

# Advancements in Smart Hybrid Energy Storage Systems for Renewable Energy Communities - SHESS4REC

M. Bindi, F. Grasso, M. Intravaia, G.M. Lozito, A. Luchetta, M.C. Piccirilli, F. Corti, M. Becchi

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione – Università degli Studi di Firenze

L'Unità di Firenze dedica parte delle proprie attività di ricerca alle energie rinnovabili e alla loro integrazione ottimale nella rete elettrica. La natura intrinsecamente variabile di queste fonti richiede un'analisi approfondita della gestione energetica, esigenza ampiamente riconosciuta a livello nazionale ed europeo. Attualmente, uno degli strumenti maggiormente promossi è la comunità energetica rinnovabile (CER), al centro di crescente attenzione scientifica e normativa. In questo contesto, le attività di ricerca sulla gestione delle microgrid vengono estese per rispondere alle specifiche necessità delle CER. In particolare, è in fase di sviluppo un sistema gerarchico multilivello di Energy Management System (EMS). Il primo livello, illustrato in Fig. 1, interagisce direttamente con la sensoristica di un prosumer, con l'eventuale sistema di accumulo e con i carichi controllabili, con l'obiettivo di massimizzare i benefici per l'utente sulla base dei profili di prezzo ricevuti dal livello superiore.

Il secondo livello, mostrato in Fig. 2, ha una funzione di coordinamento: modifica dinamicamente i segnali di costo inviati ai controller locali per orientare il comportamento collettivo verso obiettivi globali. Nel caso delle CER, il target principale è massimizzare l'autoconsumo dell'energia prodotta localmente. Un obiettivo complementare è il peak shaving, ovvero la modellazione del profilo di carico per attenuare i picchi e ridurre le escursioni orarie della domanda. Un'ulteriore linea di ricerca riguarda l'integrazione dei modelli LLM più avanzati con gli algoritmi tradizionali, combinando la flessibilità dei primi con l'affidabilità del coding classico per realizzare veri AI-agent. In particolare, nel contesto delle CER è in fase di sviluppo un chatbot specialistico, le cui risposte vengono generate tramite tecniche di Retrieval-Augmented Generation (RAG) basate su fonti documentali verificate o prodotte dal gruppo di ricerca, e orchestrate da un prompt ingegnerizzato ad hoc. Questo setup, mostrato in Fig. 3, consente al chatbot di dialogare con un algoritmo MATLAB tradizionale attraverso scambi in formato JSON, creando così un ponte efficace tra l'utente non esperto e un motore computazionale avanzato.

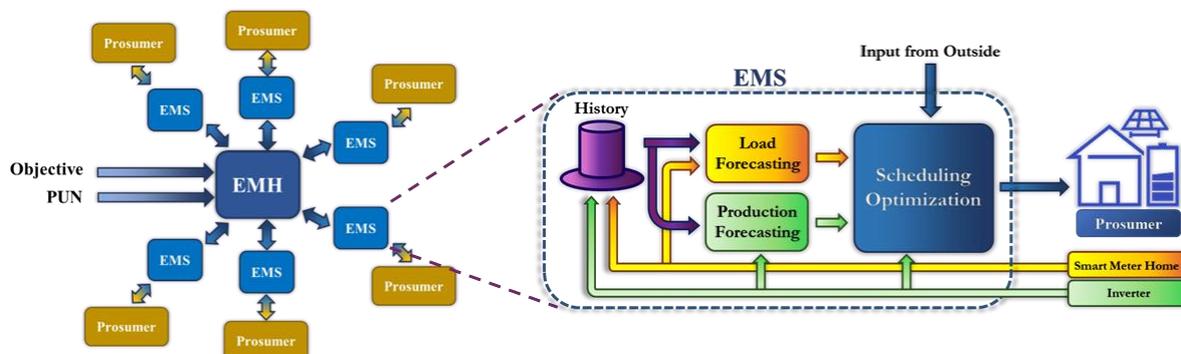


Fig. 1 – Schema funzionale del sistema a più livelli e dell' EMS dedicato alla gestione di un singolo utente.

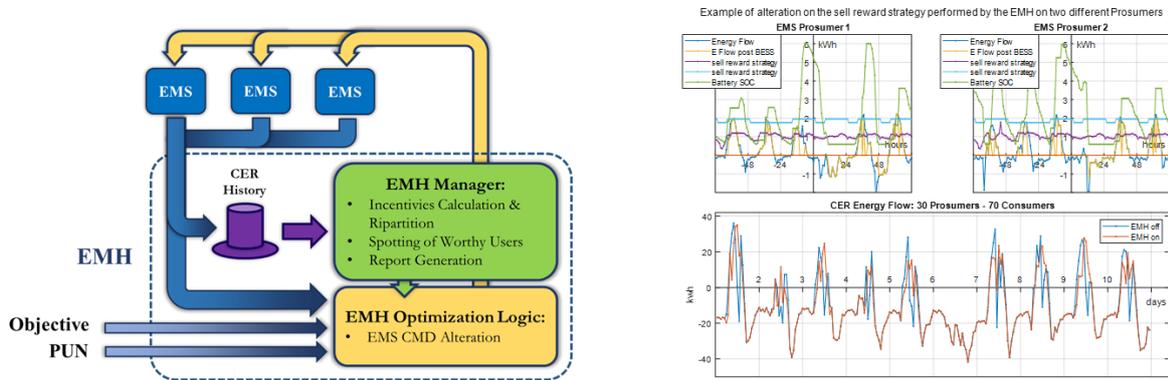


Fig. 2 – Architettura del secondo livello del sistema e esempio di effetto della coordinazione

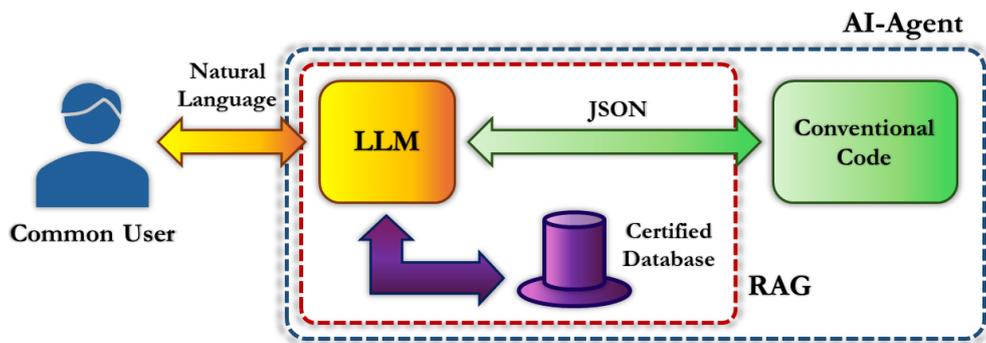


Fig. 3 – Architettura del secondo livello del sistema ed esempio di effetto della coordinazione

- [1] M. Intravaia, L. Becchi, M. Bindi, L. Costanzo, C.C. Garzon Alfonso, V. Shriram Meshram, A. Reatti, M. Vitelli, “Sensitivity analysis of PV produced power in presence of measurement uncertainty”. In Proceedings of the 2024 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0 & IoT), Florence, Italy, 29-31 May 2024. doi: 10.1109/MetroInd4.0IoT61288.2024.10584219.
- [2] L. Becchi, E. Belloni, M. Bindi, M. Intravaia, G.M. Lozito, A. Laudani, “Optical and electrical model for vertical-mounted bifacial solar panels”. In Proceedings of the 2024 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE), Perugia, Italy, 16-19 October 2024. doi: 10.1109/ISSE63315.2024.10741094.
- [3] L. Becchi, E. Belloni, M. Bindi, M. Intravaia, F. Grasso, G.M. Lozito, M.C. Piccirilli, “A Computationally Efficient Rule-Based Scheduling Algorithm for Battery Energy Storage Systems” Sustainability 2024, 16(23), 10313; <https://doi.org/10.3390/su162310313>