

Tecnologie & iniziative

## Soluzioni innovative per il risparmio energetico negli edifici del terziario

*Andrea Bagnasco, Andrea Vinci - IESolutions, Genova  
Federico Silvestro, Gabriele Mosaico  
DITEN, Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Università di Genova*

IESolutions è una società di ingegneria, spin off dell'Università di Genova, che opera nel settore del monitoraggio e della gestione dei consumi energetici [www.iesolutions.it](http://www.iesolutions.it)

Gli edifici rappresentano uno dei più grandi settori di consumo energetico, in quanto responsabili del 40% circa dei consumi del pianeta. La maggior parte delle persone passa il 90% della giornata al chiuso utilizzando sistemi di climatizzazione che hanno un enorme impatto sul fabbisogno energetico globale (in Italia i consumi di energia elettrica di domestico e terziario assommano ad oltre il 50% del consumo totale). La modellazione termodinamica degli edifici ai fini del risparmio energetico è quindi un argomento di grande attualità, sia per la comunità scientifica, che per le aziende del settore energetico: un modello termico affidabile di un edificio può essere utilizzato, tra le altre cose, per il controllo ottimo dei sistemi di climatizzazione.

## Piattaforma di Controllo Predittivo

Il progetto di ricerca PREDICT (Piattaforma Adattativa di Efficienza Energetica per la Riduzione dei Consumi in Strutture non Residenziali) del Programma Operativo Regionale (POR) Liguria 2014-2020, con coordinatore l'ing. Gianni Viano di Softeco e partner IESolutions e H2Boat (spin-off dell'Università di Genova) ha sviluppato un prototipo di piattaforma adattativa di efficienza energetica per la riduzione dei consumi in edifici non residenziali. Grazie all'uso intelligente di dati in tempo reale la piattaforma elabora in modo ottimale il profilo nel tempo dei set-point di temperatura per ogni zona dell'edificio, garantendo le condizioni di comfort degli utenti e ottimizzando la spesa per l'energia, tramite l'eliminazione degli sprechi.

La procedura di ottimizzazione è basata su una tecnica di Model Predictive Control (MPC), che consente di ottimizzare il comportamento del processo tenendo conto del suo futuro andamento, sfruttando un modello termodinamico dell'edificio per controllare il sistema di climatizzazione.

Come caso studio sperimentale è stato utilizzato il corpo B del Dipartimento di Scienze della Formazione dell'Università di Genova. L'edificio, sede di aule e sale studio e frequentato da studenti e personale docente, è climatizzato da un sistema HVAC dedicato, il cui controllore rende possibile l'impostazione di differenti set-point di temperatura, perseguiti mediante proprie logiche di controllo.

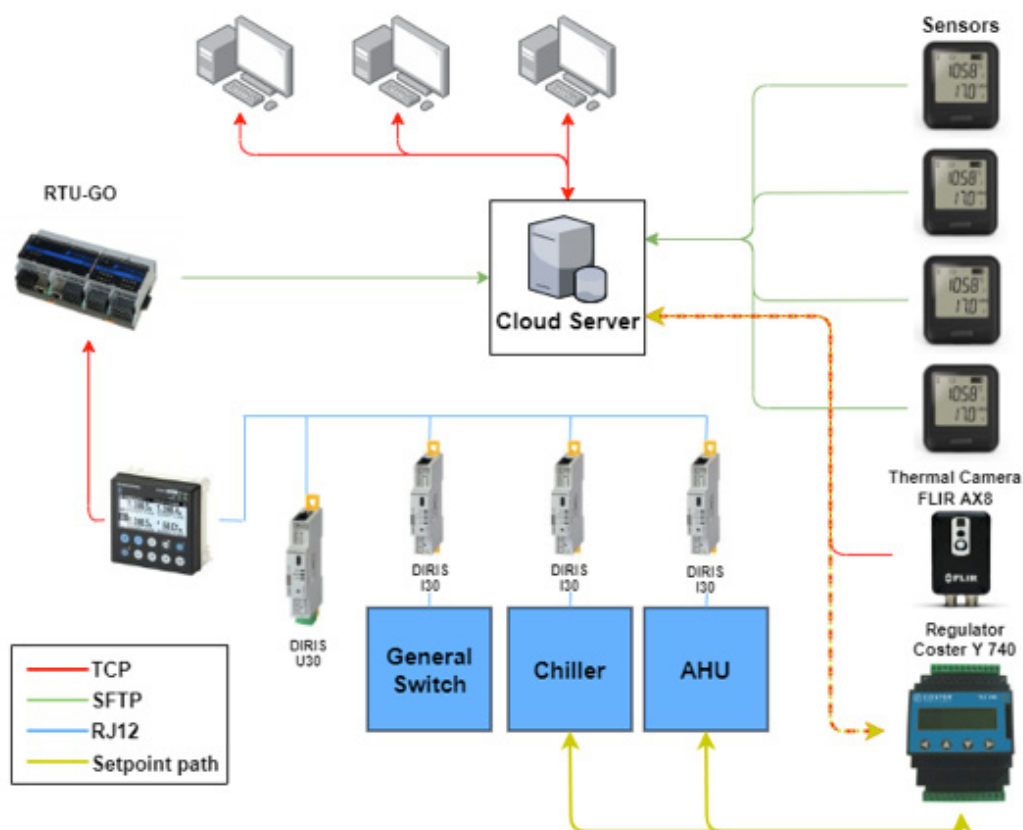


Figura 1: Architettura del sistema di monitoraggio e controllo

La piattaforma risiede su un cloud server che si occupa di archiviare in tempo reale i dati di consumo, di temperatura, di umidità e di presenza (rilevati da una termocamera), sul quale operano gli algoritmi di calcolo che definiscono i set-point da inviare al controllore del HVAC tramite protocollo Modbus/TCP. Il server inoltre espone i dati di consumo tramite un web service al sistema di monitoraggio dell'Università di Genova.

## **Modello Termodinamico dell'Edificio**

La tecnica di controllo di tipo MPC per la definizione dei set-point dinamici di temperatura ottimali poggia su un modello termodinamico semplificato dell'edificio in esame, sviluppato a partire da un modello di dettaglio strutturale e funzionale, realizzato in ambiente EnergyPlus e validato attraverso il confronto con i dati reali del monitoraggio.

Per rendere adattativa la piattaforma di controllo, il modello semplificato dell'edificio utilizza un approccio di tipo black-box, che non richiede informazioni a priori del sistema considerato. Il modello semplificato sviluppato è di tipo "state-space" e per identificarne i parametri sono state utilizzate sia le misure storiche di consumo (dall'archivio del sistema di monitoraggio dell'Università), sia i risultati delle simulazioni ottenute in ambiente EnergyPlus, attraverso il modello completo, correlando così in modo robusto gli input e gli output del modello state-space.

In questo modo, la piattaforma di controllo predittivo può basarsi direttamente sul modello termodinamico semplificato per qualsiasi applicazione, addestrando il modello attraverso i dati storici di meteo e consumo (dove disponibili) e i dati in tempo reale del monitoraggio. Tenendo conto del fatto che durante l'inverno è attivo solo il riscaldamento, mentre in estate è attivo solo il raffrescamento, sono stati sviluppati due modelli termodinamici diversi (estivo e invernale). Entrambi effettuano la previsione della temperatura media delle zone climatizzate a partire da: data e giorno, temperatura esterna, umidità, irradianza diretta normale, presenza di persone e potenza termica dell'impianto HVAC.

La Figura 2 illustra il confronto tra la temperatura interna media reale di una zona dell'edificio (in blu) e la temperatura prevista dal modello (in rosso) in una settimana, evidenziando come il modello semplificato garantisca una previsione accurata della temperatura delle zone climatizzate.



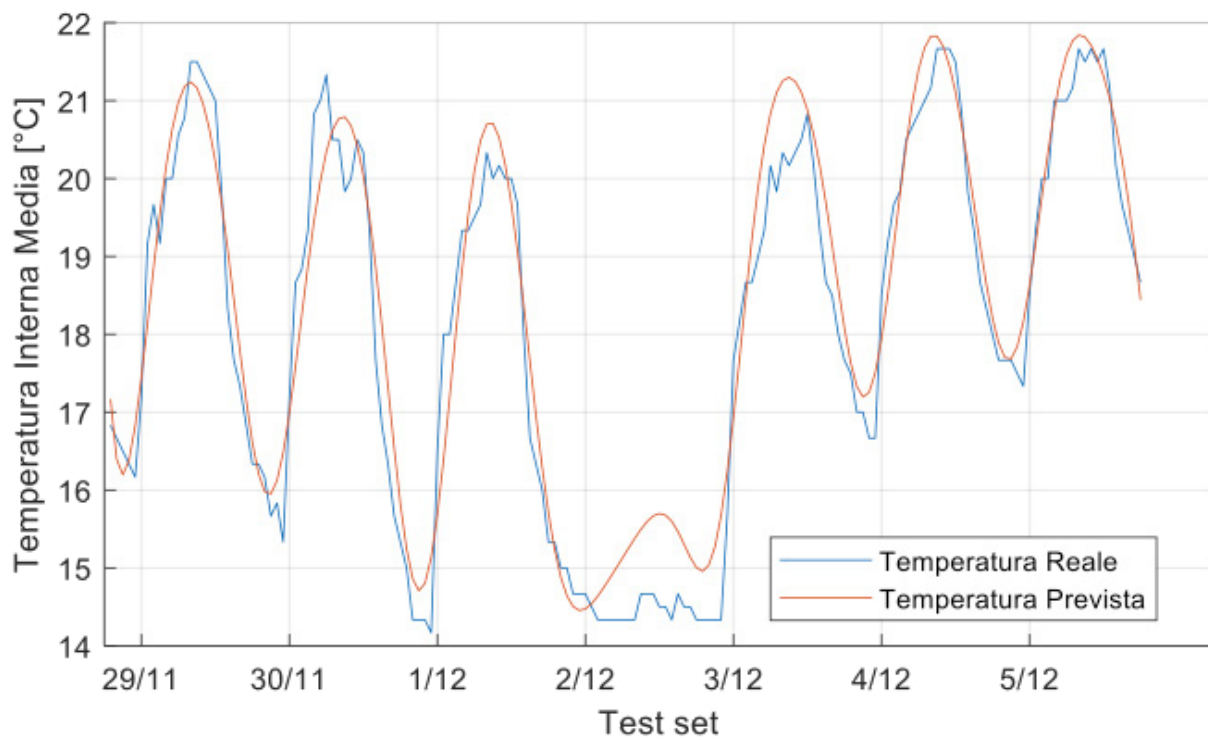


Figura 2: Validazione del modello semplificato: confronto tra temperatura reale e temperatura prevista



## Algoritmo di Ottimizzazione e Controllo

L'algoritmo di ottimizzazione ha come obiettivo quello di minimizzare la spesa per l'energia assorbita dal sistema di climatizzazione, garantendo il comfort termico per l'utenza.

La definizione dei setpoint di temperatura ottimi è effettuata nel tempo sulla base della previsione dello stato termico dell'edificio in ottica preventiva, cioè tenendo conto dell'andamento futuro della temperatura interna, in modo da sfruttare a proprio vantaggio le variabili chiave che influiscono sul consumo di energia ed evitare gli sprechi. Ad esempio, evitando di riscaldare o raffreddare sale vuote, o ottimizzando l'utilizzo della climatizzazione sfruttando a proprio vantaggio gli effetti del meteo, cosa non infrequente durante le stagioni intermedie, o durante giornate anomale in piena stagione (fresche d'estate e calde d'inverno).

Durante il periodo iniziale di esercizio della piattaforma predittiva è possibile affinare sia l'algoritmo di controllo, sia i vincoli riguardanti la temperatura interna, ad esempio andando a raccogliere le opinioni degli utenti sul comfort percepito. Nel progetto Predict a questo proposito è stata sviluppata un'applicazione che permetteva all'utenza di fornire un feedback in tempo reale sul proprio livello di comfort.

*Figura 3: immagine dalla termocamera per la rilevazione di presenza nel rispetto della privacy*



## Conclusioni

Il progetto PREDICT ha permesso lo sviluppo di una piattaforma intelligente per la gestione degli impianti di climatizzazione in edifici non residenziali, rappresentando un significativo passo in avanti verso un esercizio degli impianti tecnici che coniughi i requisiti di comfort dell'utenza con l'ottimizzazione del fabbisogno energetico in modo automatico e adattativo.

Per ottenere questo risultato sono state affiancate tecnologie consolidate di misura e raccolta dei dati di campo in tempo reale (monitoraggio) ad algoritmi matematici derivati da attività di ricerca di attualità, definendone pertanto un campo di applicazione pratica di sicuro interesse e confortato dai risultati numerici ottenuti. Nella fattispecie:

- Il modello matematico predittivo semplificato dell'edificio ritorna un errore medio di circa 1°C, rispetto alle temperature effettivamente misurate dai sensori;
- La gestione tramite la piattaforma di controllo predittivo dell'HVAC sul sito sperimentale ha portato ad un risparmio di energia complessivo dell'edificio compreso tra il 5% e il 10%, rispetto ad una gestione ordinaria ottimizzata convenzionale, a seconda del periodo di esercizio considerato.

---

### Bibliografia

- [1] E. Atam, L. Helsen, "Control-Oriented Thermal Modeling of Multizone Buildings: Methods and Issues: Intelligent Control of a Building System", IEEE Control Systems, vol. 36, no. 3, pp. 86-111, June 2016
- [2] The PREDICT Project [Online]. Available: <http://www.research.softeco.it/predict.aspx>
- [3] A. Bagnasco, M. Saviozzi, F. Silvestro, A. Vinci, "Il Sistema Di Monitoraggio dei Consumi Energetici in Tempo Reale dell'Università di Genova: Analisi dei Consumi e Sperimentazione su una Microgrid", Convegno nazionale AICARR 2017, Padova, 22 giugno 2017.
- [4] A. Bagnasco, R. Catanzariti, L. Coppi, F. Fresi, F. Silvestro, A. Vinci, "Multi Facility Energy Monitoring in Medical Structure Defining KPIs for Energy Saving and Exporting Best Practices, International Journal of Heat and Technology", Vol. 35, Special Issue 1, pp.221-227, September 2017, ISSN: 0392-8764
- [5] A. Bagnasco, F. Fresi, M. Saviozzi, F. Silvestro, A. Vinci, "Electrical Consumption Forecasting in Hospital Facilities An Application Case", Energy and Buildings, vol. 103, pp. 261-270, September 2015, DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.05.056