POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

PR.I.M.E3: Sottosistema Controllo Microclimatico e Monitoraggio

Original
PR.I.M.E3: Sottosistema Controllo Microclimatico e Monitoraggio / Grosso, M., Azzolino, M.C., Piccablotto, G., Taraglio, R.. - ELETTRONICO. - (2014).

Availability:
This version is available at: 11583/2572748 since:

Publisher:

Published
DOI:

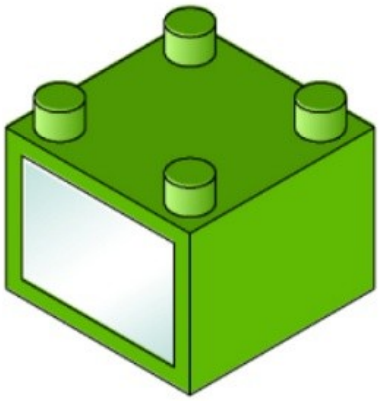
Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

13 November 2026



PR.I.M.E^3

PRocedure **I**nnovative per **M**oduli **E**dilizi **E**nergeticamente efficienti ed **E**cocompatibili

BANDO EFFICIENZA ENERGETICA IN AREE URBANE
M.A.T.T.M. Ministero dell'**A**mbiente e della **T**utela del **T**erritorio e del **M**are
CIG: **3334672263** CUP: **F81C07000110003**

SOTTOSISTEMA CONTROLLO MICROCLIMATICO E MONITORAGGIO

Responsabile Unità Operativa Politecnico di Torino: Prof. Arch. Mario Grosso

Coordinatore Gruppo di Lavoro: arch. Maria Cristina Azzolino
Gruppo di Lavoro:
arch. Maria Cristina Azzolino,
arch. Gabriele Piccablotto,
arch. Rossella Taraglio

*f.to il responsabile:*_____

Torino, 30/12/2013

Indice

1. **Introduzione**
   - 1.1 Applicazioni della domotica
   - 1.2 Impianti tecnici integrabili in un sistema di Building Automation

2. **Soluzioni di automazione per l'efficientamento energetico degli impianti e dell'involucro edilizio**
   - 2.1 Termoregolazione a zone e controllo apertura dei serramenti
   - 2.2 Gestione e automazione dell'illuminazione naturale e artificiale
   - 2.3 Sistemi di controllo e gestione dei consumi

3. **Analisi dell'incidenza di sistemi di Building Automation sul risparmio energetico**

4. **Applicazione di un sistema di Building Automation per il modulo edilizio PRIME3**
   - 4.1 Architettura del sistema KNX
   - 4.2 Il mercato KNX in Italia

5. **Bibliografia**

1. Introduzione

Gli interventi di efficienza energetica in un edificio residenziale si possono considerare come una vera e propria fonte energetica, in modo particolare quando accoppiati ad una buona gestione degli impianti ed un efficace sistema di controllo (audit energetico).
Il ruolo della ***domotica***, pertanto, è quello di integrare i diversi componenti impiantistici a servizio dell'edificio, per ottimizzare l'uso delle risorse energetiche e garantire le migliori condizioni di comfort e sicurezza per l'utenza.

Per il conseguimento di questo obiettivo occorre però un approccio diverso al problema impiantistico dalla fase di progettazione fino all'installazione e alla manutenzione, in cui risulta indispensabile favorire una visione complessiva delle esigenze, con i singoli impianti che non devono più essere pensati come autonomi bensì come una parte di un sistema più grande e complesso che è l'***impiantistica integrata***.

In un sistema domotico integrato *(**Building automation** o **Home automation**)* l'indipendenza dei vari impianti dell'edificio è sostituita dalla condivisione di informazioni, le quali vengono convogliate in un'unica piattaforma multifunzione in grado di controllare, coordinare e comandare i singoli componenti impiantistici.

Una soluzione domotica si compone essenzialmente di una *unità centrale* (centralina elettronica) e di *attuatori*. La centralina elabora le informazioni ricevute da sensori e trasduttori, o direttamente dall'utenza attraverso comandi manuali, e le invia ad altri dispositivi detti attuatori, i quali a loro volta traducono questi segnali in azioni, chiudendo per esempio un circuito elettrico o un condotto idraulico.

L'insieme delle funzioni gestite dal sistema domotico è strettamente legato alla complessità del quadro di esigenze dell'utente, del quale il progettista deve innanzitutto saper interpretare i reali bisogni in modo da poterli tradurre in un secondo momento in soluzioni impiantistiche. Tali soluzioni sono di fondamentale importanza per rispondere a determinati livelli di comfort e, proprio in virtù della progressiva crescita dal punto di vista delle richieste da parte degli utenti, devono essere in grado di fornire prestazioni sempre più specifiche.

1.1 Applicazioni della domotica

Nonostante l'ampia gamma di soluzioni possibili, le funzioni dell'impianto domotico possono, per semplicità, essere suddivise in tipologie di appartenenza quali:

- risparmio energetico (p.e. gestione dei carichi elettrici, ottimizzazione del funzionamento di impianti tecnici e/o di elettrodomestici);
- comfort ambientale (p.e. azioni di feedback sul funzionamento di impianti tecnici in relazione alle esigenze di benessere termico e/o visivo dell'utenza);
- sicurezza (p.e. sistemi antintrusione, videosorveglianza, rivelatori di gas/fumo, telesoccorso);
- automazione (p.e. sistemi di accesso, sistemi di oscuramento, irrigazione aree verdi);
- intrattenimento (p.e. sistemi di diffusione sonora, TV digitale terrestre/satellitare, telefonia).

I sistemi di Building Automation presentano potenziali vantaggi rispetto a sistemi impiantistici tradizionali riassumibili come segue:

- Elevata flessibilità, in quanto il funzionamento di ogni singolo dispositivo è determinato dalla configurazione del dispositivo e non dal cablaggio, pertanto è possibile modificare facilmente la configurazione del sistema sia in corso d'opera sia ad installazione finita.
- Implementazione di nuove funzionalità, a seconda del modificarsi nel tempo delle esigenze degli utenti, senza necessità di cambiare dispositivi o rifare il cablaggio.
- Maggiore semplicità di cablaggio, in quanto i cavi di energia sono limitati al collegamento degli attuatori e delle prese di energia; il resto dei collegamenti può essere effettuato con cavi SELV o di piccola sezione.
- Maggiore integrazione con impianti esistenti, in quanto l'installazione di un sistema d'automazione non comporta necessariamente la completa eliminazione di impianti esistenti, che possono invece essere integrati nel nuovo sistema attraverso opportune interfacce.
- Gestione in remoto a distanza delle diverse funzionalità impiantistiche, con dispositivi d'uso comune quali tablet e smartphone.

Per contro, l'automazione del sistema impiantistico può presentare alcuni aspetti negativi rispetto agli impianti tradizionali, quali:

- i dispositivi sono più costosi dei dispositivi tradizionali che sostituiscono;
- è una tecnologia che non tutti gli installatori conoscono e sono in grado di gestire;
- è necessario istruire il cliente sull'utilizzo di un sistema dall'elevato contenuto tecnologico.

1.2 Impianti tecnici integrabili in un sistema di Building Automation

Il settore impiantistico è in continuo cambiamento ed aggiornamento. La tecnologia evolve e immette nel mercato sempre nuovi prodotti che sono in grado di soddisfare una crescente domanda di nuove funzionalità.
In questo mercato sicuramente l'introduzione di sistemi di controllo, gestione e supervisione, locale e remota, su impiantistiche predisposte e possibilmente integrate, permette un ritorno dell'investimento che risulta ampiamente compatibile con le normali aspettative imprenditoriali.

Agli impianti è richiesta sempre più spesso la capacità di crescere per adeguarsi a nuove esigenze degli utenti adattandosi con la struttura che li ospita. Fino ad ora questo aumento delle prestazioni richieste alle installazioni impiantistiche è stato risolto con i metodi tradizionali, creando di volta in volta le soluzioni possibili per far convivere con il minimo di interferenza i diversi impianti e l'edificio stesso. Tuttavia la miglior soluzione per l'integrazione dei sistemi e dell'edificio richiede in modo sempre più pressante un approccio integrato al "sistema edificio", approccio che deve prevedere una collaborazione stretta fra progettisti di diversi sistemi a partire dalla fase di progettazione.

Per quanto concerne le tipologie di impianti, si considerano essenzialmente quelli legati all'ambito residenziale e tra i più comunemente adottati, quali:

- Impianto elettrico
- Impianto di riscaldamento/condizionamento dell'aria
- Impianto di sicurezza

Impianto elettrico

L'impianto elettrico in un edificio è di fondamentale importanza in quanto rappresenta un prerequisito per il funzionamento degli altri impianti presenti. Per questo motivo in molte realizzazioni è obbligatorio che, almeno in alcune sue parti, sia affiancato da sistemi che possano intervenire tempestivamente in caso di black-out della rete esterna.

Nella progettazione, partendo sempre dalle disposizioni normative che regolamentano ogni aspetto dell'impianto (dalle apparecchiature di sicurezza alla messa a terra, dalla propagazione degli incendi al dimensionamento dei cavi e dei dispositivi) si definiscono i quadri di distribuzione, i punti di comando, si stabiliscano i percorsi di collegamento e si posizionano gli apparati utilizzatori dell'energia, sia necessari sia specificatamente richiesti dal committente.
I punti di comando (sensori) sono gli elementi che acquisiscono l'informazione e/o la richiesta di attivazione o disattivazione di carichi, ovvero gli interruttori, i pulsanti, i crepuscolari, i timer.
I cavi di collegamento rappresentano il mezzo di trasmissione, sia dell'informazione che della potenza. La tipologia dei dispositivi ed il collegamento dei cavi rappresenta l'unità decisionale che gestisce l'attuazione con l'attivazione o la disattivazione nella modalità desiderata del carico collegato alla rete.

Dall'impianto elettrico dipende il funzionamento di tutti gli apparati che vi afferiscono direttamente, come l'illuminazione e la potenza per gli elettrodomestici, oltre che il funzionamento di tutte le automazioni presenti come le motorizzazione di serramenti e sistemi di schermatura, porte di accesso e cancelli, fino al riscaldamento e condizionamento dell'aria.
E' buona norma quindi prevedere una linea privilegiata ed un piccolo gruppo soccorritore che sia in grado di mantenere alimentati almeno quei dispositivi ritenuti essenziali per un arco temporale prestabilito o permettano il superamento dei limiti contrattuali per un periodo variabile e scelto dall'utente in funzione delle sue esigenze.

L'impianto elettrico non contiene elettronica di comando e/o gestione nella generalità dei suoi elementi, anche se sono disponibili dispositivi di verifica automatica delle funzionalità e di riattivazione automatica del differenziale in totale sicurezza come pure di restart di interruttori da remoto.

Impianto di riscaldamento/condizionamento dell'aria

Il controllo e la gestione del microclima interviene su parametri ambientali fondamentali come la temperatura e l'umidità relativa dell'aria, svolgendo un compito importante per quanto riguarda il comfort per l'utente dell'edificio. Il settore della termotecnica propone inoltre sempre nuove soluzioni tecnologiche per rispondere alle esigenze del mercato in fatto di attribuzione personalizzata dei costi in funzione del reale utilizzo dell'energia individualmente richiesta.

Le realizzazioni nel settore residenziale, oltre al tradizionale riscaldamento con radiatori, offre l'opportunità di utilizzo di pannelli radianti a pavimento, a parete o soffitto che, grazie anche alle nuove caldaie a condensazione, ne permettono un ottimale sfruttamento con conseguente ottimizzazione anche dei consumi.

E' normalmente presente il termostato/cronotermostato ambientale, anche se si sta diffondendo la gestione di più zone climatiche che, in realizzazioni di elevata superficie abitativa o di caratteristiche particolari, l'impianto permette il sezionamento per un controllo climatico per zone o per singoli ambienti.

Il riscaldamento individuale o condominiale è un altro tema estremamente discusso nel quale la maggior parte di utenti privilegia il primo per la libertà e l'autonomia che consente ed i minori costi che si ottengono quando si paragona a vecchi impianti centralizzati, quando consentito dal quadro legislativo in materia. Sempre più presente risulta anche la dotazione standard dell'impianto di condizionamento mono o multi-split mentre raro appare ancora l'impianto di trattamento dell'aria in ambienti residenziali. La possibilità di funzionamento da parte di molti impianti di condizionamento anche come pompa di calore, con conseguente possibilità di riscaldare gli ambienti, permette una ulteriore e maggior flessibilità. L'impianto a liquido deve prevedere l'installazione del compressore all'esterno e degli split e dello scarico della condensa, mentre quello ad aria (molto poco impiegato nelle residenze) di condotti dell'aria più ingombranti.

Impianto di sicurezza

Comprende due tipologie impiantistiche inerenti agli aspetti di *safety* e *security*.
Il primo comprende quei sistemi in grado di rivelare situazioni di pericolo all'interno dell'unità abitativa, quali ad esempio fughe di gas o principi di incendio. Il prodotto che realizza una funzione di sicurezza può limitarsi a fornire, in caso di pericolo, segnalazioni di tipo acustico, luminoso, comunicativo o può agire cercando automaticamente di porre rimedio al pericolo rilevato.

Le principali azioni di rimedio che un sistema automatico è in grado di svolgere in questo contesto sono:

- segnalare con avvisatori acustici o luminosi, sia all'interno sia all'esterno, l'insorgere od il persistere di una condizione critica, distinguendone la natura e dandone evidenza;
- avvisare a mezzo telefono / interfono chi di dovere (il titolare, una sala di controllo, una portineria, etc);
- attivare procedure particolari, a seconda del tipo di allarme, che tendano a bloccare e/o rimuovere il problema come chiudere l'adduzione di gas o acqua, attivare pompe sommerse, sistemi di evacuazione fumi o spegnimento incendi.

L'impianto di security comprende i sistemi antifurto ed antintrusione progettati per soddisfare i diversi livelli di prestazioni e sicurezza richiesti dall'edificio ed approvati dal committente.
Questi sistemi si avvalgono di apparati che utilizzano diverse tecnologie anche fra loro combinate e proteggono le diverse parti dell'edificio.

Si utilizzano rilevatori di presenza a semplice, doppia o tripla tecnologia cioè una combinazione di raggi infrarossi, che rilevano la variazione di calore emesso da corpi in movimento nell'ambiente, di microonde e/o di ultrasuoni che rilevano il movimento nell'apposita area di copertura. La combinazioni di queste riduce sensibilmente la possibilità di falsi allarmi ed aumenta il grado di sicurezza dell'impianto.

Oltre a questi vengono comunemente utilizzati altri rilevatori puntuali in grado di rivelare l'apertura di porte e serrande, le vibrazioni dovute alla rottura di un vetro, etc.
Esistono infine dispositivi particolari per sorvegliare le aree intese come spazi aperti, le recinzioni ed il terreno. Fanno parte di questa categoria le barriere ad infrarossi (rilevatori IR attivi), i rilevatori a microonde, quelli per la recinzione, quelli da interro (in grado di catturare variazioni di pressione o di campo magnetico).

L'insieme dei sensori è poi collegato ad una centrale che ne mantiene un monitoraggio continuo elaborando i segnali ed attivando gli allarmi opportuni (antintrusione, allarme tecnico, sequestro, etc.) attraverso chiamate alla centrale di soccorso via telefono, rete cellulare o satellitare ed i dispositivi di allarme prescelti, non ultimo l'accensione a pulsazione delle luci dell'edificio se è presente la possibilità di integrazione con l'impianto elettrico.

L'integrazione poi con altre tecnologie ed impianti come quelli di TVCC, di controllo accessi contribuiscono a realizzare un "sistema di sicurezza".

2. Soluzioni di automazione per l'efficientamento energetico degli impianti e dell'involucro edilizio

Il sistema domotico si realizza mediante l'adozione di un impianto integrato, il quale, affiancato da una gestione razionale dei consumi, può garantire una maggiore efficienza del "sistema edificio", con un risparmio dal punto di vista energetico e, di conseguenza, economico.

In particolare, tali obiettivi possono essere raggiunti considerando alcuni aspetti che, legati al controllo microclimatico, offrono un sostanziale contributo al contenimento dei consumi, quali:

- termoregolazione a zone e controllo apertura dei serramenti;
- gestione e automazione dell'illuminazione naturale e artificiale;
- gestione e controllo dei carichi;
- misura, memorizzazione e gestione dei consumi;
- diagnostica.

2.1 Termoregolazione a zone e controllo apertura dei serramenti

La termoregolazione a zone permette di scegliere la temperatura di ogni singola stanza a seconda della sua funzione e del momento della giornata in cui la si utilizza (p.e. quando singoli ambienti sono inutilizzati, questi possono essere selezionati ed esclusi dall'attivazione dell'impianto).

La temperatura dell'aria di ogni singola zona (o ambiente) viene rilevata dalle sonde di cui ognuna di esse può disporre; i dati ottenuti vengono trasmessi alla centralina che, a seconda delle esigenze degli utenti, attiverà mediante dispositivi attuatori le elettrovalvole, pompe di circolazione e altri componenti idraulici legati al riscaldamento o raffrescamento degli ambienti.

Grazie alla possibilità di impostare il clima più confortevole per ogni ambiente evitando inutili sprechi, il controllo della temperatura a zone consente di ridurre sensibilmente i consumi

energetici (fino al 30% rispetto ad un impianto con cronotermostato). Questa soluzione permette di ottimizzare ulteriormente in consumi se le sonde vengono tarate con temperature di attivazione/disattivazione differenti a seconda dell'esposizione degli ambienti.

Un ulteriore vantaggio è legato all'integrazione tra impianto di riscaldamento/raffrescamento e i dispositivi per il controllo delle schermature, i quali possono ridurre gli apporti solari nella stagione estiva o sfruttarli nei mesi più freddi. Allo stesso modo, è possibile ottenere un risparmio di energia combinando i dati provenienti dai sensori di controllo dei serramenti esterni con quelli relativi alla temperatura interna dell'aria, evitando inutili dispersioni di calore con la sospensione del riscaldamento durante il periodo di apertura dei serramenti.

La termoregolazione si può utilizzare quando l'impianto è predisposto per la gestione a zone: un impianto è predisposto per il controllo separato degli ambienti quando sul collettore di distribuzione è possibile installare le elettrovalvole per ogni singola zona, pertanto ognuna di esse deve essere idraulicamente indipendente dalle altre. Le elettrovalvole utilizzate che gestiscono le zone possono essere con contatti ON/OFF oppure APRI/CHIUDI.

L'impianto di termoregolazione si compone di differenti dispositivi, ognuno con la propria funzione, che per alcuni di essi è già stata accennata in precedenza:

- *Alimentatore* - Si tratta del dispositivo atto all'alimentazione del sistema di comunicazione dati e dei dispositivi, il cui numero dipende proprio dalla corrente erogabile dall'alimentatore e dall'assorbimento degli stessi attuatori.
- *Centrale di termoregolazione* – E' l'unità che consente di configurare l'impianto, personalizzare i programmi e visualizzare informazioni. Generalmente hanno funzioni programmate dalla casa costruttrice e, onde evitare problemi di funzionamento e costi elevati di gestione e manutenzione, si sconsiglia all'utente comune una programmazione avanzata.
- *Sonde* - Le sonde interne devono essere installate in ogni zona per permettere di rilevare la temperatura ambiente e di variare localmente la temperatura impostata in centrale. Attraverso una sonda radio è possibile rilevare la temperatura esterna, la quale viene inviata mediante trasmissione radio direttamente alla centrale.

- *Attuatori* - Sono sistemi elettromeccanici che azionano le elettrovalvole e le pompe di circolazione. La scelta del numero e del tipo di attuatori dipende dalla tipologia di elettrovalvole installate e dalla loro disposizione nell'impianto.
- *Interfaccia contatti* - Si tratta di quel dispositivo che si integra con il sistema delle chiusure trasparenti e permette di controllare lo stato di apertura o chiusura dei serramenti rilevando la condizione del contatto magnetico installato su di essi. Come già detto, tale informazione viene acquisita dall'impianto di termoregolazione, che disattiverà il riscaldamento (o raffrescamento) della zona in cui i serramenti sono stati aperti.
- *Integrazione con sensori di presenza* - Per ottimizzare ulteriormente i consumi ed evitare sprechi, è possibile integrare i dati dei rilevatori di presenza dell'impianto di illuminazione con il termostato ambientale, programmando le loro azioni simultaneamente. In questo modo, con un'apposita configurazione legata alle assenze prolungate, è possibile evitare l'accensione dell'impianto termico o limitarne le temperature d'impiego quando la zona non è utilizzata.
- *Climatizzazione* - Il sistema di automazione domotica può integrare anche l'impianto di raffrescamento tramite pannelli radianti oppure di climatizzazione mediante controllo dei dispositivi necessari a seconda della tipologia adottata , ovvero a split con unità singola esterna o di tipo centralizzato con fan-coil. In sostituzione del comune telecomando per la gestione dei sistemi di condizionamento, molte soluzioni prevedono l'utilizzo di un'interfaccia integrata touch-screen, comune a tutto l'impianto domotico. L'integrazione con l'impianto di termoregolazione consente di evitare l'installazione di ulteriori sonde all'interno della macchina (pompa di calore o gruppo frigorifero), per cui tutte le informazioni relative alle temperature sono gestite dalla centrale, così come nel caso del riscaldamento invernale tramite pannelli radianti, radiatori e fan-coil.

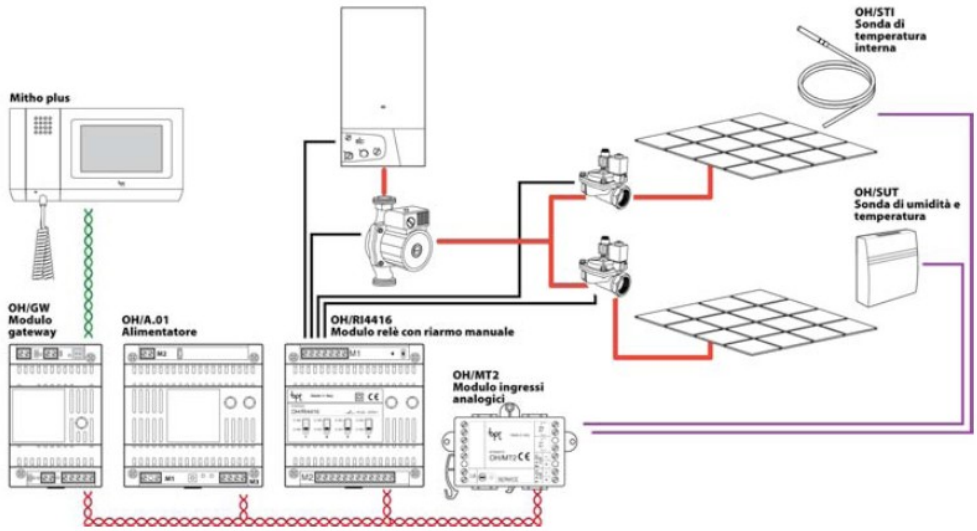


Fig. 1 - Esempio di impianto con 2 zone termiche con riscaldamento a pavimento, caldaia a condensazione, pompa e valvole idrauliche di zona ON/OFF con gestione del profilo settimanale della modalità automatica e del programma di controllo proporzionale (documentazione BPT).

2.2 Gestione e automazione dell'illuminazione naturale e artificiale

Il controllo dell'impianto di illuminazione artificiale può essere utilizzato per attivare o disattivare gli apparecchi di illuminazione quando è necessario, evitando sprechi di energia.
Ovviamente le scelte progettuali, tecniche e di regolazione devono essere confrontate con i requisiti illuminotecnici indicati dalla norma UNI EN 12464-1:2011 "Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro interni" in termini di livelli di illuminamento, uniformità, controllo dell'abbagliamento. Per migliorare i livelli di comfort ed andare incontro alle sempre crescenti esigenze degli utenti, si sono andati diffondendo sistemi che permettono la regolazione dell'accensione, dello spegnimento e dell'intensità delle sorgenti luminose (dimmer), garantendo sensibili risparmi dal punto di vista energetico.

Un ulteriore vantaggio legato al controllo dell'illuminazione interna attraverso l'utilizzo di un sistema domotico riguarda la possibilità di integrare la gestione degli apparecchi di illuminazione con quella delle schermature solari, in modo da ottimizzare lo sfruttamento della luce naturale e ridurre, al tempo stesso, i carichi elettrici annuali per illuminazione artificiale

valutabili secondo l'indicatore LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) introdotto dalla norma UNI EN 15193:2008 "Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione".

In aggiunta, predisponendo dei fotosensori in corrispondenza delle chiusure trasparenti, è possibile tarare la regolazione di schermi esterni (p.e. brise-soleil) in modo da garantire l'utilizzo degli apporti solari nella stagione invernale e l'ombreggiamento delle superfici vetrate durante i mesi più caldi. Un'attenta programmazione dell'impianto domotico e una oculata gestione da parte degli utenti, può consentire di ridurre notevolmente sia la quantità di ore di utilizzo della luce artificiale sia i consumi energetici necessari per ridurre gli apporti solari estivi.

Le possibili applicazioni di un impianto di controllo e regolazione dell'illuminazione sono:

- accensione/spegnimento;
- dimmerizzazione;
- controllo costante del livello di illuminamento;
- configurazione della gestione automatica o manuale;
- impostazione di scenari luminosi.

I dispositivi di controllo dell'impianto di illuminazione più comuni sono:

- *Dimmer* - La dimmerizzazione rappresenta uno dei principali obiettivi di una gestione "smart" di un sistema di illuminazione in quanto si basa sulla modulazione in accensione del flusso luminoso nominale delle sorgenti luminose in relazione a reali esigenze in termini di livelli di illuminamento sul compito visivo, consentendo il risparmio energetico e prolungando la durata media di una lampada.
- *Sensori di movimento (modalità auto, eco, on/off)* - I sensori di movimento accendono automaticamente gli apparecchi di illuminazione quando necessario, ovvero quando viene rilevato un movimento e le disattivano dopo un periodo di tempo regolabile. Essi sono molto utili per la sicurezza esterna e per l'illuminazione ambientale dei percorsi esterni, oltre che per l'illuminazione interna, soprattutto in ambienti dove non vi è una occupazione continuativa da parte degli utenti.

- *Sensori di occupazione interna (modalità auto, eco, on/off)* - Essi rilevano la presenza dell'utenza in una determinata zona dell'abitazione, garantendo un risparmio energetico attraverso l'accensione automatica delle sorgenti luminose quando una persona entra in una stanza e spegnendole subito dopo che l'ultimo occupante lascia la zona.
- *Fotosensori (modalità daylight)* - I fotosensori consentono un controllo automatizzato dell'accensione e dello spegnimento degli apparecchi di illuminazione: la loro importanza è fondamentale negli spazi esterni per evitare di dover spegnere manualmente l'impianto. Si tratta di una tecnologia ampiamente diffusa nell'ambito dell'illuminazione pubblica. Disponendo di un impianto integrato, tali fotosensori possono essere utilizzati per comandare nelle ore diurne l'apertura o chiusura degli schermi esterni e/o interni in modo tale da incrementare o limitare la quantità di luce naturale presente nell'ambiente considerato e gestire una corretta integrazione con il sistema di illuminazione artificiale.
- *Timer (modalità scheduling, eco)* - Possono essere utilizzati per accendere o spegnere sorgenti luminose esterne ed interne in momenti specifici; utilizzando una centralina domotica, i timer vengono integrati mediante programmazione della centralina stessa.

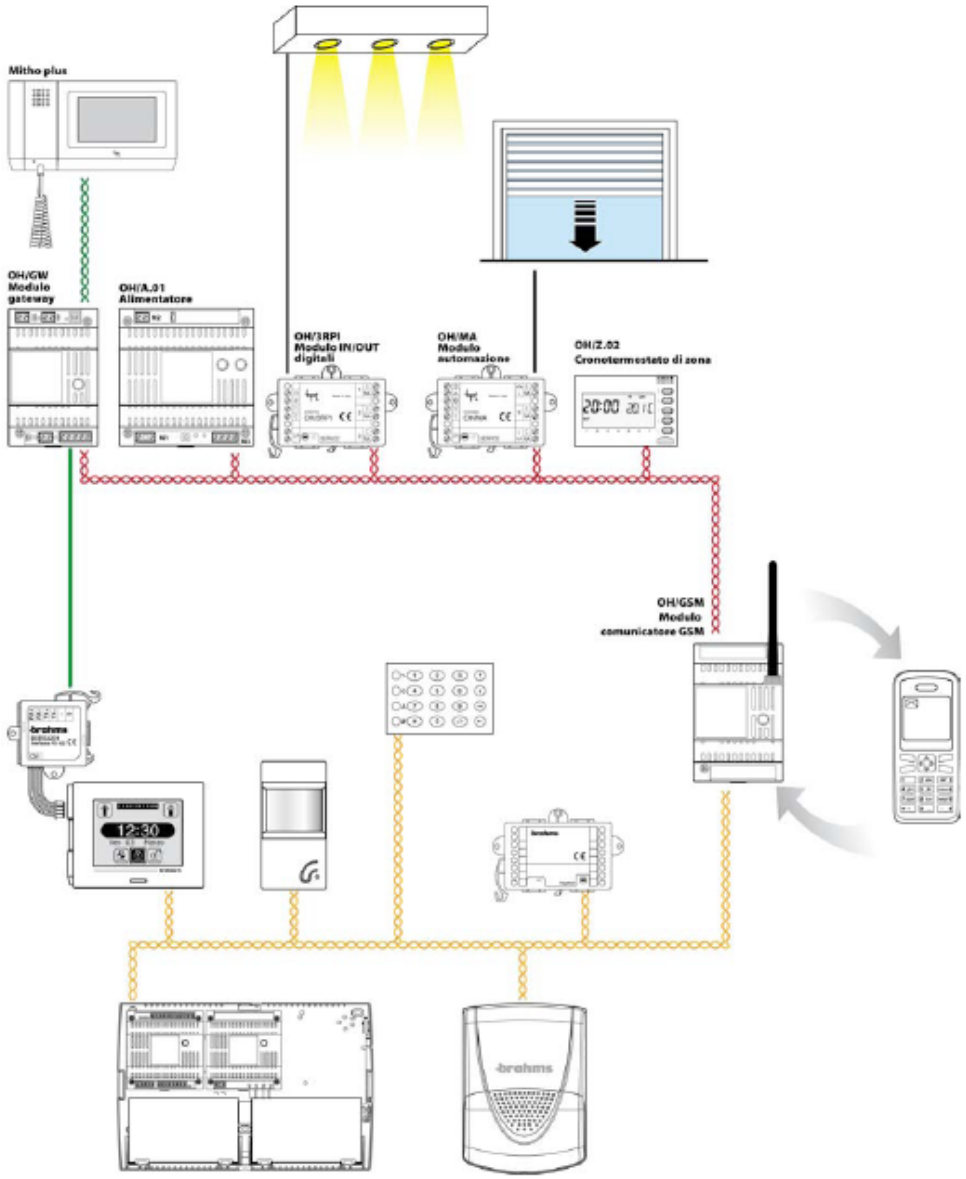


Fig. 2 - Esempio di gestione da remoto di un impianto domotico con: attivazione di scenari di illuminazione, schermature e zone termiche, possibilità di modificare i set-point di temperatura e richiedere lo stato impianto, inserire e disinserire l'impianto antintrusione, richiederne lo stato, ricevere eventuali segnalazioni di allarme (documentazione BPT).

2.3 Sistemi di controllo e gestione dei consumi

Attraverso l'utilizzo di un sistema domotico è possibile controllare non solo i consumi della propria abitazione (elettricità, acqua e gas), ma anche la produzione di energia e di acqua calda ottenuta con eventuali impianti di tipo fotovoltaico o solare termico.
Mediante l'interfaccia di controllo si può scegliere il tipo di consumo da verificare, il tipo di visualizzazione (istantanea o tramite grafici) e il periodo di riferimento (giorno, mese, anno); informazioni estremamente utili per utilizzare al meglio i propri impianti e ridurre sprechi e malfunzionamenti. Inoltre, l'analisi dei contratti di fornitura e il controllo continuo della congruità dell'ottimizzazione fatta con l'utilizzo di un sistema di supervisione dell'impianto può consentire di raggiungere un risparmio del 15% [1].

Tali funzioni sono integrate nella maggior parte delle centraline di domotica ed anche in alcuni pannelli touch-screen per singoli ambienti, con il vantaggio che ogni dato di consumo può essere ripetuto ovunque nell'impianto.

Per consentire una opportuna gestione e ottimizzazione dell'impianto è necessaria un'interfaccia "user friendly" con l'utente finale, tenendo conto del fatto che essa rappresenta uno degli aspetti fondamentali dei sistemi domotici. L'interfaccia è lo strumento attraverso il quale l'utente dell'edificio interagisce col sistema, per questo motivo deve soddisfare esigenze di funzionalità e, soprattutto, di facilità d'uso. Tali caratteristiche vanno messe in relazione alla tipologia di utenza, in base alla quale è possibile scegliere il livello di complessità legato alla gestione dell'impianto. Si passa dall'utilizzo di semplici telecomandi ad infrarossi relativi alle singole applicazioni, fino a consolle multifunzione collegate ad un display oppure dispositivi connessi tramite rete wireless, che consente un utilizzazione più flessibile e dinamica, sfruttando a pieno tutte le potenzialità dell'impianto domotico.

In questo senso, è necessario considerare come oggi la maggior parte degli individui trascorra gran parte della giornata al di fuori delle mura domestiche sia per impegni di lavoro che per attività legate al tempo libero. È quindi indispensabile che un sistema domotico sia dotato di strumenti tramite i quali l'utilizzatore possa intervenire con una gestione "remota", anche non essendo fisicamente presente sull'impianto. Con la recente rapida diffusione nell'uso di

computer portatili, ma in particolare di tablet e smartphone, gli aspetti di gestione dell'impianto si sono evoluti ulteriormente, estendendo i target di utilizzatori, grazie alla creazione di funzioni e interfacce più semplici e razionali.

Visualizzazione dei consumi

La visualizzazione dei consumi permette di riportare sulla centralina generale e sui pannelli di stanza di tipo touch-screen non solo i consumi elettrici, ma anche di acqua e gas nonché i dati derivanti dal sistema di contabilizzazione centralizzato del calore. Le interfacce di centralina domotica o di pannello di stanza già permettono la lettura di tali grandezze. La visualizzazione dei consumi fornisce all'utente i dati istantanei e cumulati e, impostando un valore di tariffa indicativo, avere una valutazione quantitativa della spesa economica.

In generale, tra le principali variabili di interesse, è possibile visualizzare:

- il consumo istantaneo;
- il consumo giornaliero;
- il consumo mensile;
- il consumo medio giornaliero per ogni mese;
- il consumo annuale;
- i grafici di consumo giornaliero e mensile;
- il consumo in diverse unità di misura (e l'equivalente in denaro se inseriti i valori e le fasce di tariffa);
- il consumo derivante da sistemi di contabilizzazione del calore;
- la produzione di energia elettrica se presente produzione da fonte rinnovabile;
- la produzione di acqua calda se è presente impianto solare termico.

Un impianto di domotica volto al risparmio energetico deve essere continuamente supervisionato, questo per garantire l'adeguatezza della programmazione e delle scelte (anche contrattuali) effettuate. Nel tempo cambiano le condizioni al contorno (p.e. contratti di fornitura energia), rendendo talvolta la strategia di ottimizzazione obsoleta e pertanto poco conveniente.

Fig. 3 - Interfaccia su tablet per applicazione di gestione/visualizzazione dei consumi e dei carichi elettrici (documentazione Helvar)

3. Analisi dell'incidenza di sistemi di Building Automation sul risparmio energetico

In riferimento all'attuale offerta di prodotti nel settore della Building Automation, emerge un'ampia possibilità di scelta nell'ambito delle soluzioni adottabili per la realizzazione di un impianto di domotica. Particolare attenzione è stata posta sulla capacità dei sistemi domotici di offrire un contributo rilevante dal punto di vista del contenimento dei consumi energetici: in tal senso, il controllo automatizzato e costante delle prestazioni degli impianti e dei sistemi di involucro rappresenta un elemento fondamentale nell'ottica del risparmio energetico.

Per questo motivo, negli ultimi dieci anni, sono state introdotte norme specifiche volte a stabilire indicazioni generali e specifiche tecniche affinché l'automazione degli impianti e del controllo degli edifici possa portare al raggiungimento degli obiettivi preposti di risparmio energetico.

Si cita in particolare la norma UNI EN 15232 "Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici", al fine di implementare ed applicare a livello europeo la Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico degli edifici.

Tale norma definisce gli effetti dei sistemi di controllo ed automazione (BACS – Building Automation and Control System) sull'efficienza energetica degli edifici, ed evidenziando come l'inserimento negli edifici (residenziale e terziario) di sistemi BACS comporti una riduzione dei consumi energetici attraverso gli impianti di:

- riscaldamento;
- raffrescamento;
- ventilazione;
- produzione di acqua calda;
- illuminazione.

La norma sottolinea l'importanza del principio secondo il quale é indispensabile che tutti gli impianti elettrici e tecnologici, sia nuovi che esistenti, siano dotati di opportuni dispositivi o sistemi di controllo, regolazione e automazione. I sistemi di automazione vengono considerati

come addetti alla funzione di massimizzare l'efficienza energetica degli impianti dell'edificio in relazione alle condizioni ambientali esterne e ai differenti e variabili scenari di utilizzo e occupazione dei singoli ambienti dell'edificio stesso, fornendo nel contempo i massimi livelli di comfort, sicurezza e qualità abitativa.

In particolare, la UNI EN 15232 riporta le seguenti definizioni inerenti all'integrazione impiantistica:

- *Building Automation and Control (BAC)* - Descrizione di prodotti, software e servizi energetici per il controllo automatico, monitoraggio e ottimizzazione degli interventi manuali e gestionali per avere una serie di dispositivi al servizio dell'edificio che ne garantisca l'efficienza energetica, l'economia e la sicurezza.
- *BAC & System (BACS)* - Comprende tutti i prodotti di cui sopra per il controllo automatico inclusi gli interlook tra i diversi sistemi impiantistici.
- *Technical Building Management & Technical Building System (TBM & TBS)* - Il processo e il servizio delle operazioni di gestione dell'edificio inclusi tutti i dispositivi tecnici in relazione con altre discipline (progettazione e gestione economica, project management e project financing).

Nella sua forma attuale, la norma UNI EN 15232 si basa su una serie di normeche appartengono alle serie EN 15000 ed EN 12000, le quali definiscono per ogni settore di applicazione i metodi di calcolo per la determinazione del risparmio energetico ottenibile. L'applicazione di tali metodi consente di ricavare una delle quattro classi di efficienza energetica definite dalla norma, valide sia nel settore residenziale che terziario, qui riportate:

- *Classe D - "NON ENERGY EFFICIENT" (NON ENERGETICAMENTE EFFICIENTE):* comprende gli impianti tecnici tradizionali e privi di automazione, non efficienti dal punto di vista energetico; BACS non efficienti a livello energetico.
- *Classe C - "STANDARD" (RIFERIMENTO):* corrisponde agli impianti dotati di sistemi di automazione BACS/HBES ed è considerata la classe di riferimento; BACS standard.

- *Classe B - "ADVANCED" (AVANZATO):* comprende gli impianti di automazione (BACS) dotati anche di sistemi di gestione per il controllo centralizzato (TBM); BACS e TBM avanzati.
- *Classe A - "HIGH ENERGY PERFORMANCE" (ALTA PRESTAZIONE ENERGETICA):* comprende gli impianti di automazione (BACS) dotati anche di sistemi di gestione per il controllo centralizzato (TBM) con livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevate prestazioni energetiche all'impianto. BACS e TBM ad elevato rendimento energetico.

All'interno della norma sono proposte, infine, liste di funzioni ed i requisiti minimi per ogni classe di efficienza, riportate di seguito (Tabelle 1, 2 e 3).

Tab. 1 - Lista delle funzioni: controllo riscaldamento (estratto da [1])

CONTROLLO AUTOMATICO		Definizione delle classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
CONTROLLO RISCALDAMENTO									
Controllo di Generazione									
Il sistema di controllo è installato sul terminale o nel relativo ambiente:per il caso 1 il sistema può controllare diversi ambienti									
0	Nessun controllo automatico	■				■			
1	Controllo automatico centrale	■				■			
2	Controllo automatico di ogni ambiente con valvole termostatiche o regolatore elettronico	■	■			■	■		
3	Controllo automatico di ogni ambiente con comunicazione tra i regolatori e verso il BACS	■	■	■		■	■	■	
4	Controllo integrato di ogni locale con gestione di richiesta(es. per occupazione, qualità dell'aria etc)	■	■	■	■	■	■	■	■
CONTROLLO TEMPERATURA ACQUA NELLA RETE DI DISTRIBUZIONE(MANDATA E RITORNO)									
Funzioni simili possono essere applicate al riscaldamento elettrico									
0	Nessun controllo automatico	■				■			
1	Compensazione con temperatura esterna	■	■			■	■		
2	Controllo temperatura interna	■	■	■	■	■	■	■	■
CONTROLLO DELLE POMPE DI DISTRIBUZIONE									
Le pompe controllate possono essere installate a diversi livelli nella rete di distribuzione									
0	Nessun controllo automatico	■				■			
1	Controllo ON/OFF	■	■			■			
1	Controllo ON/OFF	■	■			■			
2	Controllo pompa a velocità variabile con Δp costante	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Controllo pompa a velocità variabile con Δp proporzionale	■	■	■	■	■	■	■	■
CONTROLLO INTERMITTENTE DELLA GENERAZIONE E/O DISTRIBUZIONE									
Un solo regolatore può controllare diversi ambienti/zone aventi lo stesso profilo di occupazione									
0	Nessun controllo automatico	■				■			
1	Controllo automatico con programma orario fisso	■	■			■			
2	Controllo automatico con partenza/arresto ottimizzato	■	■	■	■	■	■	■	■
CONTROLLO DEL GENERATORE									
0	Temperatura costante	■				■			
1	Temperatura variabile in dipendenza da quella esterna	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Temperatura variabile in dipendenza dal carico	■	■	■	■	■	■	■	■
Controllo sequenziale di differenti generatori									
0	Priorità basate solo su carichi	■	■			■	■		
1	Priorità basate su carichi e sulle potenze dei generatori	■	■	■		■	■	■	
2	Priorità basate sull'efficienza dei generatori	■	■	■	■	■	■	■	■

Tab. 2 - Lista delle funzioni: controllo ventilazione, condizionamento e illuminazione (estratto da [1])

CONTROLLO AUTOMATICO		Definizione delle classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE E DEL CONDIZIONAMENTO									
CONTROLLO MANDATA ARIA IN AMBIENTE									
0	Nessun controllo								
1	Controllo manuale								
2	Controllo a tempo								
3	Controllo a presenza								
4	Controllo a richiesta								
CONTROLLO MANDATA ARIA NELL'UTA									
0	Nessun controllo								
1	Controllo ON/OFF a tempo								
2	Controllo automatico di flusso o pressione								
CONTROLLO SBRINAMENTO SCAMBIATORE DI CALORE									
0	Senza controllo di sbrinamento								
1	Con controllo di sbrinamento								
CONTROLLO SURRISCALDAMENTO SCAMBIATORE DI CALORE									
0	Senza controllo di surriscaldamento								
1	Con controllo di surriscaldamento								
RAFFRESCAMENTO MECCANICO GRATUITO									
0	Nessun controllo								
1	Raffrescamento notturno								
2	Raffrescamento gratuito (free cooling)								
3	Controllo con ricircolo e miscelazione aria interna_esterna								
CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DI MANDATA									
0	Nessun controllo								
1	Set point costante								
2	Set point dipendente dalla temperatura esterna								
3	Set point dipendente dal carico								
CONTROLLO UMIDITA'									
0	Nessun controllo								
1	Limitazione umidità dell'aria di mandata								
2	Controllo dell'umidità dell'aria di mandata								
3	Controllo dell'umidità dell'aria ambiente o di ripresa								
CONTROLLO ILLUMINAZIONE									
Controllo presenza									
0	Interruttore manuale								
1	Interruttore manuale + segnalazione estinzione graduale automatica								
2	Rivelatamento presenza Auto_on/Dimmer								
3	Rivelatamento presenza Auto_on/Auto_off								
4	Rivelatamento presenza Manuale on/Dimmer								
5	Rivelatamento presenza Manuale on/ Auto_off								
Controllo luce diurna									
0	Manuale								
1	Automatico								

Tab. 3 - Lista delle funzioni: controllo schermature solari, sistemi domotici e impianti tecnici (estratto da [1])

CONTROLLO AUTOMATICO		Definizione delle classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
CONTROLLO SCHERMATURE SOLARI(es. tapparelle, tende, facciate attive…)									
0	Completamente manuale								
1	Motorizzato con azionamento manuale								
2	Motorizzato con azionamento automatico								
3	Controllo combinato luce/tapparelle/HVAC								
CONTROLLO CON SISTEMI DOMOTICI E DI AUTOMAZIONE DELL'EDIFICIO									
0	Nessun funzione di controllo centralizzato con sistemi di automazione degli edifici								
1	Controllo centralizzato configurato per l'utente. es. programmi a tempo,valori di riferimento (set-point)								
2	Controllo centralizzato ottimizzato. es. controlli auto adattativi,valori di riferimento(set-point), taratura…								
GESTIONE IMPIANTI TECNICI DI EDIFICIO (TBM)									
Rilevamento guasti, diagnostica e fornitura del supporto tecnico									
0	No								
1	Si								
Rapporto riguardante consumi energetici, condizioni interne e possibilità di miglioramento									
0	No								
1	Si								

4. Applicazione di un sistema di Building Automation per il modulo edilizio PRIME3

Nella scelta di uno standard di Building Automation da adottare per i moduli edilizi PRIME3, lo standard KONNEX (KNX) risulta potenzialmente idoneo ad attuare il controllo impiantistico, garantire le condizioni di comfort microclimatico e gestire i consumi energetici. Tale tecnologia, infatti, offre una soluzione modulare, flessibile, indipendente da uno specifico costruttore, pertanto "open source" e pienamente compatibile con un ampio numero di apparecchiature già presenti sul mercato europeo ed italiano.

In particolare, lo standard KNX è il primo standard di Building Automation aperto e indipendente da piattaforma, approvato come standard europeo (EN 50090 - EN 13321-1) e mondiale (ISO/IEC 14543). Questa tecnologia è stata sviluppata da KNX Association sulla base dell'esperienza dei suoi predecessori BatiBUS, EIB ed EHS. In particolare, esistono tre modalità di standard KNX:

- *Automatic-Mode:* riprende le specifiche di EHS.
- *Easy-Mode:* riprende le specifiche di BatiBUS.
- *System-Mode:* riprende le specifiche di EIB.

Uno dei punti di forza del sistema KNX consiste nel fatto che qualsiasi prodotto etichettato con il marchio KNX non è una semplice dichiarazione del produttore, ma si basa su prove di conformità effettuate dai laboratori associati KNX. Durante questi test, si verifica non solo che il dispositivo supporta il protocollo KNX, ma che i suoi dati utili sono codificati secondo i tipi di dati standardizzati KNX. Ciò permette di realizzare impianti funzionanti anche mediante la combinazione di dispositivi di produttori diversi. Le aziende membre dell'Associazione KNX hanno attualmente più di 7000 prodotti nei loro cataloghi. Questa vasta gamma di prodotti permette, per esempio, l'integrazione di alcune funzioni quali:

- controllo dell'illuminazione
- gestione dell'impianto di riscaldamento/condizionamento/ventilazione
- gestione energia (elettricità/gas)
- gestione sistemi di sicurezza
- gestione impianti audio/video

Inoltre è possibile accedere al sistema tramite rete LAN, reti telefoniche analogiche o cellulari per avere un controllo centrale o distribuito del sistema tramite PC, display tousch-screen, tablet e smartphone.

4.1 Architettura del sistema KNX

KNX è un sistema di controllo degli edifici decentralizzato, pilotato da eventi con trasmissione dati seriale per le funzioni operative di controllo, monitoraggio e segnalazione. Tramite una linea di trasmissione comune, tutti gli apparecchi collegati possono scambiarsi informazioni. La trasmissione dati avviene in modo seriale secondo regole stabilite (protocollo di trasmissione).

L'accesso al bus come mezzo di comunicazione fisico comune per trasmissione asincrona deve essere comunque regolato in modo chiaro. Il sistema KNX impiega a questo scopo il protocollo CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance); si tratta di un metodo di accesso casuale al bus esente da collisioni senza peraltro diminuire la portata dei dati sul bus.

Tipi di collegamento

Si riporta un elenco dei mezzi trasmissivi impiegabili con il sistema KNX:

- *Twisted Pairs (TP)* – Gli apparecchi che utilizzano il doppino come mezzo trasmissivo, sono collegati alla linea bus mediante l'apposito morsetto bus oppure il sistema contatti a pressione/striscia dati. Il cablaggio tra i dispositivi libero (lineare, ad albero, a stella, anello e mista), facilmente estendibile, senza necessità di terminazioni di linea. Una rete KNX può consentire il collegamento di pi di 58.000 dispositivi.
- *Power Line (PL)* - Il protocollo di trasmissione è SFSK (Spread Frequency Shift Keying) e ne garantisce un elevata affidabilit rispetto alle condizioni della rete. I segnali vengono trasmessi a due frequenze distinte. La velocità di trasmissione è inferiore rispetto al bus ed è pari a 1200 bit/s. Il sistema funziona sempre in modalità bidirezionale, quindi i dispositivi possono trasmettere e ricevere messaggi.
- *Radio Frequenza (RF)* - Avviene senza un mezzo trasmissivo fisico (tangibile) su cui viaggiano i segnali, i dispositivi, sono quindi alimentati da una batteria o di un alimentatore integrato. Non esistono limitazioni di velocità di trasmissione. La portata

di trasmissione è tale da raggiungere 300 m all'aperto. All'interno dipende dalle condizioni costruttive. E' possibile utilizzare dei ripetitori.

Software di gestione

Il software ETS è il tool per la configurazione, la messa in servizio, la diagnostica e il monitoraggio del sistema, totalmente indipendente dal costruttore e in grado di integrare tutti i prodotti aderenti allo standard KNX.
Tutti i prodotti certificati sono accompagnati dalle librerie per il software ETS ed è davvero agevole realizzare un progetto e automaticamente fornire al cliente la documentazione correlata. ETS dispone inoltre di importantissimi strumenti di monitoraggio e analisi del sistema, in grado di analizzare un impianto e seguire in tempo reale qualsiasi prodotto installato di qualsiasi costruttore.

Il tool ETS è distribuito in 3 versioni:

- Demo (gratuito per progetti molto piccoli di prova)
- Lite (per progetti medio piccoli)
- Professional (comprensivo di tutte le funzioni e per progetti anche di grandi dimensioni).

4.2 Il mercato KNX in Italia

L'Associazione Konnex Italia nasce ufficialmente nell'ottobre del 2002 dalla trasformazione dell'Associazione Eiba Italia, costituita nel 1994, di cui eredita la consolidata esperienza acquisita in quasi dieci anni di attività. Lo scopo di Konnex Italia è diffondere la conoscenza e l'installazione del sistema Konnex, quale standard europeo, libero da royalty, conforme alla norma europea EN 50090, che consente la gestione automatizzata e decentralizzata degli impianti tecnologici di un edificio. Nella tabella seguente si possono trovare i riferimenti delle principali aziende produttrici di tecnologia KNX e appartenenti all'associazione Konnex Italia.

Azienda	*Note*
BTICINO Milano www.bticino.it	Propone una soluzione proprietaria “MYHOME” interfacciabile con standard KNX
GEWISS Cenate Sotto (BG) www.gewiss.com	catalogo con tutti i principali dispositivi
HAGER LUME Milano www.hager.it	catalogo con tutti i principali dispositivi
Merten GmbH & Co. KG Bolzano www.merten.com	catalogo con tutti i principali dispositivi
SIEMENS S.p.A Milano www.siemens.it	catalogo con tutti i principali dispositivi
THEBEN Italia Milano www.theben.it	Ampia offerta di apparecchi evoluti per la termoregolazione e la temporizzazione.
VIMAR Marostica (VI) www.vimar.it	Propone una soluzione proprietaria “Convimar” interfacciabile con standard KNX

5. Bibliografia

[1] ELIA S., SANTINI E., *Studio e progetto di un sistema di domotica per un kit "fai da te" di facile installazione e utilizzo per l'utente ed a basso costo,* Università La Sapienza, Roma, 2011

[2] ROCCO R., *Domotica con KNX. Nuovi modi di abitare con un sistema domotico aperto, interoperabile e conforme alle norme,* Editoriale Delfino, 2009

[3] A.A.V.V., *Manuale di Domotica*, Bpt Impianti, 2009

[4] PIANO M., *Energie rinnovabili e domotica. Controlli ed ecosostenibilità nelle Zeb (Zero Energy Building), risparmio energetico, Esco (Energy Service COmpany),* Franco Angeli, 2008

[5] COMITATO ELETTRONICO ITALIANO, *Domotica: sistemi elettronici per la gestione della casa*, CEI Editore, 2007

[6] Comune di Modena, *Domotica, il Libro Bianco*, Centro Servizi per l'Innovazione, 2005