

TDM: un sistema aperto per l'acquisizione di dati, l'analisi e la simulazione su scala metropolitana

Fabio Bettio¹, Giovanni Busonera¹, Marco Cogoni¹, Roberto Deidda², Mauro Del Rio¹, Massimo Gaggero¹, Enrico Gobetti¹, Simone Leo¹, Simone Manca¹, Marino Marrocu¹, Luca Massidda¹, Fabio Marton¹, Marco Enrico Piras¹, Luca Pireddu¹, Gabriella Pusceddu¹, Alessandro Seoni², e Gianluigi Zanetti¹

¹ Centro di Ricerca, Sviluppo e Studi Superiori in Sardegna, ² Università di Cagliari

Abstract.

Il progetto TDM studia e sviluppa nuove tecnologie abilitanti e soluzioni verticali in ambito Smart Cities, sperimentandole nell'area metropolitana della Città di Cagliari. Il design scalabile, l'utilizzo di standard per le Smart Cities (OASC/FIWARE) e la realizzazione di un dispositivo per l'integrazione di sensori diversi (l'Edge Gateway) fanno sì che le soluzioni realizzate nel contesto del progetto TDM possano essere estese ad altre realtà urbane. In questo articolo illustriamo l'architettura generale del sistema, il sottosistema dedicato alla sensoristica e le prime applicazioni in campo energetico e meteo-ambientale.

Keywords. smart-cities, fiware, edge-computing, energy-awareness, nowcasting

1. Architettura generale

Il progetto TDM¹ combina lo studio e sviluppo di tecnologie abilitanti, l'applicazione a tematiche strategiche e la sperimentazione a scala metropolitana nella Città di Cagliari, al fine di definire soluzioni scalabili e *best practice* generali da utilizzare in altre realtà urbane ampie o densamente popolate. A tal fine, TDM integra sorgenti di informazioni digitali eterogenee e metodi di analisi e simulazione per la realizzazione di modelli digitali multiscala di aree urbane metropolitane. Dati corrispondenti a livelli diversi di informazione sono quindi organizzati, dal punto di vista logico, in strutture opportune come serie temporali per misure da sensori "puntuali", e strutture volumetriche per campi continui su regioni dello spazio. I formati di rappresentazione dei dati adottate sono *standard* e *best practice* del dominio Smart Cities, nello specifico i Modelli di Dato Armonizzati di FIWARE, usati in

¹ <http://www.tdm-project.it/>

ambito OASC² per i dati da sensore, e lo standard internazionale CF (Climate and Forecast)³ per i dati provenienti da simulazioni e acquisizioni radar. L'architettura di TDM è strutturata su tre macro-blocchi dedicati all'acquisizione distribuita dei dati, alla loro elaborazione e, infine, alla presentazione e distribuzione verso l'esterno.

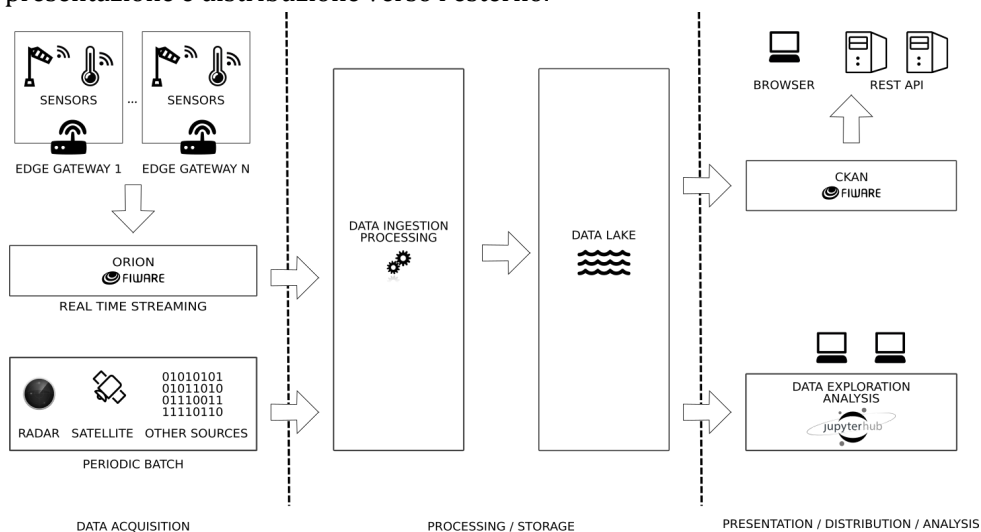


Fig. 1 L'architettura generale di TDM

Il primo blocco acquisisce dati georeferenziati di vario tipo. Sono integrati diversi tipi di sensore (ambientali, elettrici, meteo), uniformando i dati ricevuti e inoltrandoli al context broker ORION – punto di snodo per i flussi di dati acquisiti. Inoltre, sono integrati vari workflow di ingestione che a intervalli regolari acquisiscono dati georeferenziati da sorgenti come i satelliti Sentinel, radar meteorologici o dati sul traffico urbano. Il secondo blocco accumula, processa e analizza questi dati assieme a quelli provenienti da altre sorgenti sintetiche come output di simulazioni meteo. Il terzo blocco rende accessibili i dati come OpenData.

Un'architettura scalabile di aggregazione, elaborazione e restituzione provvede all'integrazione dei dati all'interno del secondo blocco. In essa sono distinguibili tre distinti sottoblocchi.

Il primo si occupa di acquisire i dati grezzi e processarli, eseguendo elaborazioni quasi real-time di quelli provenienti da sensore e elaborazioni più lunghe (*batch*) per operazioni complesse quali le previsioni

² <https://www.fiware.org/>

³ <http://cfconventions.org/>

meteorologiche a breve periodo (*nowcasting*), le analisi storiche dei consumi energetici, la creazione di modelli per la simulazione e la loro visualizzazione. In tale contesto sono state sviluppate tecnologie abilitanti per la compressione e visualizzazione di dati volumetrici (Marton, 2019).

Il secondo è un *data lake* scalabile in cui vengono memorizzati sia i dati grezzi che i dati prodotti da simulazioni e da successive elaborazioni.

Il terzo è invece dedicato all'esplorazione dei dati, principalmente attraverso l'utilizzo di servizi JupyterHub integrati.

L'intera infrastruttura è definita in codice (*infrastructure as code*), pertanto risulta facilmente riproducibile e modificabile programmaticamente.

2. Sensoristica

L'acquisizione diffusa dei dati avviene attraverso piattaforme hardware a basso costo, facilmente reperibili in commercio e distribuite sul territorio dai cittadini. L'introduzione di un Edge Gateway⁴ (EG) – un dispositivo sviluppato nel corso del progetto – disaccoppia l'acquisizione della misura dall'invio e permette di gestire l'eterogeneità di semantica e sintassi dei dati, convertendoli in un formato standard. L'EG permette inoltre di sopperire a limitazioni dei sensori quali ridotte risorse computazionali, di memorizzazione e rete, sicurezza. L'EG, di uso generale, è stato realizzato per essere utilizzato con infrastrutture basate su FIWARE o cloud per l'IoT diverse da TDM. I suoi principali vantaggi sono la possibilità di memorizzare, filtrare e aggregare in locale i dati provenienti da più sensori, di permettere la modulazione della quantità di dati trasmessi e la frequenza di invio verso il cloud, di pre-processare i dati, e di gestire la privacy.

3. Prime applicazioni verticali

L'infrastruttura e la sensoristica sono usate nell'ambito del progetto per diverse applicazioni verticali. Descriviamo qui le applicazioni relative al contesto meteo-ambientale ed energetico.

3.1 Applicazioni meteo-ambientali

Obiettivo generale di questa applicazione è studiare, sviluppare e sperimentare metodologie di *nowcasting* per scopi di gestione del rischio, e di procedere all'invalidazione di modelli e dati da sensoristica diffusa.

A tal fine, sensori per le principali variabili ambientali (temperatura, pressione, umidità, precipitazione, vento e polveri sottili) sono stati realizzati e sono in via di distribuzione ai cittadini dell'area metropolitana. Queste misure saranno combinate con quelle fornite da un radar meteorologico posizionato presso il Dipartimento di Idraulica di UNICA⁵ (Farris, 2018) e con

⁴ <https://github.com/tdm-project/tdm-edge/tree/develop>

⁵ <http://meteoradar.unica.it>

le informazioni di sensori pre-esistenti. Poiché uno degli obiettivi specifici è quello di fornire previsioni del verificarsi di eventi intensi di precipitazione e di ondate di calore nell'area metropolitana, una catena modellistica è in via di realizzazione sia per il nowcasting che per l'intervalidazione dei dati della rete dei sensori. La catena meteorologica ad area limitata (LAM) allo stato dell'arte è stata già implementata (modelli: BOLAM, MOLOCH e WRF); utilizza come condizioni al contorno ed iniziali i dati GFS e fornisce una dettagliata previsione locale a breve scadenza⁶. L'obiettivo successivo è quello di inglobare i dati dei sensori locali e del radar nel sistema di previsione per fornire nowcasting di maggiore dettaglio e affidabilità. I dati della sensoristica diffusa saranno resi accessibili come Open Data, opportunamente validati mediante confronto incrociato con i dati simulati utilizzando la piattaforma del progetto.

3.2 Consapevolezza energetica

TDM intende incrementare la consapevolezza energetica della popolazione, attraverso il monitoraggio di consumi e risorse, per favorire la creazione di reti intelligenti di distribuzione e autoconsumo di energia. Il monitoraggio continuo e aperto della produzione e dei consumi energetici avverrà attraverso una mappatura della potenzialità di produzione energetica da fonte rinnovabile, della produzione e dei consumi energetici cittadini, sfruttando l'infrastruttura big data e la sensoristica di TDM. Un'applicazione specifica riguarda la previsione della produzione energetica da rinnovabile, integrando le informazioni sulle variabili ambientali e sulla produzione di impianti campione ottenute mediante sensoristica diffusa con le previsioni ottenute dai modelli meteorologici sviluppati nel progetto (Massidda-1, 2018). Riguardo ai consumi, l'obiettivo è l'analisi puntuale dei consumi elettrici degli impianti e la loro previsione, utilizzando la rete di sensori energetici e le elaborazioni dei modelli meteorologici (Massidda-2, 2018). Il monitoraggio dei consumi elettrici e della generazione da fonti rinnovabili in abitazioni private ed in edifici pubblici avverrà attraverso l'utilizzo di sistemi Open Hardware ed Open Software⁷. I dati messi a disposizione della cittadinanza, accumulati attraverso i sensori, saranno restituiti come Open Data. Infine, si svilupperà uno strumento di pianificazione, dedicato alla valutazione dei benefici tecnico-economici associati alla gestione di micro-reti elettriche per ottimizzare gli investimenti nel settore energetico.

4. Conclusioni

Abbiamo illustrato l'architettura generale e le prime applicazioni del progetto TDM. Allo stato attuale, il sistema e le applicazioni sono funzionanti. Nel corso

⁶ <http://demo.tdm-project.it/eventi>

⁷ IoTaWatt, <http://iotawatt.com>

del prossimo anno sarà effettuata la distribuzione a scala urbana dei sensori, con il coinvolgimento sia di enti pubblici che di privati cittadini. TDM è finanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna su fondi POR FESR 2014-2020, Azione 1.2.2.

In memoria del Dr. Gianluigi Zanetti, il cui esempio continua ad ispirarci.

Riferimenti bibliografici

1. S. Farris, A. Seoni, D. Ruggiu, S. Bertoldo, G. Perona, M. Allegretti, M. Marrocu, M. Badas, F. Viola, & R. Deidda, First analyses of rainfall patterns retrieved by a newly installed x-band radar over the metropolitan area of Cagliari (Sardinia, Italy), *11th Int. Workshop on Precipitation in Urban Areas*, Posters, 2018.
2. F. Marton, M. Agus, & E. Gobbetti, A framework for GPU-accelerated exploration of massive time-varying rectilinear scalar volumes, *Computer Graphics Forum* 38(3): 53-66, 2019.
3. L. Massidda & M. Marrocu, Quantile regression post-processing of weather forecast for short-term solar power probabilistic forecasting, *Energies* 11(7): 1763, 2018.
4. L. Massidda & M. Marrocu, Smart meter forecasting from one minute to one year horizons, *Energies*, 11(12): 3520, 2018.

Gli autori

Fabio Bettio

fabio.bettio@crs4.it

Fabio Bettio è Senior Technologist e responsabile del Visual Computing Lab al CRS4.

Giovanni Busonera

giovanni.busonera@crs4.it

Giovanni Busonera fa parte del settore Data-intensive Computing del CRS4, dove si occupa di analisi dei dati e di Machine Learning con particolare riferimento alle applicazioni biomediche.

Marco Cogoni

marco.cogoni@crs4.it

Marco Cogoni fa parte del settore Data-intensive Computing del CRS4, dove si occupa di modellazione e simulazione di sistemi complessi.

Roberto Deidda

rdeidda@unica.it

Roberto Deidda, Professore Ordinario di Costruzioni Idrauliche, Marittime ed Idrologia, Università di Cagliari.

Mauro Del Rio

mauro.delrio@crs4.it

Mauro Del Rio fa parte del settore Data-intensive Computing del CRS4, dove si occupa di Smart Cities e computazione distribuita di dati clinici.

Massimo Gaggero

massimo.gaggero@crs4.it

Massimo Gaggero è Senior Technologist presso il settore Data-intensive Computing, Programma Distributed Computing del CRS4.

Enrico Gobbetti

enrico.gobbetti@crs4.it

Enrico Gobbetti è dirigente del settore Visual Computing del CRS4.

Simone Leo

simone.leo@crs4.it

Simone Leo lavora come ricercatore presso il Settore Data-intensive Computing, programma Distributed Computing del CRS4.

Simone Manca

simone.manca@crs4.it

Simone Manca lavora come Software Engineer presso il CRS4 dal 2000. Attualmente si occupa di Spatial Data Infrastructure e Applicazioni Ambientali.

Marino Marrocu

marino.marrocu@crs4.it

Ricercatore senior, responsabile del programma di ricerca Environmental Sciences del CRS4.

Luca Massidda

luca.massidda@crs4.it

Ricercatore senior, responsabile del programma di ricerca Smart Energy Systems del CRS4.

Fabio Marton

fabio.marton@crs4.it

Fabio Marton dal 2002 è ricercatore nel settore Visual Computing del CRS4, dove attualmente dirige il programma Visual and Geometric Computing..

Marco Enrico Piras

marcoenrico.piras@crs4.it

Marco Enrico Piras lavora come tecnologo presso il Settore Data-intensive Computing, programma Distributed Computing del CRS4.

Luca Pireddu

Ricercatore col settore Data-intensive Computing del CRS4, attualmente lavora su problemi legati al deployment e alla scalabilità di applicazioni su IaaS.

Gabriella Pusceddu

gabriella.pusceddu@crs4.it

E' ricercatore expert al CRS4 e fa parte del Programma Scienze Ambientali del Settore Energia e Ambiente. I suoi interessi sono rivolti all'uso di modelli numerici ad area limitata per la previsione di eventi meteorologici estremi e al downscaling di scenari climatici.

Alessandro Seoni

aseoni@unica.it

Alessandro Seoni, Tecnico Laureato, Università di Cagliari.

Gianluigi Zanetti

gianluigi.zanetti@crs4.it

Gianluigi Zanetti è direttore del settore Data-intensive Computing del CRS4.