

PROGETTAZIONE OTTIMA PER DISPOSITIVI E RETI

Sara Carcangiu, Alessandra Fanni, Anna Mereu, Augusto Montisci

DIEE, Università di Cagliari
Piazza d'Armi, 09123, Cagliari (CA)

Sono stati sviluppati dall'Unità di Cagliari algoritmi di ottimizzazione multiobiettivo di dispositivi elettromagnetici per il cui progetto è spesso necessario analizzare la distribuzione del campo elettrico/magnetico facendo ricorso a tecniche numeriche quali i metodi agli elementi finiti (FEM). Per evitare il grande onere computazionale delle tecniche numeriche, sono state proposte, tecniche di approssimazione del legame funzionale fra parametri progettuali e valori degli obiettivi che fanno uso delle reti neurali artificiali. I modelli approssimati calcolano la risposta in tempi quasi istantanei, ma gli errori di approssimazione introdotti dal simulatore possono alterare il valore della funzione obiettivo. Gli algoritmi implementati sono basati sull'inversione di una rete neurale preventivamente addestrata a rappresentare il legame ingresso-uscita di una problema diretto in modo da ottenere l'ingresso incognito del corrispondente problema inverso, a partire da un'uscita desiderata e permettendo la ricerca del fronte di Pareto direttamente nello spazio degli obiettivi. Negli algoritmi proposti è possibile campionare tutto il fronte di Pareto [1] o solo una parte di esso guidando la ricerca dei punti ottimi secondo Pareto verso zone del fronte scelte a priori evitando quindi il campionamento dell'intero fronte di Pareto con grande riduzione del tempo computazionale [2]. Poiché l'utilizzo di reti neurali comporta un errore di approssimazione, è stato inoltre implementato un algoritmo capace di ridurre questo errore [3]. La rete neurale viene creata utilizzando un approccio di tipo geometrico che è in grado di stabilire a priori le dimensioni della rete e il suo grado di approssimazione.

Per evitare i proibitivi tempi computazionali inoltre, è stata implementata una nuova versione dell'algoritmo di Tabu Search il cui codice è stato reso "parallelo" utilizzando la nuova tecnologia Grid Computing [4]. Il Tabu Search è un algoritmo intrinsecamente sequenziale, ma durante ciascuna iterazione il tempo di esecuzione può essere ridotto tramite la parallelizzazione dell'algoritmo. Osservando lo schema dell'algoritmo è stata individuata come parallelizzabile la parte dell'algoritmo che si occupa dell'esplorazione del vicinato di un punto nello spazio N-dimensionale. Il programma è stato suddiviso in due parti (architettura master-slave): una parte principale dell'algoritmo da eseguire in locale nell'interfaccia utente e l'esplorazione parallela del vicinato da eseguire nella grid. Le diverse analisi FEM sono quindi eseguite dagli slave, a ciascuno dei quali viene assegnata una diversa variabile da esplorare. Purtroppo nel porting di applicazioni su grid, viene sempre introdotto un grado di overhead, dovuto principalmente al ritardo di comunicazione tra gli elementi computazionali. Nonostante ciò, questo ritardo introdotto nei job paralleli non prevale quando si ha a che fare alti costi computazionali come nel caso di analisi FEM.

L'Unità di Cagliari ha, inoltre, portato avanti un'intensa attività di ricerca nell'ambito dell'ottimizzazione delle reti di telecomunicazioni. Particolare attenzione è stata rivolta ai problemi di traffic engineering in reti IP e alle problematiche di reliability e survivability in tali reti. Sono state proposte tecniche di ottimizzazione dell'utilizzo della rete internet che presuppongono l'utilizzo dei protocolli IGP (Interior Gateway Protocol) e MPLS (Multi-Protocol Label Switching). Nell'ambito del protocollo IGP è stato sviluppato un algoritmo di ottimizzazione, basato sul Tabu Search, che mira a diminuire il livello di congestione della

rete. Dal momento che l'algoritmo di ottimizzazione presenta degli elevati carichi computazionali, esso è stato implementato nella Griglia Computazionale presente in Sardegna [5].

Sono stati inoltre implementati dei modelli LP (Linear Programming) che mirano a diminuire il livello di occupazione della rete e quindi ad aumentare la survivability (capacità della rete di garantire il trasporto del traffico anche in presenza di scenari di fallimento) nell'ambito dell'utilizzo congiunto del protocollo IGP e della tecnologia MPLS [6].

Inoltre l'attività di ricerca ha compreso l'esplorazione delle potenzialità di una nuova primitiva di routing, il cosiddetto path splicing [7]. Tale paradigma è stato recentemente introdotto al fine di aumentare il livello di reliability della rete (potenzialità della rete di garantire la connettività tra tutte le coppie di nodi origine e destinazione anche in presenza di scenari di fallimento dei link). La ricerca ha condotto a notevoli miglioramenti rispetto alla tecnica proposta in letteratura. E' stato dimostrato che con soli due set di alberi di routing è possibile raggiungere le stesse performance della rete fisica se si considerano scenari di fallimento di singolo link. E' stato sviluppato un algoritmo che porta alla costruzione dei suddetti alberi come arc-disjoint trees della rete. Inoltre le performance della tecnica proposta sono molto buone se confrontate con la tecnica originaria anche se si considerano scenari di fallimento in cui ciascun link fallisce indipendentemente con una certa probabilità.

L'attività di ricerca svolta nel settore dell'ottimizzazione di dispositivi e reti ha condotto alla pubblicazione di numerosi lavori, elencati nella bibliografia.

Referenze

- [1] Sara Carcangiu, Alessandra Fanni, Augusto Montisci, "Multi Objective Optimization Algorithm Based on Neural Networks Inversion," *LNCS*, vol. **5517**, Bio-Inspired Systems: Computational and Ambient Intelligence, pp. 744-751, (2009)
- [2] Sara Carcangiu, Alessandra Fanni, Augusto Montisci, "A Strategy-Driven Algorithm for Multi-Objective Optimization Problems," *Proc. Of 8th International Symposium on Electric and Magnetic Fields*, Mondovi (Italy), May 2009
- [3] Sara Carcangiu, Alessandra Fanni, Augusto Montisci, "A constructive algorithm of neural models for optimization problems," *COMPEL International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering*, **28**, no. 5, pp. 1276-1289, (2009)
- [4] Sara Carcangiu, Alessandra Fanni, Anna Mereu, and Augusto Montisci, "Grid-enabled Tabu Search for Electromagnetic Optimization Problems," *IEEE Trans. on Mag.*, (accepted)
- [5] Sara Carcangiu, Alessandra Fanni and Anna Mereu, "Grid Computing for Internet Traffic Engineering based on OSPF/IS-IS Protocols", FINAL WORKSHOP OF GRID PROJECTS PON RICERCA 2000-2006, AVVISO 1575, Catania, February 2009
- [6] Anna Mereu, Davide Cherubini, Alessandra Fanni, Antonio Frangioni, "Primary and Backup Paths Optimal Design for Traffic Engineering in Hybrid IGP/MPLS Networks", *Proc. of 7th International Workshop on the Design of Reliable Communication Networks*, Washington D.C (USA), October 2009
- [7] Thomas Erlebach, Anna Mereu, "Path Splicing with Guaranteed Fault Tolerance", *Proc. of IEEE Global Communications Conference*, Honolulu, Hawaii (USA), Dec 2009