per il collegamento ai centri servizi. Si stima tuttavia che tali tecnologie potranno avere un ruolo rilevante laddove si considerassero architetture diverse con un *gateway* di collegamento – in rete a larga banda – tra l'insieme dei contatori di un edificio o gruppo di edifici e il gestore. In questo caso, le tecnologie *short range* potranno fornire la connessione tra i dispositivi e il *gateway*.

123. Le caratteristiche tecniche delle reti *wired* e *wireless* sono state rappresentate e messe a confronto in maniera analitica nel capitolo 3. Nei seguenti paragrafi si svolgono alcune considerazioni riassuntive su ciascuna delle tecnologie prese in esame.

4.1.1 Tecnologie wired

124. Come sopra detto, l'unica tecnologia *wired* esaminata è la tecnologia PLC che utilizza il portante fisico costituito dalla rete elettrica stessa. Altri portanti fisici, tra cui in particolare la fibra ottica, non sono stati fino a ora utilizzati per il collegamento degli *smart meter* e nessuno dei soggetti sentiti in audizione ha richiamato tale tecnologia tra quelle utilizzabili a breve/medio termine. La tecnologia PLC viene massivamente impiegata nei contatori elettrici di prima generazione e l'AEEGSI

ha di recente (deliberazione AEEGSI n 87/2016/R/EEL del 8 marzo 2016) indicato tale tecnologia tra quelle utilizzabili anche dagli *smart meter* di seconda generazione (2G).

125. Si tratta quindi di una tecnologia ampiamente consolidata e in grado di sostenere i requisiti attualmente richiesti dagli *smart meter* elettrici. Uno dei significativi vantaggi di questa tecnologia è il ridotto o nullo costo marginale dell'infrastruttura di rete, in quanto viene nativamente sfruttato il canale elettrico. Tuttavia il suo uso è necessariamente limitato agli *smart meter* che sono connessi su portante fisico (in questo caso la linea elettrica). Sono inoltre da evidenziarsi alcuni limiti tecnici intrinseci quali la ridotta immunità alle interferenze elettriche e la limitata larghezza di banda.

126. Tale tecnologia non risulta, inoltre, ancora pienamente disponibile per la *chain 2*, stante l'attuale assenza di uno *standard* CENELEC per la trasmissione dati PLC in banda C. A tale riguardo si evidenzia che l'AEEGSI ha sottolineato, nella citata deliberazione 87/2016/R/EEL, la necessità di adottare un protocollo di comunicazione standard, unificato a livello nazionale, tra misuratore e dispositivo d'utente e ha fornito un mandato al Comitato elettrotecnico italiano per la definizione dello standard del protocollo di comunicazione. Per l'effettivo utilizzo della tecnologia PLC per la *chain 2* si dovrà, tuttavia, tenere in conto il contesto interferenziale (sul quale non sono allo stato disponibili valutazioni precise) che potrebbero limitare le prestazioni conseguibili la *chain 2*. Si evidenzia comunque che le limitazioni della tecnologia e delle architetture PLC relative alle ridotte distanze di propagazione raggiungibili e agli alti tempi di latenza potrebbero non essere rilevanti nel caso di suo utilizzo nella *chain 2*.

4.1.2 Tecnologie *wireless*

127. Le tecnologie *wireless* prese in considerazione sono le seguenti:

- WMBus
- LoRa
- SigFox
- NBloT
- LTE-M
- GSM (2G ed EC-GSM)

128. Come già ampiamente illustrato, le tecnologie sopra illustrate si dividono in due gruppi, quelle operanti su frequenze non licenziate (WMBus, LoRa, e SigFox) e licenziate (EC-GSM, LTE-M, e NBloT). La classificazione ora operata dà conto di una importante differenziazione: le reti del primo gruppo condividono le frequenze in uso tra loro (in particolare tra LoRa e Sigfox) e con altre reti e applicazioni mentre per le reti del secondo gruppo ciascun operatore di rete ha a disposizione, in uso esclusivo, le bande di frequenza assegnate. Ciò potrebbe influenzare la qualità del servizio offerto in quanto si potrebbe ipotizzare che le reti su bande non licenziate non siano in grado di offrire prestazioni analoghe a quelle offerte da quelle del secondo gruppo.

129. È bene osservare, tuttavia, che le differenze di prestazioni legate all'uso di banda licenziata o meno dipendono dalla effettiva tipologia di servizio richiesto. Nel caso in questione – i sistemi di *smart metering* – non sono emerse, da quanto acquisito nel corso dei lavori e alla luce delle prestazioni richieste, particolari esigenze che escluderebbero a priori l'uso di reti operanti su frequenze non licenziate.

130. Queste ultime reti, infatti, operano secondo *standard* tecnici stabiliti da ETSI e CEPT e protocolli finalizzati a garantire parità di accesso alla rete per tutti i *device* connessi. E' evidente che, nel caso di frequenze licenziate, l'operatore di rete ha la possibilità di controllare direttamente i livelli di servizio offerti che in ultima analisi dipendono solo dalla propria configurazione di rete e dalla gestione della stessa mentre, nel caso di frequenze non licenziate, il singolo operatore di rete non è in grado di tenere sotto controllo tutti gli elementi (distribuzione dei dispositivi, operatori in condivisione di frequenza nella medesima area, traffico generato dai singoli dispositivi) che influenzano la qualità di servizio complessiva della rete.

131. Si segnala tuttavia che una specifica tecnologia operante su frequenze non licenziate (WMBus) è stata normata dalla CIG per il contatore del gas e che l'uso di tale tecnologia si sta diffondendo per la valorizzazione dei relativi consumi, anche grazie alle caratteristiche di misura dello specifico servizio che sono pienamente compatibili con le prestazioni offerte dalla tecnologia in parola e dalle relative reti. Inoltre reti operanti su bande non licenziate si stanno diffondendo in una configurazione multiservizio ossia per la connessione di dispositivi relativi a una pluralità di servizi (energia, acqua, rifiuti, illuminazione, ambiente). Inoltre diversi operatori di comunicazioni elettroniche e industriali stanno investendo sulla copertura di rete (RaiWay, Nettrotter, Ericsson Telcordia).

132. Alla luce di quanto acquisito nel corso dei lavori non sembra, quindi, che l'utilizzo di frequenze non licenziate offra livelli di qualità di servizio incompatibili con i requisiti richiesti dagli attuali sistemi di *smart metering*. Pertanto si ritiene che, allo stato, le reti utilizzando frequenze non licenziate possano essere in grado di costituire una valida alternativa per il collegamento dei sistemi di *smart metering*.

133. Ciò che tuttavia potrebbe destare perplessità, in via prospettica, è l'effettiva possibilità per tali reti di sostenere applicazioni con livelli di servizio più stringenti, quali quelli che potrebbero essere richiesti dalle future generazioni dei sistemi di *smart metering*, con riferimento a entrambi i canali (*chain 1* e *chain 2*). A tale riguardo è stata, da alcuni *stakeholders*, evocata la possibilità di mettere in campo interventi regolatori finalizzati a definire in maniera più incisiva le modalità di accesso alle bande non licenziate da parte degli operatori di rete per la fornitura dei sistemi di *smart metering*. Viene proposto, in sostanza, di definire nelle bande attualmente ad uso collettivo e libero da licenza impiegate dalle reti WMBus, LoRa e SigFox, opportuni modelli di accesso condiviso alla risorsa spettrale, in grado di evitare l'insorgere di interferenze nocive (tali cioè da danneggiare significativamente o inibire le trasmissioni dei dati). Tali soluzioni potrebbero, ad esempio, includere modelli cosiddetti di "*light licensing*", con specifiche condizioni d'uso e condivisione della banda definite dal regolatore, o modelli di tipo "*private commons*" o "*club use*", in cui le condizioni di accesso alla banda sarebbero demandate al fornitore del servizio, sulla base di un set di regole di base poste dal regolatore.

134. Sotto il profilo ora descritto è evidente in ogni caso che l'utilizzazione di tecnologie su frequenze licenziate può garantire, soprattutto in via prospettica, un miglior controllo della rete da parte dell'operatore che è così in grado di definire *policy* di accesso alla rete dipendenti dai requisiti specifici delle applicazioni e dispositivi. Pertanto si ritiene che le soluzioni tecnologiche basate su frequenze licenziate, oltre a sostenere adeguatamente i requisiti attuali e future degli *smart meter*, possano costituire un'alternativa maggiormente a "a prova di futuro" rispetto a soluzioni basate su frequenze non licenziate.

135. Merita infine uno specifico approfondimento la questione della immediata ed automatica utilizzabilità delle bande di frequenza allocate ai servizi di comunicazione mobile cellulare per le comunicazioni *machine-to-machine*, ivi inclusa l'applicazione allo studio dei sistemi *smart metering*. Sebbene, infatti, tali servizi possano essere erogati mediante tecnologie, quali NBloT, le cui specifiche tecniche sono definite dagli organismi di standardizzazione come profili di *standard* già esistenti, sviluppati per le comunicazioni personali, cambia profondamente il paradigma e la logica sulla base della quale vengono utilizzate le frequenze allocate ai sistemi di telefonia in uso. A tale riguardo dovrà essere verificata l'inclusione di tali nuovi profili, o nuove norme tecniche con riferimento in particolare all'NBloT, tra quelle autorizzate a livello comunitario per l'utilizzo delle bande attualmente in uso.

136. La valutazione comparativa delle diverse tecnologie *wireless* prese in considerazione può svolgersi anche sotto altri profili che riguardano la disponibilità della tecnologia, la copertura di rete, la disponibilità, i costi, il grado di "apertura" degli *standard*, la maturità dell'ecosistema. La valutazione sintetica di ciascuno di tali aspetti è riportata nei paragrafi seguenti.

137. Sotto il profilo della **disponibilità della tecnologia**, le soluzioni wireless WMBus, LoRa e SigFox offrono ad oggi un innegabile vantaggio rispetto alle tecnologie cellulari EC-GSM e NBloT, le cui specifiche tecniche sono in via di definizione da parte del 3GPP, sebbene il loro completamento sia previsto a breve. Non si può non tenere conto, del resto, che la standardizzazione costituisce solo la prima fase del più ampio processo che renderebbe tali soluzioni effettivamente disponibili *off-the-shelf*. Ai tempi di completamento degli standard dovranno infatti essere sommati gli ulteriori tempi necessari per la produzione dei *chipset* e dei moduli di comunicazione, per il conseguimento di volumi di produzione tali da rendere effettivamente accessibile la tecnologia, nonché, da ultimo, i tempi di aggiornamento degli apparati di rete interessati dalle modifiche.

138. Secondo quanto riferito dagli operatori di rete cellulare e dai produttori dei *chipset*, il processo dovrebbe completarsi nel 2017. Lo stesso orizzonte temporale viene, peraltro, indicato per la tecnologia *embedded SIM* (e-SIM), che, agevolando il cambio operatore, potrebbe costituire l'elemento cruciale per l'impiego delle tecnologie cellulari su vasta scala nel settore dello *smart metering*. Sulla attendibilità di tali riferimenti temporali sono state, in ogni caso, sollevate numerose perplessità da parte di altri soggetti intervenuti in audizione, che prospettano per il completamento del processo tempi ben più lunghi ed indicano il 2020 come data di effettiva disponibilità in campo di questa tecnologia.

139. L'aspetto relativo alla disponibilità della tecnologia costituisce pertanto uno dei punti di maggiore criticità connessi all'impiego delle soluzioni cellulari *low power* su banda licenziata. Per contro, queste soluzioni sembrano offrire vantaggi in termini di apertura ed **interoperabilità delle reti**, proprio in virtù della standardizzazione delle specifiche.

140. Il profilo della interoperabilità delle reti appare del resto di notevole importanza per il costituirsi di economie di scala tali da sostenere il modello di business in un settore, lo *smart metering* evoluto, caratterizzato da bassi livelli di ARPU (*average revenue per user*). Risulta pertanto determinante che tale comparto evolva secondo linee che consentano, da un lato, lo sviluppo in logica multi-servizio e *multi-utility*, dall'altro lo sviluppo sinergico rispetto ai settori contigui delle *smart home* e delle *smart grid*, che hanno quali elementi distintivi e comuni il monitoraggio e il controllo da remoto degli elementi di rete, in tempo reale.

141. Nella consapevolezza della importanza di tale aspetto, gli stessi operatori delle reti *wireless unlicensed* si sono mossi, al fine di garantire un certo grado di interoperabilità delle rispettive reti. Si è detto, al riguardo, della creazione da parte di *LoRa Alliance* di un programma di certificazione e conformità alla specifica LoRaWAN, che consentirebbe ai dispositivi certificati LoRaWAN di essere distribuiti su più reti e spostarsi da una rete all'altra, indipendentemente dalla infrastruttura di rete o dall'operatore. Un minore livello di interoperabilità è garantito da SigFox, che rende disponibili API aperte per i produttori di chip con certificazione SigFox e consente alle aziende che sviluppano piattaforme ed applicazioni IoT la possibilità di interfacciarsi con le reti SigFox.

142. Sul punto, una *best practice* può essere rinvenuta guardando al settore dello *smart metering gas*, in cui la tecnologia WMBUS a 169 MHz è impiegata secondo le norme tecniche emesse dal CIG, che definiscono i protocolli di comunicazione tra i componenti del sistema per assicurare sia l'interoperabilità, ossia la capacità del sistema di scambiare dati con sistemi differenti e/o prodotti da aziende manifatturiere differenti, sia l'intercambiabilità dei gruppi di misura e degli altri apparati della rete punto-multipunto.

143. Sotto il profilo dei costi rileva, da un lato, l'architettura di sistema, dall'altro **i costi dei chip e del modulo di comunicazione**. Quanto a quest'ultimo aspetto, le soluzioni LPWAN *unlicensed* presentano costi di produzione comparabili con le soluzioni *wireless licensed*. In particolare, i *device* SigFox e LoRa risultano più economici rispetto a LTE-M, e di costo comparabile con quelli di EC-GSM e NB-IoT, per lo meno quando sarà a regime la produzione di massa dei relativi *chipset* e dispositivi.

144. Più articolata e complessa è, allo stato, la valutazione dei **costi connessi alla infrastruttura di rete**. Al riguardo due sono, in linea generale, gli elementi rilevanti: la riutilizzabilità di infrastrutture esistenti ed il livello di adozione del servizio nell'area di copertura o, in assenza di stime sul livello della domanda, la densità di popolazione nell'area.

145. Sulla base di quanto emerso nel corso delle audizioni, il ricorso alle tecnologie EC-GSM e NB-IoT consentirebbe di sfruttare un ecosistema già maturo e riutilizzare le infrastrutture di rete cellulari esistenti, garantendo la copertura dell'intero territorio nazionale. Secondo quanto riferito dalle *Tower Company* nel corso dell'audizione, del resto, anche l'impiego delle tecnologie LoRa e SigFox prevede la condivisione di siti di trasmissione esistenti, in particolare delle infrastrutture di rete di *broadcasting*. La copertura così raggiungibile potrebbe poi essere estesa mediante un limitato numero di *gateway* locali. Per altro verso, l'impiego della tecnologia WMBus a 169 MHz, già utilizzata per lo *smart metering gas*, potrebbe consentire risparmi connessi alla logica multiservizio, ferma restando la necessità di superare i problemi connessi all'insorgere di interferenze dannose.

146. Nei casi citati di LPWAN *unlicensed*, la sostenibilità economica degli investimenti infrastrutturali dipende dalla possibilità di ammortizzare i costi legati alla interposizione di un concentratore tra i sistemi centrali di acquisizione del dato e gli *smart meter*. Tale architettura di rete punto-multipunto risulterebbe, infatti, particolarmente adatta a zone ad alta densità abitativa, in cui ad uno stesso concentratore risulta attestato un elevato numero di dispositivi terminali.

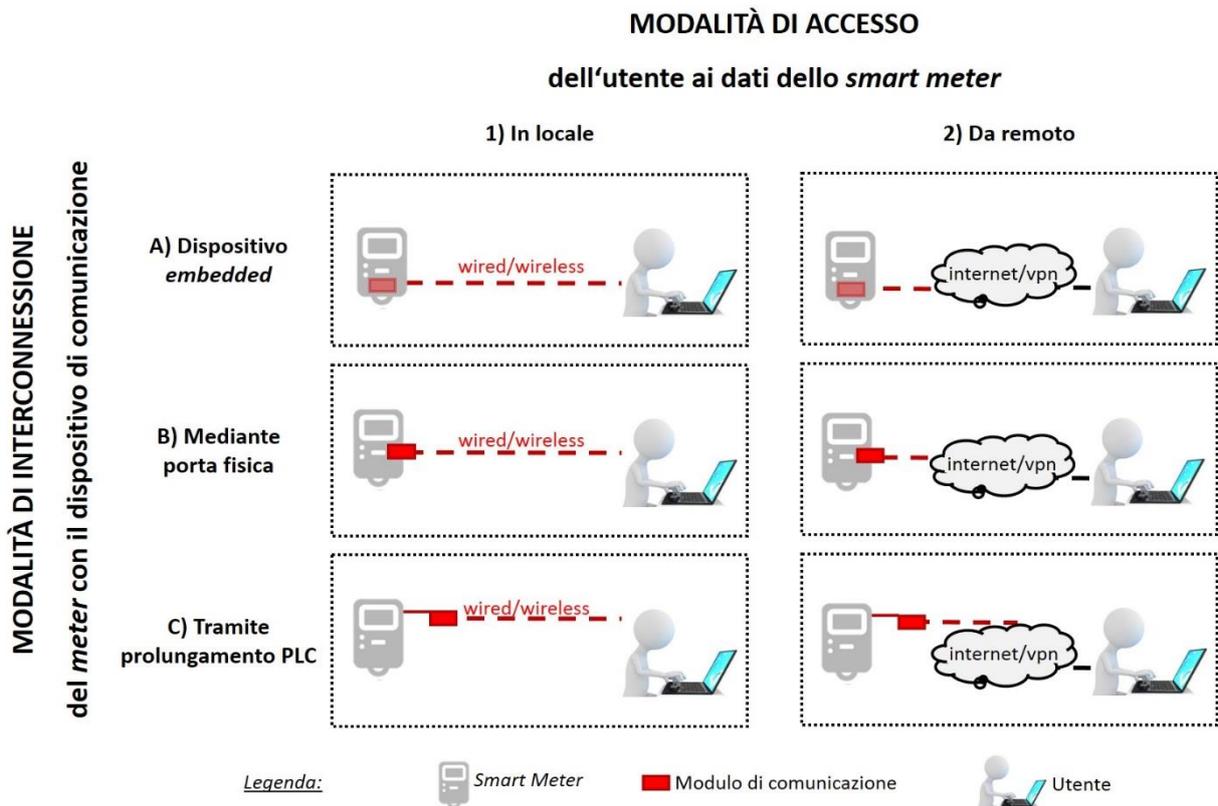
147. Non è stato possibile in questa sede effettuare un'analisi comparativa dei **costi operativi** di manutenzione, preventiva e correttiva, e di gestione delle infrastrutture di comunicazione, stante la novità di alcune delle tecnologie allo studio e la mancanza di modelli di *business* consolidati per le reti *wireless* su frequenze non licenziate.

4.1.3 Scenari architetturali per la chain 2

148. Conclusa la disamina delle tecnologia utilizzabili per il collegamento delle *smart meter* si esamina, in questo paragrafo, il tema della configurazione architetturale della *chain 2* e delle modalità di accesso ai dati dell'utente. Pur non essendo tale aspetto stato oggetto di specifica analisi, appare utile esporre in questa sede alcune considerazioni emerse nel corso dei lavori del GdL che potranno essere ulteriormente approfondite nel prosieguo delle attività previste in collaborazione con l'AEEGSI in merito all'evoluzione dalla versione 2 alla 2.1 dello *smart meter* elettrico.

149. Sono state valutati, in particolare, alcuni possibili scenari architetturali per la *chain 2* a partire dalla configurazione del modulo di comunicazione (esterno o interno) e dalla modalità di collegamento del modulo alla sede utente (diretta o attraverso rete internet – pubblica o privata). L'incrocio delle differenti casistiche consente di individuare, *prima facie*, sei possibili scenari per la *chain 2* dello *smart metering* elettrico, così come esemplificati in Figura 20.

Figura 20 – Possibili scenari architetturali per la *chain 2* dello *smart metering* elettrico



Fonte: Autorità

150. La effettiva realizzabilità o funzionalità di un determinato scenario è influenzata dalla scelta di una data tecnologia (e viceversa). Ad esempio, lo scenario con dispositivo *embedded* (A1 e A2)

richiede la disponibilità di una *soft SIM* nel caso di tecnologia *wireless licensed* (cfr. *infra*), mentre gli scenari C1 e C2 potrebbero soffrire di limitazioni tecniche nel caso di elevate distanze del prolungamento PLC. Infine le connessioni mediante porta fisica, come nel caso dello scenario B1 e B2, pongono delle problematiche in merito alla sicurezza e ai consumi che dovranno essere attentamente valutate.

151. In ogni caso, qualsiasi sia lo scenario applicativo, dovranno essere adeguatamente tenuti in conto gli aspetti regolamentari relativi alle modalità di accesso ai dati di consumo da parte dell'utente previsti dalla Direttiva 2012/27/UE (artt. 9 e 11) e dal Decreto Legislativo n.102 del 4 luglio 2014 (art. 9), che recepisce in sede nazionale tale Direttiva. Tra l'altro, è infatti previsto che *"...i clienti finali ricevano gratuitamente tutte le loro fatture ed informazioni sulla fatturazione per il consumo di energia e possano accedere in modo appropriato e gratuito ai dati relativi ai loro consumi."*

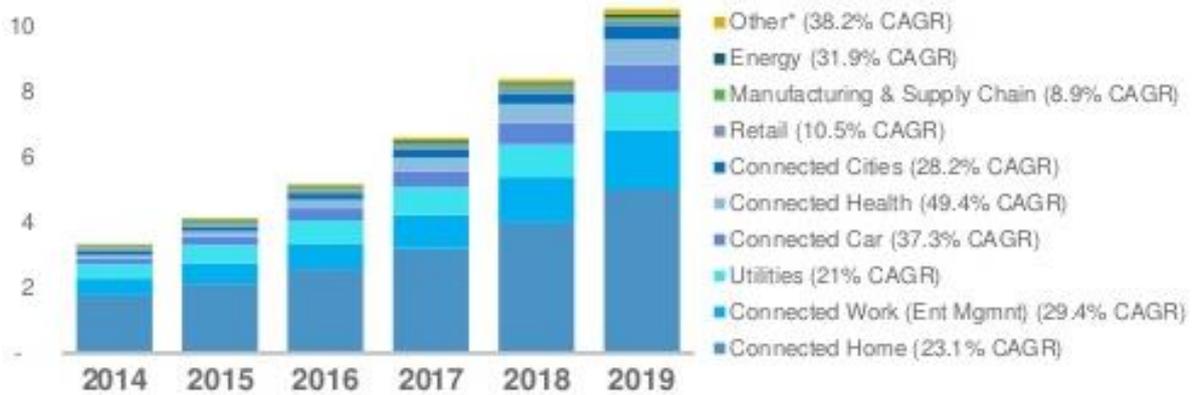
4.2 Aspetti regolamentari emersi

152. L'indagine effettuata ha evidenziato alcune problematiche di tipo economico e tecnico che hanno evidenti ricadute dal punto di vista regolamentare. Nello specifico, le criticità regolamentari emerse attengono la durata dei sistemi di *smart meter* – che sono di gran lunga superiori ai normali cicli di vita di altri sistemi di comunicazione – e le procedure per la "portabilità" dei dispositivi e sistemi (dove la portabilità è da intendersi in senso generale, e non limitatamente alla portabilità del numero, potendo quindi introdurre in maniera più estensiva il concetto di intercambiabilità.).

153. Come visto, il ciclo di vita di uno *smart meter* è di durata almeno decennale, in ragione di motivazione di natura economica e regolamentare. Tuttavia, dal punto di vista tecnologico, un arco temporale così ampio introduce diverse criticità, per vari ordini di motivi.

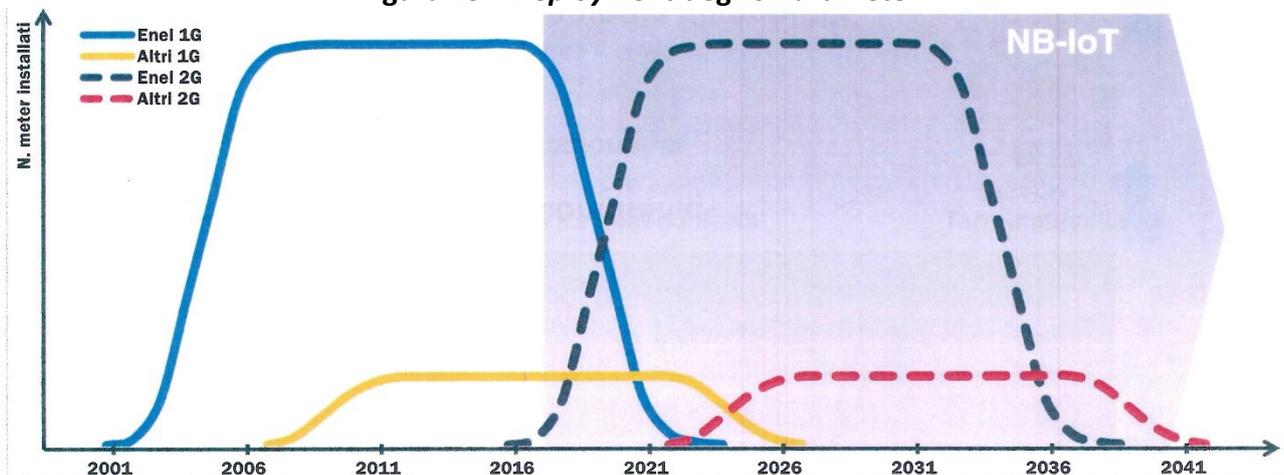
154. Innanzitutto, la rapida evoluzione tecnologica impedisce una ragionevole previsione circa la vantaggiosità di un dato scenario tecnologico per l'intero arco di tempo considerato. Anche le più accreditate previsioni (quali ad esempio quelle di Cisco) evidenziano possibili inversioni di tendenza nell'arco di cinque o dieci anni (cfr. Figura 22). Da questo punto di vista, una opzione perseguibile potrebbe essere quella di determinare le caratteristiche tecnologiche non in maniera univoca e fissa ogni dieci anni, ma gradualmente nel tempo, anche in accordo con i piani di *deployment* delle *utility* interessate (cfr. Figura 23). D'altronde, in tale direzione sembrano muoversi anche le recenti delibere dell'AEEGSI, che anziché definire univocamente degli *smart meter* 2G, hanno previsto almeno due diverse *release*, ossia *smart meter* 2.0 e 2.1.

Figura 22 – Dispositivi M2M



Fonte: Cisco

Figura 23 – Deployment degli smart meter



Fonte: TIM

155. Inoltre, appare opportuno rilevare come una vasta gamma di sistemi di *smart metering* (e di dispositivi M2M in generale) si appoggi, almeno in parte, all'infrastruttura di seconda generazione. Pertanto, uno *smart meter* installato nei prossimi anni terminerebbe il proprio ciclo di vita ben oltre la fine delle licenze GSM, con ovvie problematiche in termini di rinnovo delle licenze e/o di tutela dell'utenza. Gli stessi operatori di rete mobile sarebbero intenzionati¹⁹ a continuare ad usare la rete 2G per le attività di M2M, voce, e *roaming*, piuttosto che migrarle sulla rete 3G o 4G, come confermato anche da alcuni produttori di *chipset* intervenuti in audizione (Huawei, Ericsson).

156. Infine, la durata ultradecennale dei sistemi di *smart metering* acuisce le problematiche inerenti la "portabilità" del sistema, dove la migrazione può riguardare sia il cambio di operatore di rete, sia il passaggio da un gestore dell'*utility* ad un altro (cfr. *infra*).

157. Come detto sopra, le tecnologie adottate dovranno supportare tutte le previsioni regolamentari in riferimento alla portabilità, sia quelle dell'AGCOM in tema di *number portability*

¹⁹ Analysys Mason, *Decommissioning 2G M2M services: the challenges suggest that 2G networks will continue to exist*, 2015.

per dispositivi connessi a reti pubbliche o utilizzando numerazioni del Piano Nazionale (E.164), sia quelle dell'AEEGSI in tema intercambiabilità della *utility*.

158. Per quanto attiene alla portabilità del numero, le attuali soluzioni tecnologiche, basate su SIM *embedded*, non consentono il cambio del *network operator* se non al costo di sostituire l'intero apparato. In alternativa, il cambio del *network operator* potrebbe realizzarsi a fronte della sostituzione fisica della scheda SIM, con un costo eccessivo rispetto al *business case* dei contatori. Tuttavia, come emerso nel corso delle audizioni, il GSMA è in procinto di standardizzare la cosiddetta *soft-SIM* (detta anche e-SIM), sostituendo dunque la SIM fisica con un *software* preinstallato su un apposito *chip*. Questa innovazione, in grado di gestire ugualmente le informazioni di sicurezza e autenticazione, consentirà di effettuare il cambio di gestore *online* o telefonicamente, mediante un successivo aggiornamento del *software* tramite meccanismi *over-the-air* (OTA).

159. Oltre al summenzionato tema della portabilità, tipicamente di competenza dell'AGCOM, un altro aspetto regolamentare emerso, peraltro già segnalato dalla citata deliberazione n. 87/R/EEL di AEEGSI, riguarda la necessità di garantire l'effettiva intercambiabilità dei sistemi di *smart metering* di seconda generazione in caso di cambio della concessione tra gestori di rete (il cosiddetto "subentro" tra imprese distributrici sulla stessa area).

160. La problematica del subentro è particolarmente sentita nel settore del gas, in previsione dell'approssimarsi della scadenza delle concessioni e di avvio massivo di gare di concessione per i nuovi ambiti territoriali. In caso di *switch* della concessione sono due gli aspetti da considerare: il primo riguarda l'interoperabilità di sistema tra apparecchiature di produttori differenti, il secondo fa riferimento all'interoperabilità dei protocolli dei vari fornitori in termini di gestione dei dati di misura (le cosiddette "librerie"). Infatti, in mancanza di una procedura per la gestione delle suddette librerie, il distributore che subentra nella gestione della concessione potrebbe essere chiamato a sostenere i costi per acquisire licenze e *software* o per modificare la propria piattaforma per gestire correttori di diverso fornitore.

5 Conclusioni

161. Al fine di condurre una valutazione conclusiva delle alternative tecnologiche relative ai sistemi di comunicazione utilizzabili dai sistemi di *smart metering* occorre operare, in prima istanza, una distinzione tra le tecnologie *wired* e *wireless*. Per ciò che riguarda i sistemi *wired*, al momento è presente la sola tecnologia PLC – la fibra ottica non è stata indicata come alternativa proponibile, da nessuno dei partecipanti – che per la *chain 1* è utilizzato nella porzione A della relativa banda. La tecnologia PLC a banda stretta (frequenze inferiori a 150 kHz) ha costituito il supporto per lo sviluppo degli *smart meter* elettrici di versione 1.0 ed è considerata da AEEGSI il supporto principale dei contatori 2.0, specificati con la deliberazione n. 87/R/EEL del 2016. La tecnologia PLC risulta infatti il supporto di gran lunga più economico (grazie al fatto che sfrutta nativamente l'infrastruttura elettrica) e con prestazioni adeguate ai servizi allo stato richiesti, consentendo peraltro l'acquisizione di dati convalidati ad intervalli di tempo assai ridotti. Per ciò che attiene segnatamente l'utilizzo del PLC per la *chain 2*, allo stato non è ancora disponibile un protocollo standard di comunicazione in banda C, anche se l'AEEGSI si è attivata dando mandato al Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) per la definizione dello standard nazionale di tale protocollo. L'uso della PLC sulla *chain 2* sino all'abitazione richiederà tuttavia lo sviluppo di sistemi e applicazioni (c.d. ecosistema) per la messa a disposizione e la presentazione dei dati all'utente finale. Non si è in grado, allo stato, di fornire certezze circa l'effettiva applicabilità di questa soluzione in quanto, oltre all'aspetto dell'immunità al rumore, l'ecosistema è in fase di sviluppo e diffusione anche se, come prima rilevato, sono disponibili i componenti elettronici di base. Risulta invece interessante, per la *chain 2*, l'uso della PLC come porta "fisica" per la connessione a dispositivi esterni *wireless* per il trasferimento dei dati "utente" sia all'utente stesso che al fornitore di servizi di *smart metering* evoluti.

162. Per ciò che riguarda i sistemi *wireless* le tecnologie e le reti basate su frequenze *unlicensed wide area* (WMBus, LoRa, SigFox) appaiono essere allo stato adeguate, in termini di prestazioni, ai requisiti richiesti per l'acquisizione delle misure degli *smart meter*, con riferimento ai dati relativi alla *chain 1*. Questa categoria di sistemi risulta avere a disposizione un ecosistema sufficientemente evoluto in termini sia di dispositivi che di servizi, inoltre, i costi delle licenze per le tecnologie ed i protocolli sottostanti, laddove non *open source*, risulterebbero essere ragionevoli e accessibili. Le tecnologie indicate mettono a disposizione un insieme di servizi aperti per consentire alle *utility* o ai fornitori di servizi di *smart metering* lo sviluppo di proprie applicazioni, anche se, nel caso di SigFox, si evidenzia l'obbligatorietà di utilizzare i servizi di raccolta dati e centralizzazione degli stessi offerti dal promotore del sistema. Tali tecnologie possono essere quindi considerate, ad oggi, valide alternative per i sistemi di comunicazioni di cui si tratta in questa relazione.

163. Si deve tuttavia evidenziare che tali tecnologie possono mostrare limiti significativi, in prospettiva, con riferimento alla ridotta capacità di banda che non potrebbe sostenere un incremento dei requisiti e delle prestazioni degli *smart meter* e all'incremento del numero dei dispositivi di misura in una data area, fattore quest'ultimo che potrebbe degradare la qualità del servizio. A tale riguardo è stato suggerito da alcuni soggetti uditi di valutare la possibilità di introdurre, in particolare per il WMBus, accordi di *self regulation* o sistemi di *light regulation* al fine di meglio regolare l'accesso al mezzo radio e ottenere un livello di garanzia, ancorché minimo, sulla qualità del servizio. Inoltre criticità possono evidenziarsi in ordine alla effettiva copertura territoriale dei sistemi in questione.

164. Sotto questi ultimi profili, le tecnologie *wireless* basate su frequenze *licensed* sono in grado di offrire significativi miglioramenti in termini di copertura, prestazioni e qualità del servizio, che possono essere tenute sotto il controllo dell'operatore di rete. Le tecnologie esaminate (EC-GSM, LTE-M, NBLoT) si stanno evolvendo e raggiungendo un grado di maturità tale, in termini di protocolli, prodotti e servizi da costituire nel breve/medio termine, una valida alternativa, ai sistemi *wireless*, prima descritti. Il sistema NBLoT, in particolare, ha requisiti di progetto e obiettivi (costo del singolo *device*, durata della batteria, copertura *indoor e deep indoor*) che avvicinano e in alcuni casi superano quelli dei sistemi *unlicensed* più utilizzati. La copertura, in particolare, è quella garantita dalle reti cellulari mentre per ciò che riguarda la durata delle batterie, i requisiti di progetto sono del tutto analoghi a quelli previsti per LoRa, SigFox, e WMBus, così da poter esser previsto il suo uso anche in sistemi di *smart metering* non alimentati (p.e. gas). Per gli *smart meter* elettrici, l'NBLoT potrà essere tenuto in considerazione, come sopra detto, per la trasmissione dei dati relativi alla *chain 2*, prelevando tali dati direttamente attraverso una porta fisica oppure attraverso un collegamento di tipo PLC in banda C sul quale tali dati sono resi disponibili. Una volta installato un dispositivo NBLoT sul contatore, esso potrebbe inoltre costituire il *backup* o la rete alternativa al PLC banda A per la *chain 1*, laddove il *business case* lo consenta. Per ciò che riguarda l'introduzione di una porta fisica sul contatore, una tale possibilità è stata prevista dall'AEEGSI per l'evoluzione verso la versione 2.1 degli *smart meter* elettrici in quanto permetterebbe l'accoppiamento diretto tra il dispositivo NBLoT (o altro sistema *wireless* esterno) e lo *smart meter*, senza rischi dovuti a eventuali interferenze locali e senza particolari costi aggiuntivi per il sistema elettrico. Tale soluzione potrebbe essere oggetto di uno specifico approfondimento.

165. È necessario, tuttavia, considerare la novità del sistema NBLoT, le cui specifiche tecniche 3GPP (*release 13*) sono state approvate definitivamente nel mese di giugno 2016. Sebbene la produzione dei *chip* che implementano tale *release* sia già iniziata (a detta di alcuni dei soggetti intervenuti), non appare esserci accordo sulla data di effettiva adozione, anche massiva, di sistemi e contatori NBLoT. Occorre inoltre considerare la distribuzione in rete degli aggiornamenti di sistema necessari per rendere operativo l'accesso dei dispositivi. Pertanto la specificazione di tale tecnologia nell'ambito dei sistemi di *smart meter* dovrà tenere in conto gli effettivi progressi del sistema e, a tal fine, appare utile avviare un monitoraggio che veda coinvolti gli operatori di rete e i costruttori per tenere sotto controllo gli avanzamenti e la reale disponibilità dei sistemi di rete e dei dispositivi. Infine l'effettivo uso dell'NBLoT deve essere accompagnato dall'implementazione, regolamentare e tecnica, di sistemi (c.d. e-SIM) che consentano il cambio di operatore di rete senza la necessità della sostituzione fisica della SIM (aggiornamento OTA). Anche in questo caso appare necessario che vengano rimosse eventuali barriere regolamentari che impediscano l'uso dell'e-SIM e che venga specificato un *standard* comune tra costruttori e operatori di rete.

166. In definitiva, la tecnologia NBLoT appare essere a breve/medio termine (in dipendenza della rapidità della sua effettiva implementazione) quella più promettente e con delle caratteristiche maggiormente a prova di futuro rispetto alle altre soluzioni *wireless*, e dunque sembrerebbe ben conciliarsi con il ciclo di vita degli *smart meter* (15 anni).

167. Relativamente alle restanti tecnologie cellulari, è stata evidenziata la presenza di un numero significativo di dispositivi *smart meter* (in particolare per il gas) che utilizzano sistemi 2G (GPRS) mentre si stanno sviluppando protocolli più evoluti (EC-GSM) che potranno offrire un miglior livello di copertura rispetto ai sistemi standard 2G. In merito a tali sistemi, vengono richieste, da più

soggetti intervenuti, indicazioni circa la durata delle relative autorizzazioni e la dismissione di questa tecnologia. Considerato infatti il ciclo di vita dei contatori (15 anni), viene segnalato il rischio di inutilizzabilità dei sistemi con a bordo tale tecnologia che saranno installati nel corso dei prossimi anni, nel caso che la dismissione delle reti 2G non venga decisa con opportuno anticipo.

168. La questione della *legacy* dei dispositivi utilizzando tecnologia 2G travalica in effetti l'ambito degli *smart meter*, in quanto in molteplici settori (per esempio l'*automotive*) si sono diffusi sistemi M2M basati su tecnologia 2G. A tale riguardo sarebbe opportuno svolgere un'indagine per valutare la diffusione, in tutti i settori tecnologici di rilevanza per l'IoT, di sistemi di comunicazione 2G per i servizi M2M e stimare il numero di dispositivi 2G presenti e attivi su base nazionale.