Università di Udine
Dip. di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche
Constraint and Logic Programming LAB

L'INFORMATICA PER OTTIMIZZARE IL TRASFERIMENTO ENERGETICO

Power Grid

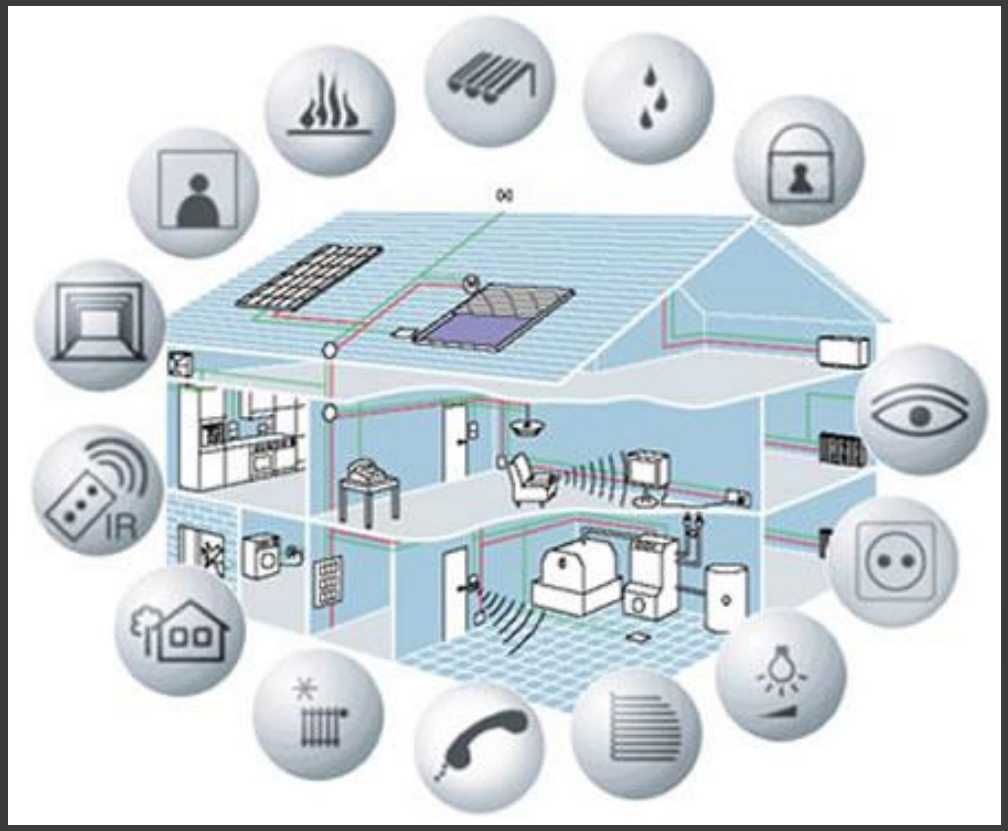
Power GRID: generatori

Power GRID: utilizzatori

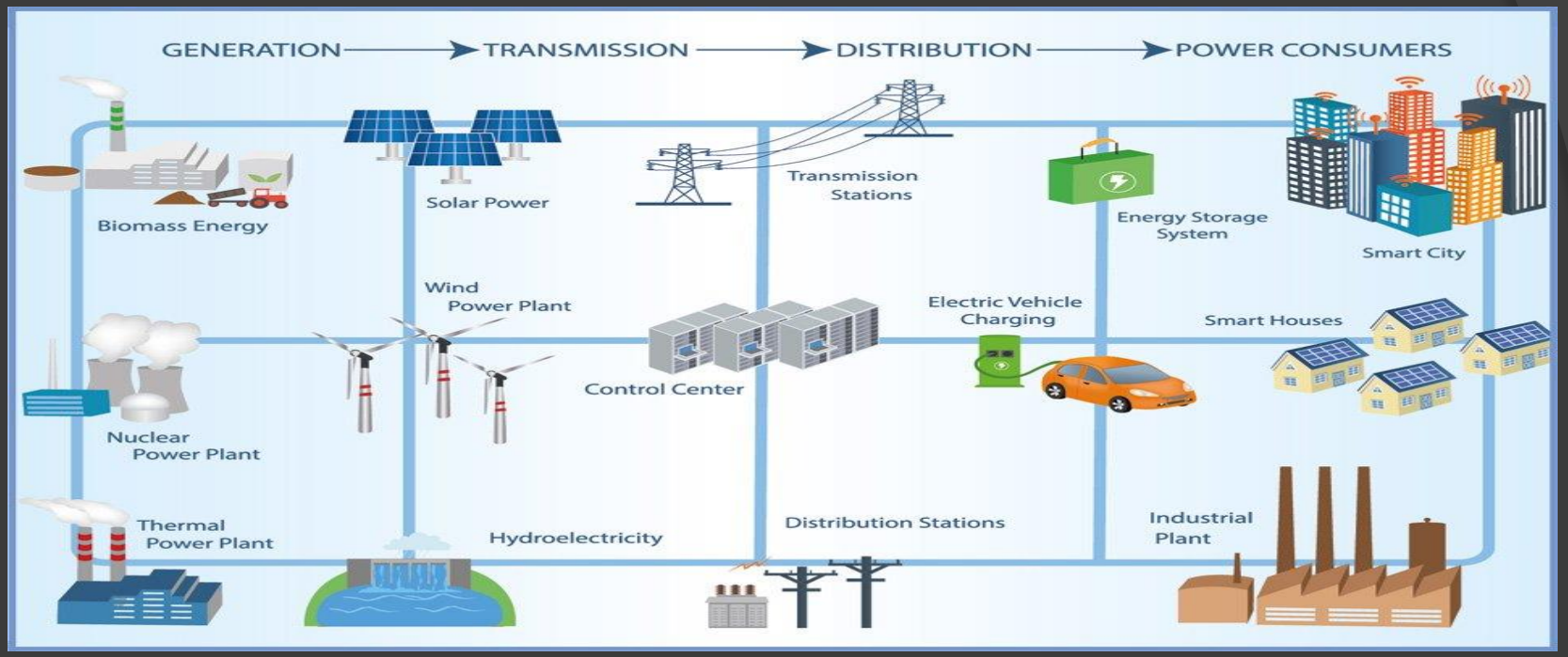
Power GRID: trasporto

Smart homes:
generatori fotovoltaici

Smart homes:
automazione domotica



SMART GRID: la futura rete



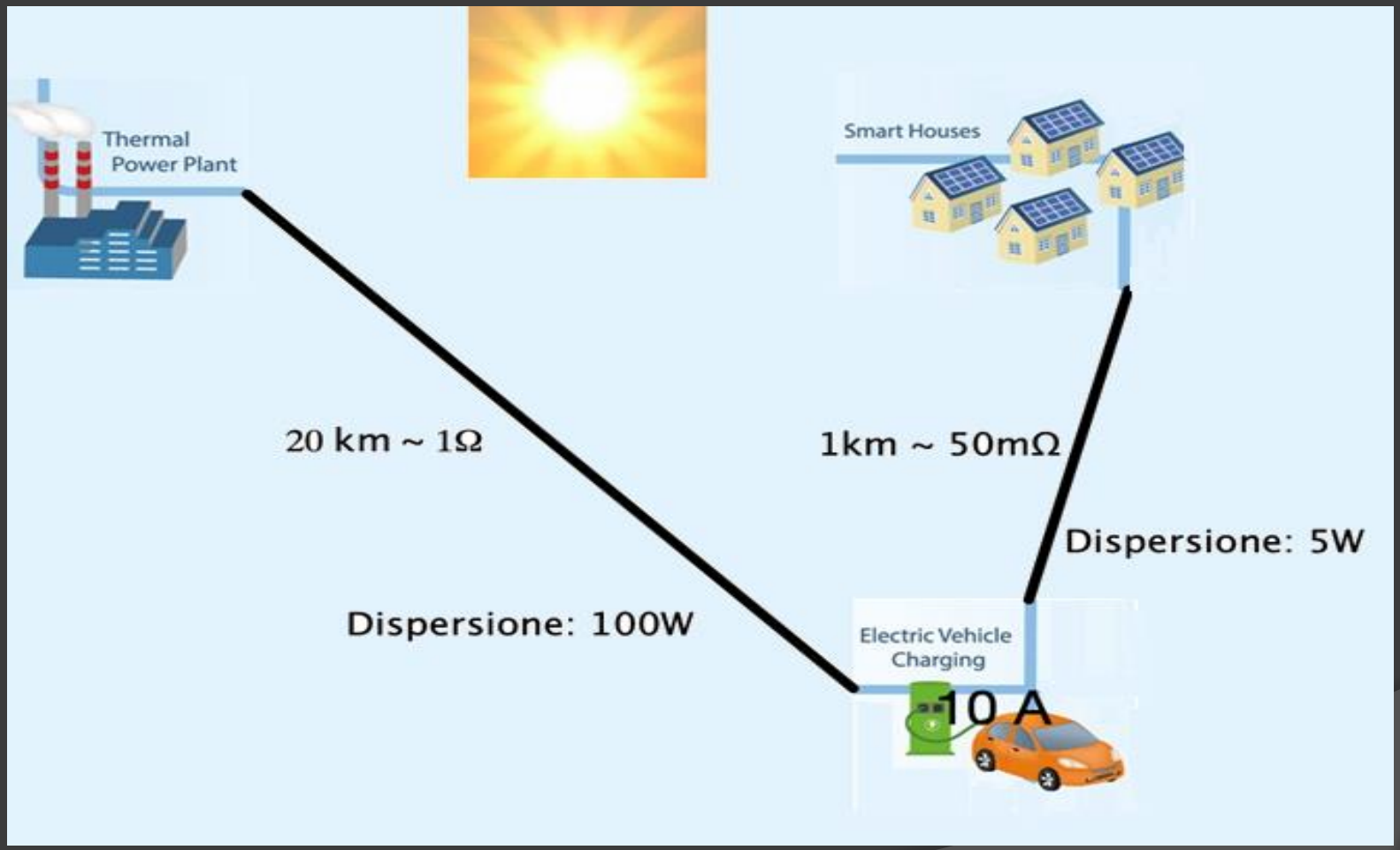
La rete contiene flussi energetici e di informazioni.

Si vuole migliorare l'efficienza e l'affidabilità della produzione e distribuzione di energia.

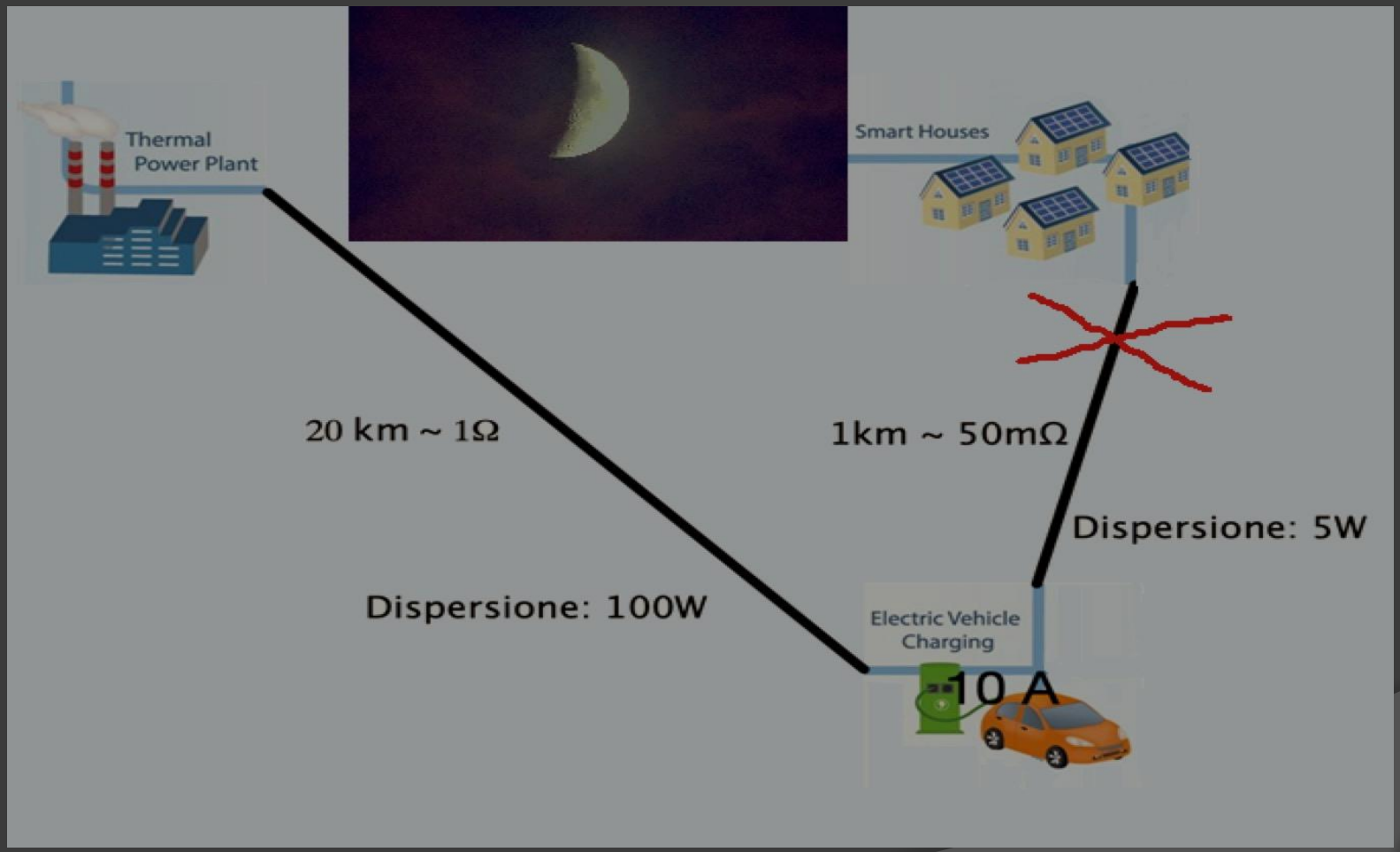
Problemi (vecchi e nuovi)

- **Economic Dispatch (ED)**: Allocazione di potenza ai generatori in modo da ridurre al minimo le perdite.
- **Demand Response (DR):** Come il consumatore può cambiare il proprio consumo per ridurre I picchi di consumo in rete.
- **Smart Home Device Scheduling (SHDS):** Le smart home cooperano per ottimizzare le risorse e non creare picchi.

Esempio (naive) di ED



Esempio (naive) di ED



Problema vero

Approccio (standard)

- I tre problemi visti, dal punto di vista tecnico sono dei casi di Constraint Optimization Problem (COP).
- La rete (generatori, utilizzatori, switch, ….) viene modellata mediante variabili, che hanno valori ammissibili in domini (talvolta 0/1), e vincoli tra variabili.
- Alcuni parametri vanno scelti (ad esempio la posizione di uno switch) per OTTIMIZZARE una funzione obiettivo (produttore: +guadagni; consumatore: -costi; ambiente: -sprechi).

Risolvere COP

- Sotto certe restrizioni si possono usare tecniche della ricerca operativa (simplesso, ILP, quadratic programming, etc)
- Se le restrizioni non si applicano si possono usare tecniche *esatte* di constraint programming
- O tecniche (*approssimate*) di local search
- O, meglio, combinazioni delle tre famiglie
- Al CLPLab (talvolta assieme a NMSU) abbiamo codificato e risolto diversi problemi con queste tecniche e sviluppato solvers ibridi in grado di sfruttare le architetture parallele
- Sono tutte tecniche centralizzate (e a causa della tipologia del problema e delle dimensioni delle istanze, i tempi di esecuzione possono essere inaccettabili)

Il nostro contributo

- I problem ED, DR, SHDS vengono modellati come DCOP (Distributed Constraint Optimization Problem)
- Tutti (o quasi) gli elementi in gioco (generatori, smart homes, switches) sono anche agenti computanti
- I "vicini" sono connessi, dialogano e risolvono localmente e continuamente "piccoli" problemi di ottimizzazione comunicando le loro soluzioni ai vicini stessi che le possono usare per migliorare le loro

Maximize:

$$\sum_{t=1}^{H} \alpha^t \left(\sum_{l \in \mathcal{L}} u_l(L_l^t) - \sum_{g \in \mathcal{G}} c_g(G_g^t) \right)$$

Where:

$$c_g(G_g^t) = \alpha_g G_g^t + \beta_g (G_g^t)^2 + |\epsilon_g \sin(\phi_g(G_g^{min} - G_g^t))|$$

$$u_l(L_l^t) = \begin{cases} \beta_l L_l^t - \frac{1}{2}\alpha_l (L_l^t)^2 & \text{if } L_l^t \leq \frac{\beta_l}{\alpha_l} \\ \frac{1}{2}\frac{(L_l^t)^2}{\beta_l} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Rippling effect on the generator's power-cost curve caused by opening a sequence of generator steam valves.

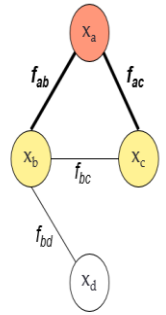
- Agents coordinate an assignment for their variables.
- Agents operate distributedly.

Communication:

- By exchanging messages.
- Restricted to agent's local neighbors.

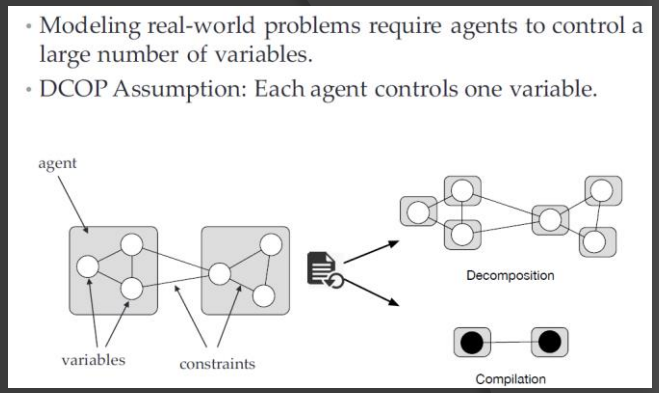
Knowledge:

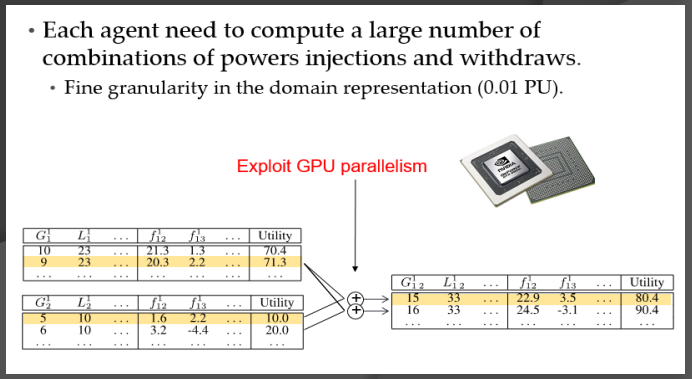
- Restricted to agent's sub-problem.
- Privacy preserving.



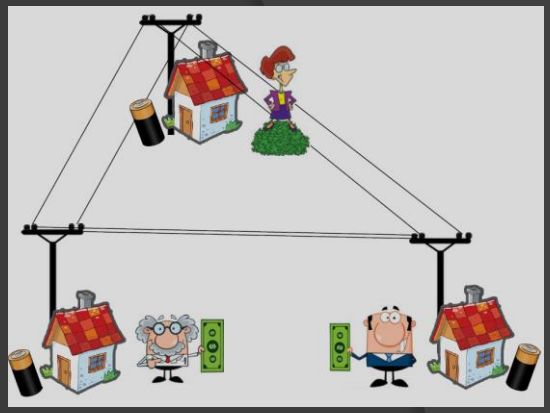
Il nostro contributo

- Risoluzione (SW) di DCOP con una combinazione di tecniche del constraint programming e della local search
- Proposta di agenti (HW) come "piccoli" PC ev con scheda GPU
- Il parallelismo a basso costo delle schede GPU viene sfruttato per velocizzare la ricerca delle soluzioni





Conclusioni



- Finora 2 joint PhD (piu un terzo in itinere)
- Risultati molto promettenti e apprezzati
- La tesi di Ferdinando Fioretto ha vinto il premio per la miglior tesi di dottorato dell'associazione italiana di Intelligenza Artificiale
- Sito web del laboratorio CLP Uniud
  http://clp.dimi.uniud.it/
- Sito web del centro icredits della NMSU
  https://icredits.nmsu.edu

(finanziamenti ~ 25M$ su questo progetto)

Ferdinando Fioretto (Syracuse University, NY), Agostino Dovier (Uniud), Enrico Pontelli (New Mexico State University): Distributed multi-agent optimization for smart grids and home automation. Intelligenza Artificiale 12(2): 67-87 (2018)