

# Abstract

(Italian)

Ciriaco D'Ambrosio

April 22, 2015

Le reti di sensori wireless, o Wireless Sensor Networks (WSN), negli ultimi anni sono state oggetto di grande studio soprattutto grazie ai progressi tecnologici che hanno permesso il loro impiego in scenari differenti. Possibili contesti applicativi comprendono il monitoraggio ambientale, il controllo del traffico, il monitoraggio di pazienti in ambito sanitario, il rilevamento delle intrusioni e tanti altri (vedi, per esempio, [1], [2], [3]). La struttura generale di una WSN è composta da diversi dispositivi hardware (*sensori*) distribuiti su una data regione di interesse. Ogni sensore può raccogliere informazioni o misurare grandezze fisiche per una subregione dello spazio che lo circonda (la sua *area di rilevamento*) e più in particolare per punti di interesse specifici (*targets points* o semplicemente *targets*) all'interno di questa area. I targets situati nella zona di rilevamento di un dato sensore attivo *s* sono *coperti* da *s*. I sensori sono generalmente alimentati da batterie con ovvi vincoli di costo e peso che li rendono funzionali per un intervallo di tempo limitato. Utilizzare una rete di tali dispositivi in modo dinamico e coordinato consente di superare le limitazioni in termini di estensione del monitoraggio e di durata della batteria che caratterizzano ogni singolo sensore, consentendo un controllo elaborato di grandi regioni di interesse. Estendere la quantità di tempo (*lifetime*) per cui tale attività di monitoraggio può essere effettuata rappresenta un problema molto rilevante. Questo problema, generalmente noto come Maximum Lifetime Problem (MLP), è stato ampiamente affrontato in letteratura proponendo metodi per determinare: i) diversi sottoinsiemi di sensori ciascuno in grado di fornire una copertura per i punti targets e ii) il tempo di attivazione di questi sottoinsiemi in modo che i vincoli di batteria siano soddisfatti. Va notato che mentre i sensori possono essere in diversi stati durante il loro utilizzo applicativo (come ricezione, trasmissione, o inattivo) in questo contesto identifichiamo fondamentalmente due stati. Ogni sensore può essere attivo (cioè in funzione nella copertura corrente consumando le risorse energetiche) o meno. L'attivazione di una copertura si riferisce pertanto alla commutazione di tutti i suoi sensori allo stato attivo, spegnendo invece tutti gli altri che non le appartengono. Questa tesi di ricerca presenta una panoramica sulle reti di sensori wireless, sulle loro applicazioni ma soprattutto sui problemi tipici di copertura. In particolare questo lavoro si concentra sul problema di massimizzare la quantità di tempo per la quale un insieme di punti di interesse

(targets), in una data area, può essere monitorato mediante tali reti. Più in dettaglio, in questo lavoro di ricerca abbiamo affrontato l'MLP su reti di sensori wireless considerando il problema base in cui tutti i target devono essere coperti (classico MLP) e una variante in cui una parte dei targets può essere trascurata durante il monitoraggio ( $\alpha$ -MLP) al fine di aumentare ulteriormente il tempo di vita della rete. Per entrambi proponiamo un approccio a Generazione di Colonne che utilizza un algoritmo genetico efficiente finalizzato alla produzione di nuove coperture. L'algoritmo ottenuto si è dimostrato molto efficace ed efficiente superando le performance dei precedenti algoritmi proposti in letteratura per gli stessi problemi. In questo lavoro di ricerca introduciamo anche due varianti del problema MLP nel caso di sensori eterogenei. Infatti, le reti di sensori possono essere costituite da diversi tipi di sensori in grado di monitorare diversi aspetti della regione di interesse per esempio la temperatura, la luce, i contaminanti chimici, ed altri. Considerando tale concetto di eterogeneità, risulta chiaro che diversi tipi di sensori possono essere organizzati per lavorare in modo coordinato in differenti contesti applicativi di grande importanza. Pertanto, in questo lavoro, abbiamo affrontato il problema di massimizzare la quantità di tempo per la quale una tale rete può essere operativa assicurando globalmente una copertura minima per tutti i diversi tipi di sensori. Abbiamo considerato anche alcune condizioni di regolarità globali per assicurare che ogni tipo di sensore fornisca una copertura adeguata per ogni target. Per entrambe queste varianti abbiamo sviluppato un approccio ibrido basato su un nuovo algoritmo a generazione di colonne il cui problema di separazione o viene risolto euristicamente mediante un algoritmo genetico appropriato o all'ottimo mediante la formulazione matematica ILP. I test computazionali evidenziano che l'algoritmo genetico proposto è in grado di accelerare significativamente la procedura globale, consentendo la risoluzione di grandi istanze in tempi ragionevoli. Per quanto a nostra conoscenza, queste due varianti del problema MLP non sono state precedentemente investigate in letteratura.

## Riferimenti bibliografici

- [1] H. Alemdar and C. Ersoy. Wireless sensor networks for healthcare: a survey. *Computer Networks*, 54(15):2688–2710, 2010.
- [2] V. L. Boginski, C. W. Commander, P. M. Pardalos, and Y. Ye, editors. *Sensors: theory, algorithms, and applications*, volume 61 of *Springer Optimization and Its Applications*. Springer-Verlag, New York, 2011.
- [3] S. K. Das, G. Ghidini, A. Navarra, and C. M. Pinotti. Localization and scheduling protocols for actor-centric sensor networks. *Networks*, 59(3):299–319, 2012.