

Un sistema per il monitoraggio di impianti fotovoltaici

Progetto e implementazione

Loris Fichera

Relatore: Prof. Corrado Santoro

Università degli Studi di Catania
Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica

20 Luglio 2011

Monitoraggi *immaturi*

Il numero di impianti fotovoltaici *grid-connected*, in Italia, è in costante aumento

- potenza installata **raddoppia** ogni anno
- oltre **4 GW** al 31/12/2010

Monitorare gli impianti fotovoltaici diventa importante per

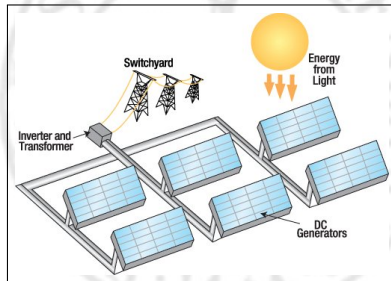
- i **soggetti responsabili**
- gli **installatori/manutentori**

"Gran parte delle soluzioni oggi in commercio mostrano caratteri di *immaturità*" (C. Podewils 2010)

Obiettivi

Un sistema di monitoraggio effettua la **raccolta** e **l'integrazione** dei **dati rilevanti** di un impianto al fine di determinarne:

- lo stato operativo
- l'efficienza globale
- la produzione energetica



Quali sono i **dati rilevanti**?

Classi di utenti (Kolodenny 2008)

Kolodenny *et al.*, identificano le seguenti **classi di utenti**:

- **ricercatore**

- quanti più dati possibile
- alto livello di dettaglio

- **proprietario**

- energia prodotta
- ritorno economico

- **manutentore**

- comportamento di ogni componente (modulo, inverter...)
- dati ambientali

- A set of small navigation icons typically found in Beamer presentations, including symbols for back, forward, search, and other slide controls.

- └ La soluzione implementata
- └ L'infrastruttura di campo

Infrastruttura di campo

- **Wireless Sensor Network (WSN)** ZigBee-based
 - bassi costi
 - no cablaggi aggiuntivi
 - rete autoconfigurante
- previsti tre tipi di nodi
 - gateway
 - power/inverter transponder
 - string transponder

- └ La soluzione implementata
- └ L'infrastruttura di campo

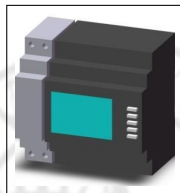
Il Gateway



- agisce da **concentratore dati**
- **modem gsm** per la trasmissione dei dati
 - via **sms**
 - via **FTP over gprs**
 - **transmission interval** configurabile
- **elemento fotovoltaico** per la ricarica della batteria

- └ La soluzione implementata
- └ L'infrastruttura di campo

Il Power/Inverter Transponder



- **analizzatore di rete + transponder ZigBee**
- misura delle grandezze elettriche (corrente, potenza, power factor...)
 - a monte del contatore bidirezionale
 - a valle di ogni inverter
 - **sampling interval** configurabile

- └ La soluzione implementata
- └ L'infrastruttura di campo

Lo String Transponder



- sensore di corrente (a effetto Hall) + transponder ZigBee
- misura della corrente di stringa
 - sampling interval configurabile

Il Datacenter

Si occupa di

- gestire i flussi informativi generati dai gateway
 - elaborare e memorizzare i dati di campo
 - generare report e allarmi
 - fornire accesso ai dati
-
- è interamente basato su Erlang/OTP
 - è costituito da un insieme di Erlang applications



L'applicazione database

Possiede un unico processo **worker**, il quale funge da wrapper per il database **MySQL** in cui vengono memorizzati

- configurazioni degli impianti
- dati di monitoraggio

Code snippet

```
data_storage:add_new_plant_by_structure (  
    _UniqueID = "MyPlant",  
    _Location = "Nowhere",  
    ...  
    _Inverters = ["YURAKU", "I-3000",  
                  "Inverter-00", "0000-0000-0000",  
                  ["%% strings here..."  
                  ] ]).
```

- ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡

Il file_poller

- decodifica i dati ricevuti via **FTP**
- genera **report** riguardo
 - dati **corrotti**
 - dati **mancati**
- invia i dati ricevuti al filter

Decodifica dei dati

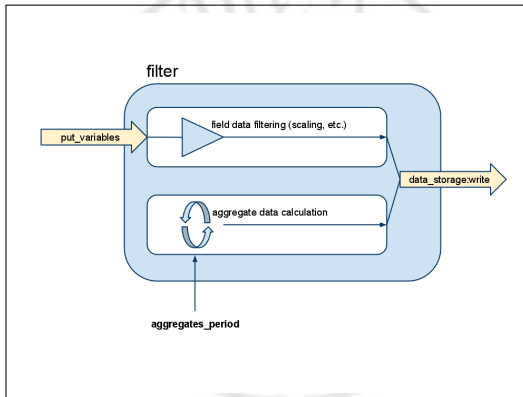
```
try
  {ok, FileContent} =
    file:read_file (lists:concat ([Path, File])),
    ftp_protocol:decode (FileContent)

catch error : {Reason, D} ->
  ...
  nil
end,
```

Il filter/1

Due attività concorrenti:

- **filtraggio** dei dati ricevuti (scaling, ecc.)
- **stima** di altri valori



Il filter/2

Calcolo della potenza totale per Power Transponder

```
{ok, {_, Vars}} =  
    data_storage:get_trend_by_device (DeviceID, F, T,  
                                      ["active-power-l1",  
                                      "active-power-l2",  
                                      "active-power-l3"]),  
  
PropList = measure_data_to_proplist (Vars),  
P1 = proplists:get_value ("active-power-l1", PropList),  
P2 = proplists:get_value ("active-power-l2", PropList),  
P3 = proplists:get_value ("active-power-l3", PropList),  
  
TotalActivePower = P1 + P2 + P3,
```

Web Services

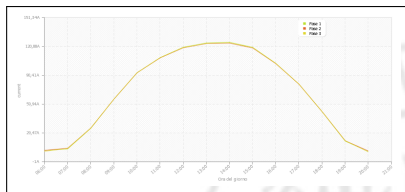
- basati su Yaws
- RESTful

Servizio get_plants

```
<erl>
out(A) ->
  {ok, PlantList} = data_storage:get_plants(),
  Reply =
    xml_translator:make_plant_list_response (PlantList),
  html, Reply.
</erl>

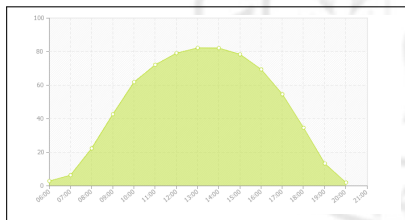
<plant_list_response>
  <plant id="1" unique_id="plant-1" customer_id="0" ... />
</plant_list_response>
```


Corrente immessa in rete vs. Potenza prodotta



Configurazione

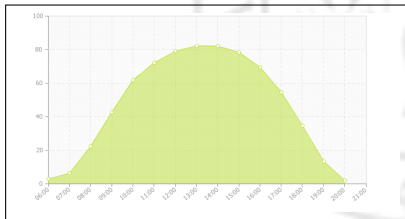
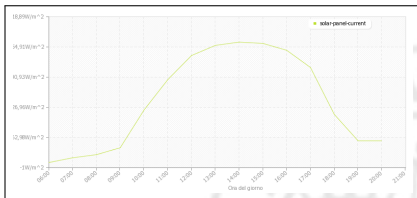
- 1 Power Transponder
- 1 Gateway



Valori di picco (1400hrs)

- ~ 120 A per fase
- ~ 82 kW

Radiazione vs. Potenza prodotta



Configurazione

- 1 Power Transponder
- 1 Gateway

Valori di picco (1400hrs)

- ~ 900 W/m²
- ~ 82 kW

Sviluppi futuri

- **sicurezza** delle comunicazioni Gateway - Datacenter
- **sistema esperto** per la diagnosi delle anomalie

