

Micro Grid Energy Management Framework

Marco Severini, Stefano Squartini, Francesco Piazza

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università Politecnica delle Marche
Via Breccie Bianche 12, 60131, Ancona, Italy, e-mail s.squartini@univpm.it

Parole chiave: Energy Management, Computational Intelligence, Smart Grid

L'obiettivo della presente ricerca è la definizione di una piattaforma di gestione delle risorse in ambiente di tipo Micro Grid domestico e non, tenendo conto fonti locali di energia rinnovabile, accumulatori ed utenze, sia per quanto riguarda l'aspetto elettrico che termico. La gestione è mirata all'utilizzo dell'energia disponibile, alla riduzione del carico sulla rete elettrica, alla riduzione dei costi per l'utente ed il gestore.

L'idea nasce dal fatto che la crescente domanda di energia elettrica, ed il ricorso alle fonti rinnovabili, quest'ultimo volto a diversificare la produzione e a garantire la disponibilità sul lungo periodo, hanno evidenziato la necessità di superare i limiti, strutturali e gestionali, delle reti di distribuzione dell'energia elettrica.

Se sul fronte della topologia, la soluzione più promettente è data su larga scala dalle Smart Grid, e su scala minore dalle Micro Grid, sul fronte dell'equalizzazione del carico, sull'orizzonte temporale delle 24 ore, sono allo studio tecniche di differimento del carico (Load Shift) e di controllo della domanda (Demand Response). La teoria del load shift si basa sulla disponibilità di un ampio parco di veicoli elettrici che possa essere impiegato come accumulatore distribuito a disposizione della rete [2]. La teoria della demand response fa invece leva sulla possibilità di promuovere o contenere la domanda agendo sulla tariffazione [3].

Nell'ambito di questo scenario, gli autori ritengono che la gestione ottimizzata delle risorse in ambito Micro Grid rappresenti il cardine che permette di coordinare la gestione dei bisogni dell'utente e del gestore, integrando e promuovendo le tecnologie indicate.

In ambito Micro Grid domestico, la riduzione dei costi per l'utente può compensare l'usura del veicolo elettrico che venga usato come storage, incoraggiando gli utenti a partecipare ad uno storage distribuito. L'automazione dell'attività domestica, per contro, semplifica l'utilizzo della tariffazione dinamica promuovendone l'adozione. Inoltre, se diffusa su vasta scala, la gestione ottimizzata può ridurre lo stress per la rete ed i costi per l'operatore [4].

Il progetto porta avanti l'indagine sull'energy resource scheduling, basato su tecniche di computational intelligence quali Action Dependent Heuristic Dynamic Programming (ADHDP) [5], Particle Swarm Optimization (PSO) [6]. In particolare esso riprende e perfeziona il paradigma noto come Mixed Integer Linear Programming [7], in quanto risulta particolarmente efficace nella gestione di problemi caratterizzato da un elevato numero di vincoli.

Il paradigma prevede la definizione di una funzione obiettivo, il cui valore dipende dalle variabili del problema, ed i vincoli necessari a descrivere in termini matematici le relazioni di dipendenza tra le variabili. Una routine indicata come solutore viene quindi utilizzata per scandagliare le combinazioni di valori che soddisfano i vincoli, in modo da trovare quella a cui corrisponde il minimo della funzione obiettivo. Utilizzando la funzione obiettivo per definire il costo dell'energia sostenuto dall'utente, è possibile individuare le azioni da assegnare al sistema per ottenere il costo previsto.

Il modello è stato completamente riprogettato per conseguire una struttura modulare capace di adattarsi a differenti configurazioni di Micro Grid. La caratterizzazione termica dell'abitato è stata perfezionata, in modo da tenere conto della natura non lineare del comportamento termico, in maniera conforme agli standard europei EN 12831, EN ISO 13370, EN ISO 13789, per ambienti multistanza. La gestione dell'energia, inoltre, è stata rivista al fine di consentire la gestione delle attività domestiche in tempo reale attraverso l'uso di forecast relativi alla produzione di energia da fonti rinnovabili, e di temperatura per il modello termico. Al contempo è stata mantenuta l'abilità di

utilizzare i dati storici in modo da misurare l'errore conseguente alla discrepanza tra la predizione e il dato reale.

Una valutazione preliminare [8] è stata condotta utilizzando un metodo di risoluzione ibrido che combina un solutore MILP con un solutore basato su Algoritmi Genetici, considerando sia tariffazione bioraria che dinamica.

Realizzando un confronto tra il nuovo framework utilizzando i dati storici di temperatura, il modello termico non lineare ha evidenziato un MSE pari a 0.25, a parità di condizioni, il precedente modello lineare produce un MSE pari a 42.14. In termini di energia richiesta dalla pompa di calore il risparmio del modello non lineare sul modello lineare si assesta sul 23% circa.

Per quanto riguarda il task scheduling nel suo complesso, limitatamente alle configurazioni esaminate, il framework introduce un miglioramento variabile con punte di circa il 30% rispetto al modello precedente, e del 70% rispetto ad un modello baseline privo di storage con immissione in rete della produzione locale.

Per quanto riguarda l'uso delle predizioni, il framework ha evidenziato alcuni caratteri di robustezza che variano in funzione dei vincoli assegnati. È altresì emerso come in linea generale, la posizione relativa di massimi e minimi nei profili di prezzo, temperatura, ed irraggiamento, abbia maggior peso rispetto all'errore assoluto di predizione commesso su ciascun valore.

I test preliminari hanno inoltre evidenziato la possibilità di utilizzare il framework non soltanto come gestore dell'energia, ma anche come piattaforma di simulazione, per la caratterizzazione degli ambienti Micro Grid in sede di progettazione e design [9]. Tale applicazione permette di esaminare già nelle prime fasi di progetto le performance che è possibile conseguire in funzione delle tecnologie utilizzate, orientando il progetto in funzione delle abitudini dell'utente e delle caratteristiche meteorologiche della località che ospiterà l'abitato.

In quest'ottica sono in corso ulteriori studi per la computazione su lungo periodo (1 anno) delle performance dell'abitato. Si prevede inoltre di aggiornare il framework per la valutazione del carbon dioxide footprint degli ambienti Micro Grid.

Ulteriori sviluppi futuri prevedono la valutazione dell'usura dello storage elettrico, l'integrazione con ambienti di simulazione di Smart Grid e l'integrazione del supporto al teleriscaldamento già previsto in sede di design del framework.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Zipperer, P. Aloise-Young, S. Suryanarayanan, R. Roche, L. Earle, D. Christensen, P. Bauleo, D. Zimmerle, Electric Energy Management in the Smart Home: Perspectives on Enabling Technologies and Consumer Behavior, *Proceedings of the IEEE*, 101 (11) (2013) 2397–2408.
- [2] C. Liu, K. Chau, D. Wu, S. Gao, Opportunities and Challenges of Vehicle-to-Home, Vehicle-to-Vehicle, and Vehicle-to-Grid Technologies, *Proceedings of the IEEE*, 101 (11) (2013) 2409–2427.
- [3] P. Siano, Demand response and smart grids: A survey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30 (0) (2014) 461 – 478.
- [4] X. Xue, S. Wang, Y. Sun, F. Xiao, An interactive building power demand management strategy for facilitating smart grid optimization, *Applied Energy* 116 (0) (2014) 297 – 310.
- [5] D. Fuselli, F. De Angelis, M. Boaro, S. Squartini, Q. Wei, D. Liu, F. Piazza, Action dependent heuristic dynamic programming for home energy resource scheduling, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 48 (2013) 148–160.
- [6] S. Squartini, D. Fuselli, M. Boaro, F. De Angelis and F. Piazza, Home Energy Resource Scheduling Algorithms and their dependency on the Battery Model, *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence*, Singapore, 2013.
- [7] F. De Angelis, M. Boaro, D. Fuselli, S. Squartini, F. Piazza, Q. Wei, Optimal Home Energy Management Under Dynamic Electrical and Thermal Constraints, *Industrial Informatics, IEEE Transactions on* 9 (3) (2013) 1518–1527.
- [8] M. Severini, S. Squartini, F. Piazza, Hybrid soft computing algorithmic framework for smart home energy management, *Soft Computing* 17 (11) (2013) 1983–2005.
- [9] M. Severini, S. Squartini, F. Piazza, Computational Framework based on Task and Resource Scheduling for Micro Grid Design, *CEMiSG2014 - IJCNN 2014*, Beijing, China.