

DISAGGREGAZIONE DELLA PRODUZIONE SOLARE CONGIUNTA AL MONITORAGGIO NON INTRUSIVO DEI CARICHI

Giulia Tanoni, Emanuele Principi, Paolo Vitulli, Enrik Khani, e Stefano Squartini

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università Politecnica delle Marche

Via Brezze Bianche 12, 60131, Ancona, e-mail: g.tanoni@staff.univpm.it

I sistemi di alimentazione elettrica stanno rapidamente evolvendo per includere una quota crescente di generazione da risorse basate su inverter (IBR), come turbine eoliche e sistemi fotovoltaici. All'interno dell'ecosistema delle reti intelligenti, l'infrastruttura avanzata di misurazione riveste un ruolo cruciale nel consentire il monitoraggio, la gestione e il controllo sia del consumo che della produzione di energia. Il monitoraggio non intrusivo dei carichi (NILM) [1][3] ha suscitato un notevole interesse negli ultimi decenni, poiché identificare il consumo energetico dei singoli elettrodomestici può contribuire a ottimizzare l'uso dell'energia, valorizzare le fonti rinnovabili, ridurre le emissioni di gas serra e generare risparmi economici. Dato che i sistemi IBR sono frequentemente installati dietro i contatori dei clienti, gli operatori delle reti di distribuzione potrebbero non avere la possibilità di monitorare direttamente la produzione energetica. La letteratura esistente tende a considerare la disaggregazione del consumo elettrico e della produzione fotovoltaica come compiti separati, trascurando la loro connessione intrinseca, rendendo ciascun compito più complesso e compromettendo le prestazioni complessive.

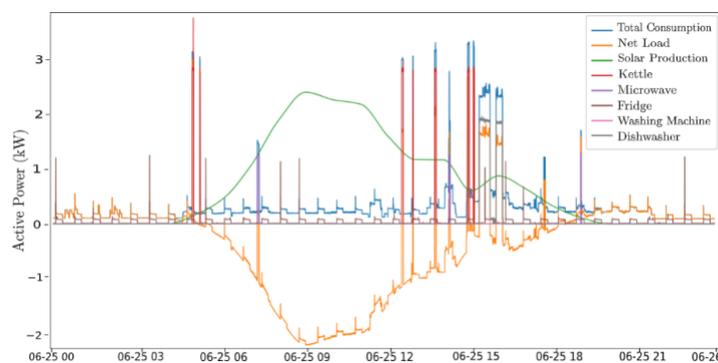


Figura 1: profilo di consumo giornaliero per la casa 2 dal dataset pubblico UK-DALE, riferito alle date 25-06-2013 - 26-06-2013

Come illustrato nella Figura 1, la potenza misurata al contatore principale, denominata anche carico netto, risulta significativamente alterata rispetto al consumo attivo di energia a causa della presenza della produzione solare. Il segnale di potenza solare varia continuamente e non manifesta il comportamento tipico di commutazione delle comuni apparecchiature domestiche, spesso estendendosi per quasi metà della giornata.

Viene qui descritto quindi il primo studio a sviluppare un approccio che integri la disaggregazione della produzione energetica e del consumo elettrico degli edifici residenziali all'interno di un unico framework [2]. Il nostro metodo sfrutta in modo sequenziale la produzione solare e la disaggregazione del consumo, ottenendo benefici reciproci da questi compiti intrinsecamente connessi. A tal fine, è stato sviluppato un innovativo framework di apprendimento a cascata per sfruttare la produzione solare stimata durante la fase di addestramento, con l'obiettivo di migliorare complessivamente la disaggregazione della potenza attiva.

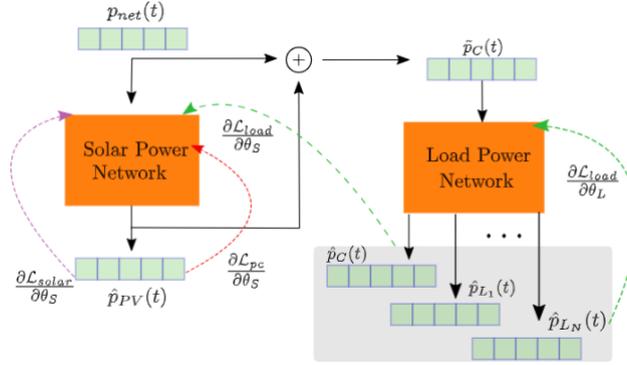


Figura 2: schema del framework in cascata proposto per disaggregare sia la produzione solare che i consumi dei singoli carichi

Il framework a cascata, riportato in Figura 2, è stato implementato con architettura Convolutionale Ricorrente (CRNN), che di recente ha dimostrato buoni risultati nella classificazione degli stati di più elettrodomestici. Il framework proposto e la formulazione della funzione di perdita proposta riducono l'influenza della produzione solare sul segnale in ingresso, portando a una disaggregazione più accurata dei profili di consumo. Gli esperimenti sono stati condotti utilizzando due dataset pubblici reali e il metodo proposto è stato confrontato con cinque strategie di riferimento NILM. Gli elettrodomestici disaggregati sono Bollitore, Microonde, Lavastoviglie, e Lavatrice, e Frigo, poiché sono i più comuni nelle abitazioni e anche i più energivori. Il framework a cascata proposto mostra prestazioni superiori per la maggior parte degli elettrodomestici, come mostrato in Figura 3 (UK-DALE: bollitore, forno a microonde, lavatrice e lavastoviglie; REFIT: bollitore, lavatrice e lavastoviglie). In particolare, migliora l'errore medio assoluto del 20,86% per UK-DALE e dell'8,67% per REFIT rispetto al secondo metodo classificato.

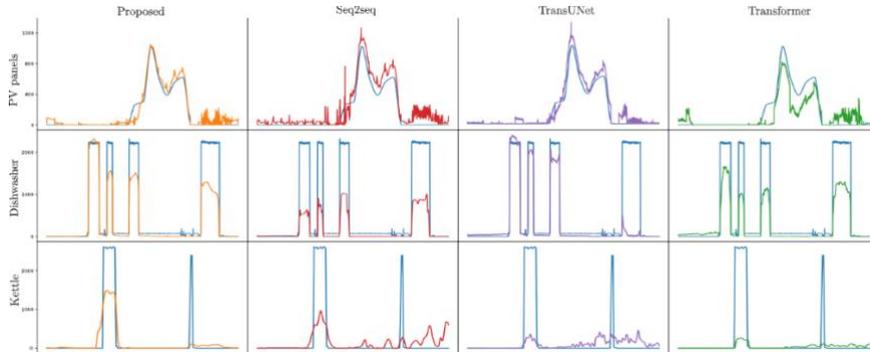


Figura 3: comparazione tra i profili originali e i profili disaggregati per Bollitore, Lavastoviglie e PV dell'approccio proposto e altri tre metodi di riferimento della letteratura.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Tanoni, E. Principi, S. Squartini, "Non-Intrusive Load Monitoring in industrial settings: A systematic review" in Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 202, 2024, 114703, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114703>.
- [2] G. Tanoni, R. Jr Laceda Taloma, E. Principi, D. Communiello, and S. Squartini, "A Deep Cascade Framework for Non-Intrusive Power Disaggregation in Solar-Powered Households" 2025 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, (accepted for publication).
- [3] G. Tanoni, E. Principi, P. Vitulli, L. Mandolini, and S. Squartini, "Contextual Pooling for Multiple-Instance Learning-based Non-Intrusive Load Monitoring", IEEE International Joint Conference on Neural Networks 2025, (accepted for publication).