

SEMANTIC BMS: ONTOLOGY FOR ANALYSIS OF BUILDING AUTOMATION SYSTEMS DATA

Adam Kučera, Tomáš Pitner

LAB OF SOFTWARE ARCHITECTURES
AND INFORMATION SYSTEMS

FACULTY OF INFORMATICS
MASARYK UNIVERSITY



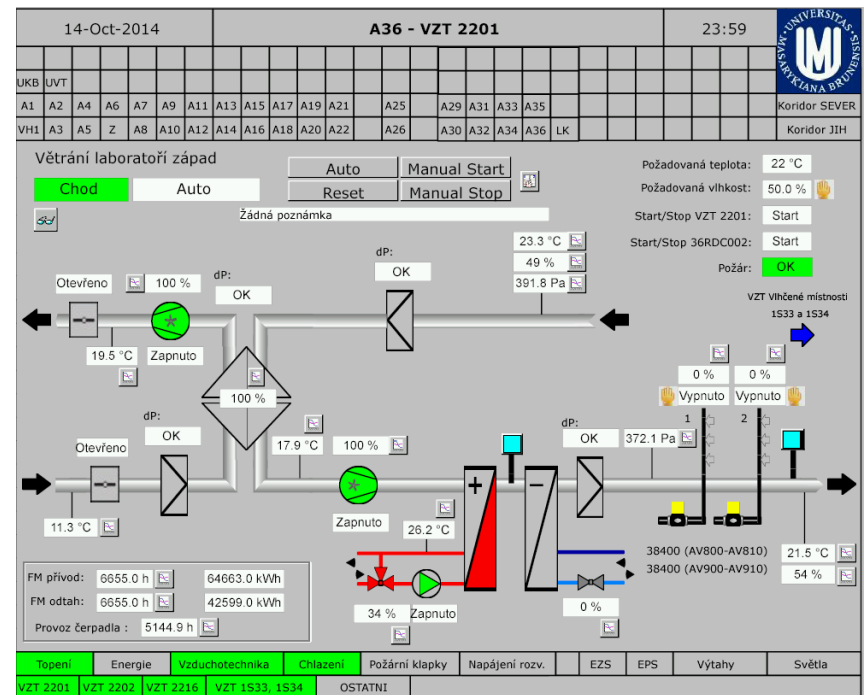
Motivation – Use case

- **Goal:** Examining building operation **performance** and **efficiency** using building automation data
- **Use case:** BMS of Masaryk University (40 „intelligent“ buildings, 1700 BACnet devices, 150 000 data points)

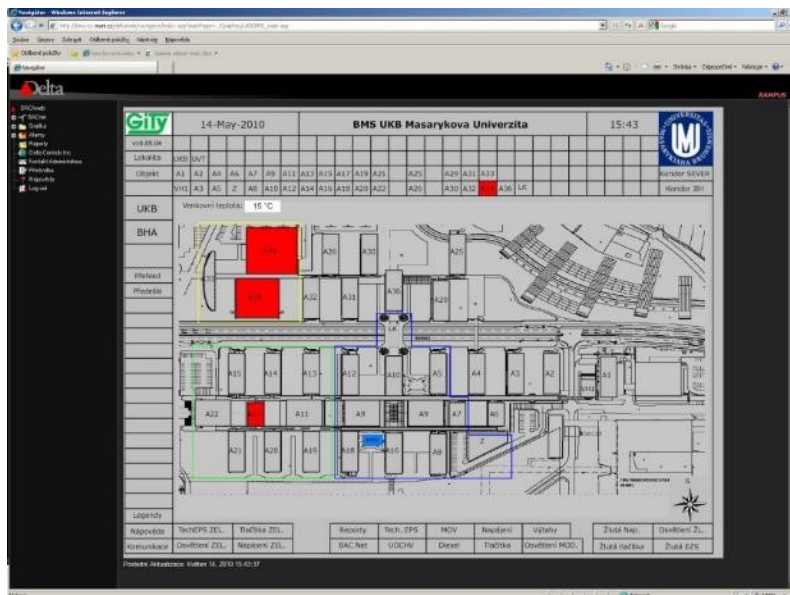


Source: muni.cz

Source: OFM SUKB MU



Motivation – BMS Capabilities



Source: OFM SUKB MU

Motivation – Analytical capabilities

BMS

Sensor data

High detail

Recent data

Simple applications

CAFM

Financial data

Low detail

Delayed data

Complex applications

How much does the electricity consumption differ across the campus?

How much energy is consumed by air conditioning?

What are the average room temperatures?

Problem – Complexity of applications

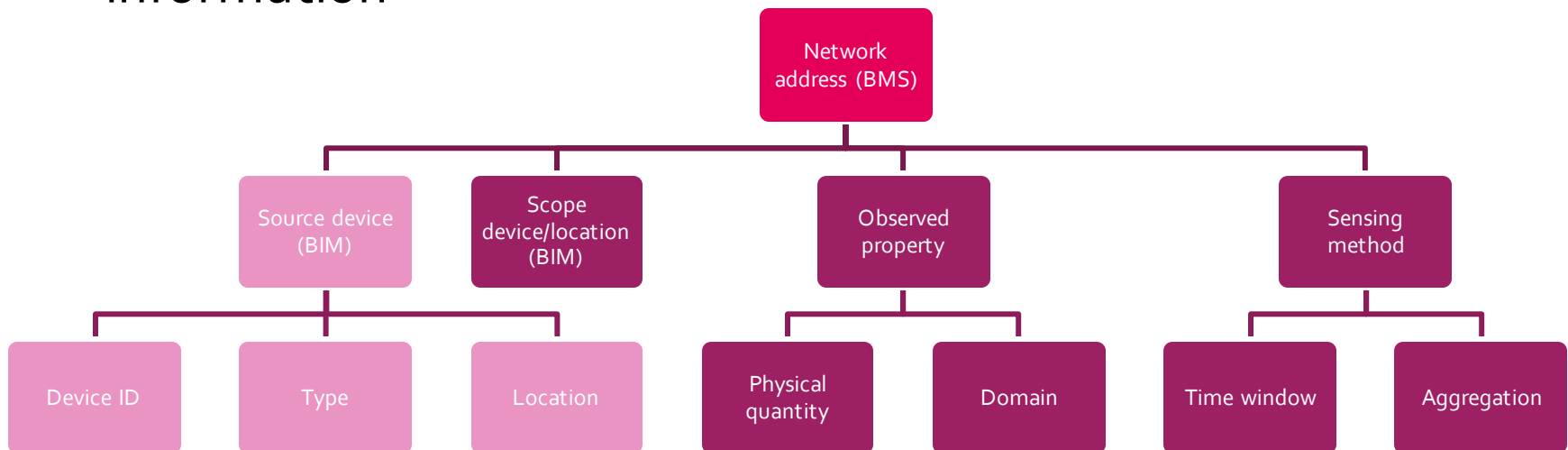
- Data **access** (automation protocols, OLTP)
- Data **selection**, grouping & aggregation
- Analytical **methods**
- User **interface**

Problem – Unsuitable semantics

- Data points **identified by** network **address** in BMS
- Data point properties carry **limited semantics**
- **Missing relation** to the physical world:
 - Location
 - Source device
 - Measuring environment (air, water,...)
 - ...

Aims & Methods – New semantics

- New approach to analysis of BMS data
 - Network **addresses are not used** as identifiers
 - Universal model relates **BMS** and **BIM** and also adds new information



Aims & Methods – Query examples

1. Semantic query

Location: *Campus Bohunice; Building A11*

Grouping: *Per floor*

Measured property: *Air temperature*

Source device: *Temperature sensor*

Data type: *History*

Query output: *BMS ID*



2. Semantic result

No1: {11400.TL5, 11500.TL5, 11600.TL1}

No2: {12100.TL5, 12300.TL3, 12400.TL5}

No3: {12500.TL1, 12600.TL1, 12800.TL1}

3. Data query

Data points: *Semantic result data*

Aggregate: *temporal AVG*

Period: *09/2014 – 1/2015*

Aggregation Window: *1 day*



4. Data result

No1: { {2014-09-01, 23.8}, {2014-09-02, 24.8},
{2014-09-03, 25.1}, {2014-09-04, 24.7}, ... }

No2: { ... }

No3: { ... }

Aims & Methods – Query examples

1. Semantic query

Data type: *Input; Output; User defined value*

Influenced property: *Air temperature*

Scope: *Room 231 at building UCB-A11*

Query output: {*Source device (with Location); BMS ID; Data type; Property*}



2. Semantic result

{ Pump in UCB-A11-1So5, 10200.AO1, Output, Pump mode (on/off) }

{ Temperature sensor in UCB-A11-1So5, 10200.AI5, Input, Water temperature }

{ Application controller in UCB-A11-1So7, 10000.AV4,
User defined value, Setpoint temperature }

3. Data query

Data points: *Semantic result data*

Aggregate: - (*present value*)



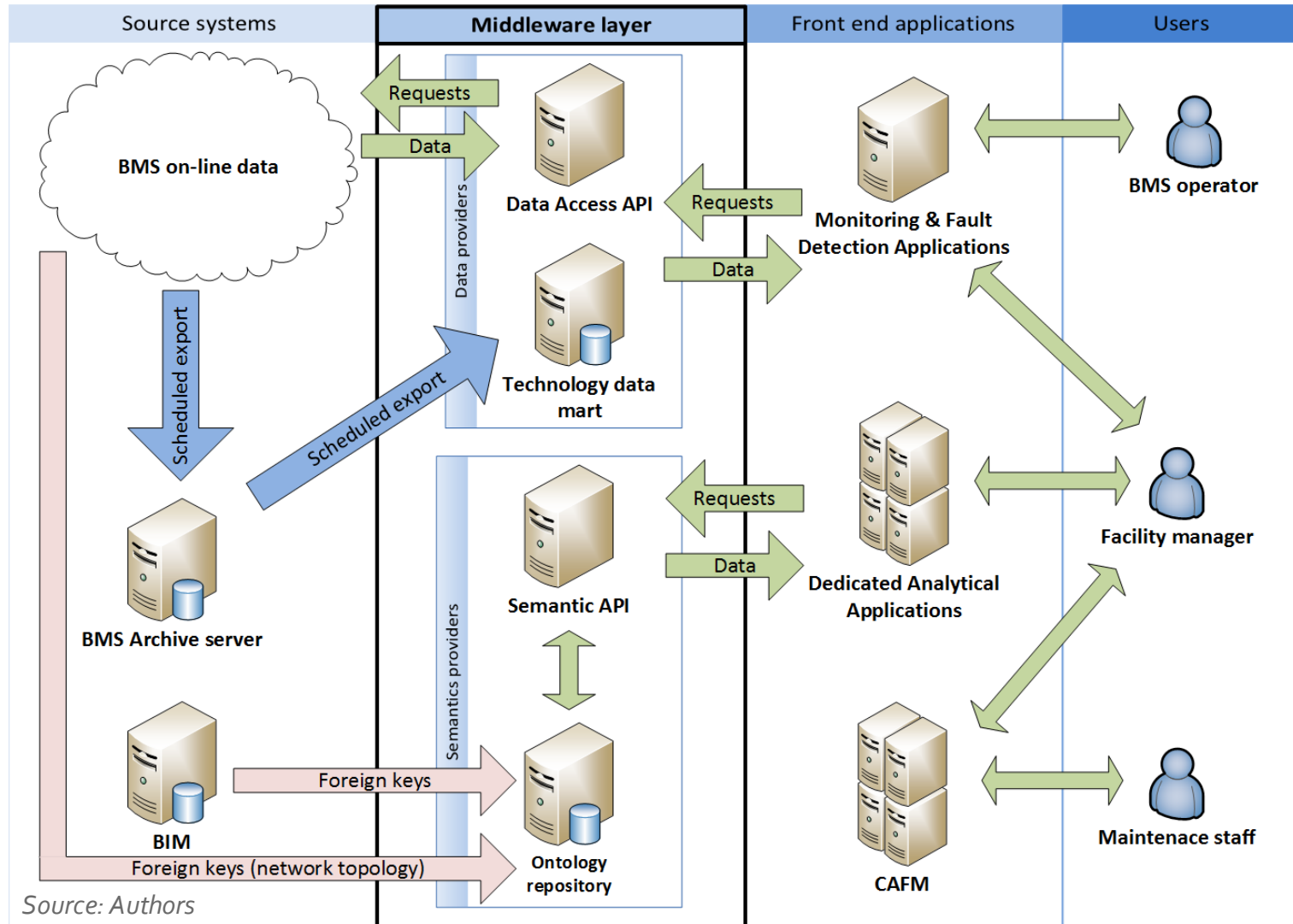
4. Data result

{ Pump in UCB-A11-1So5; ON }

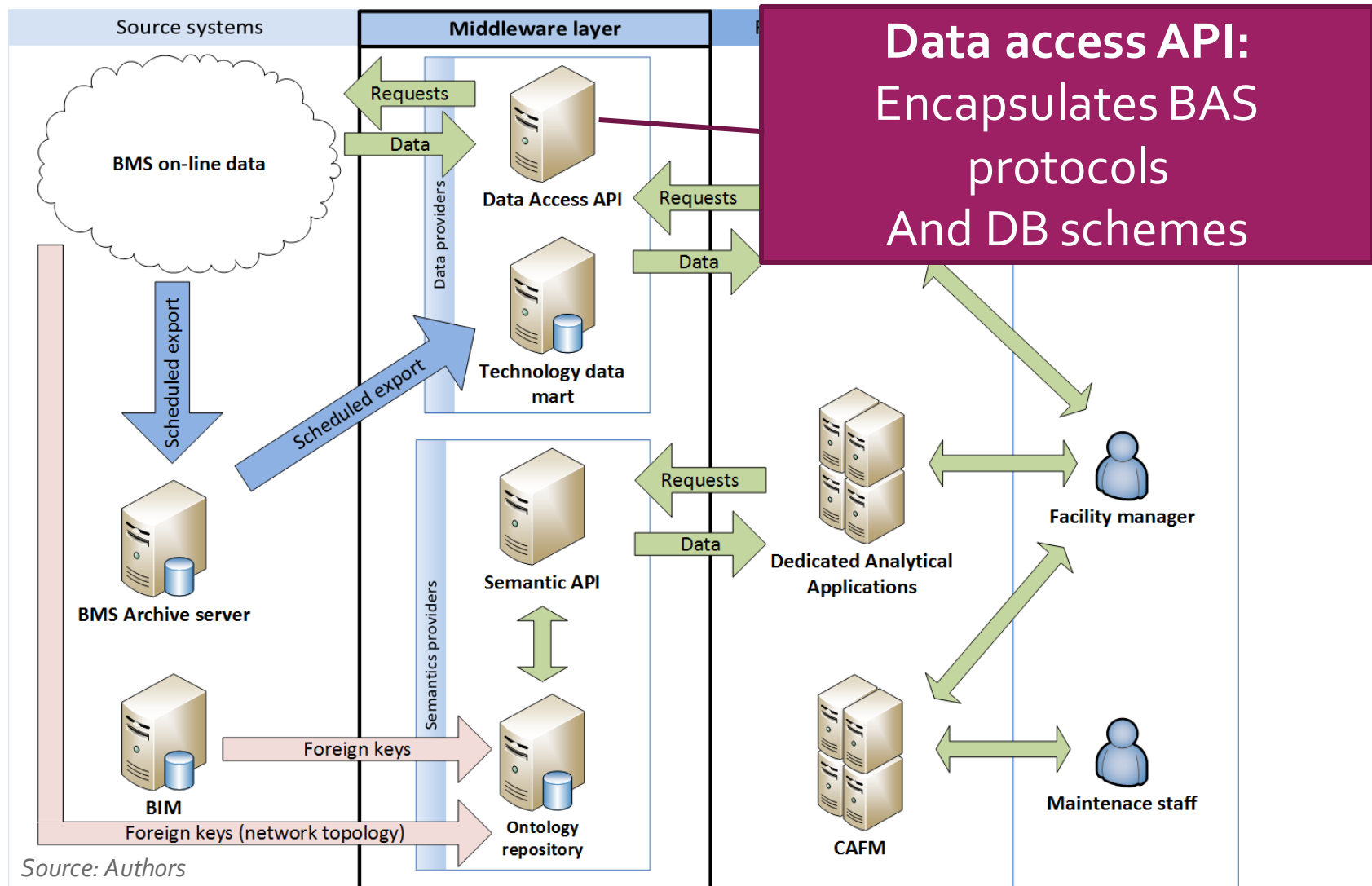
{ TS in UCB-A11-1So5, 76,5 °C }

{ AC in UCB-A11-1So7, 22 °C }

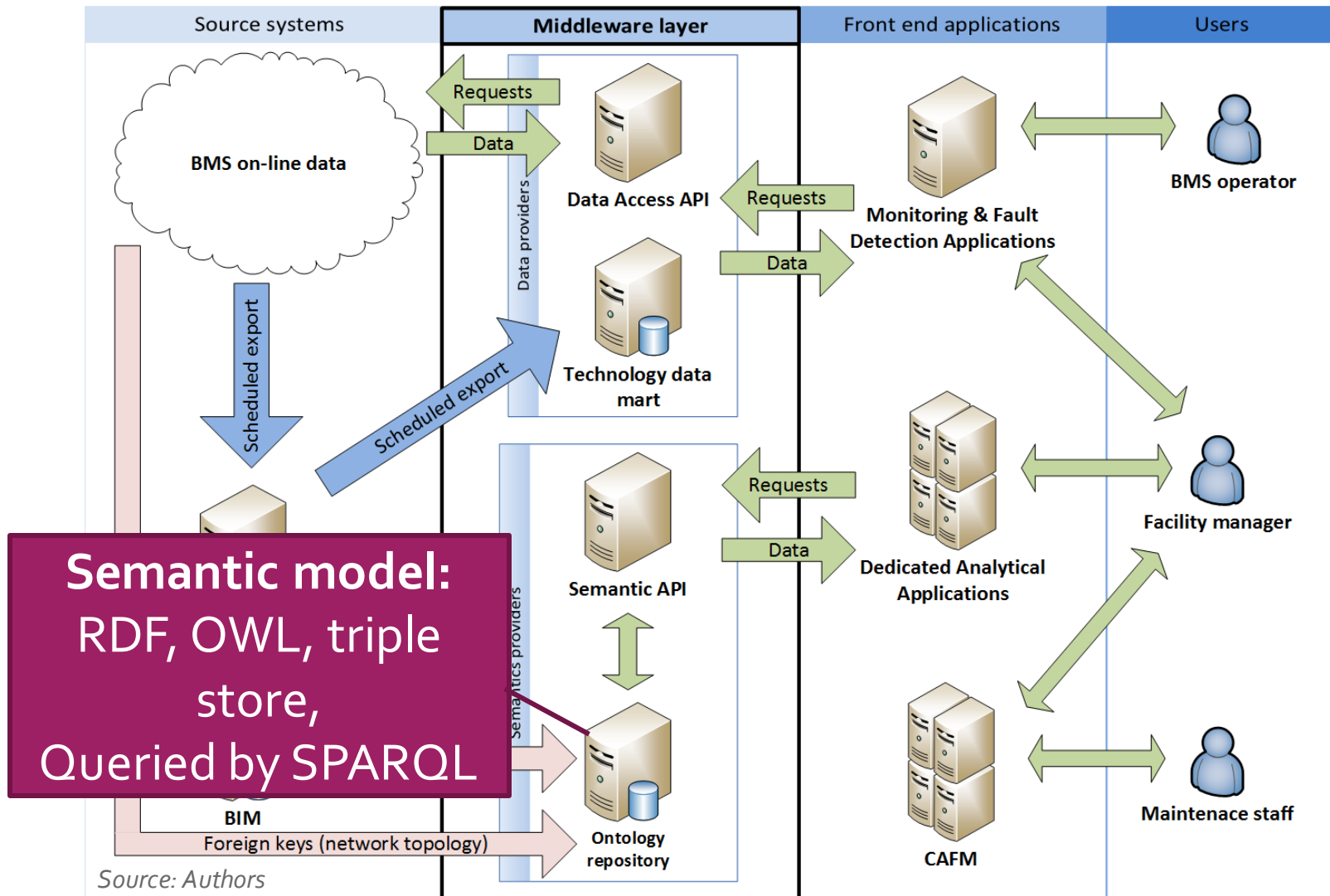
Aims & Methods – Middleware layer



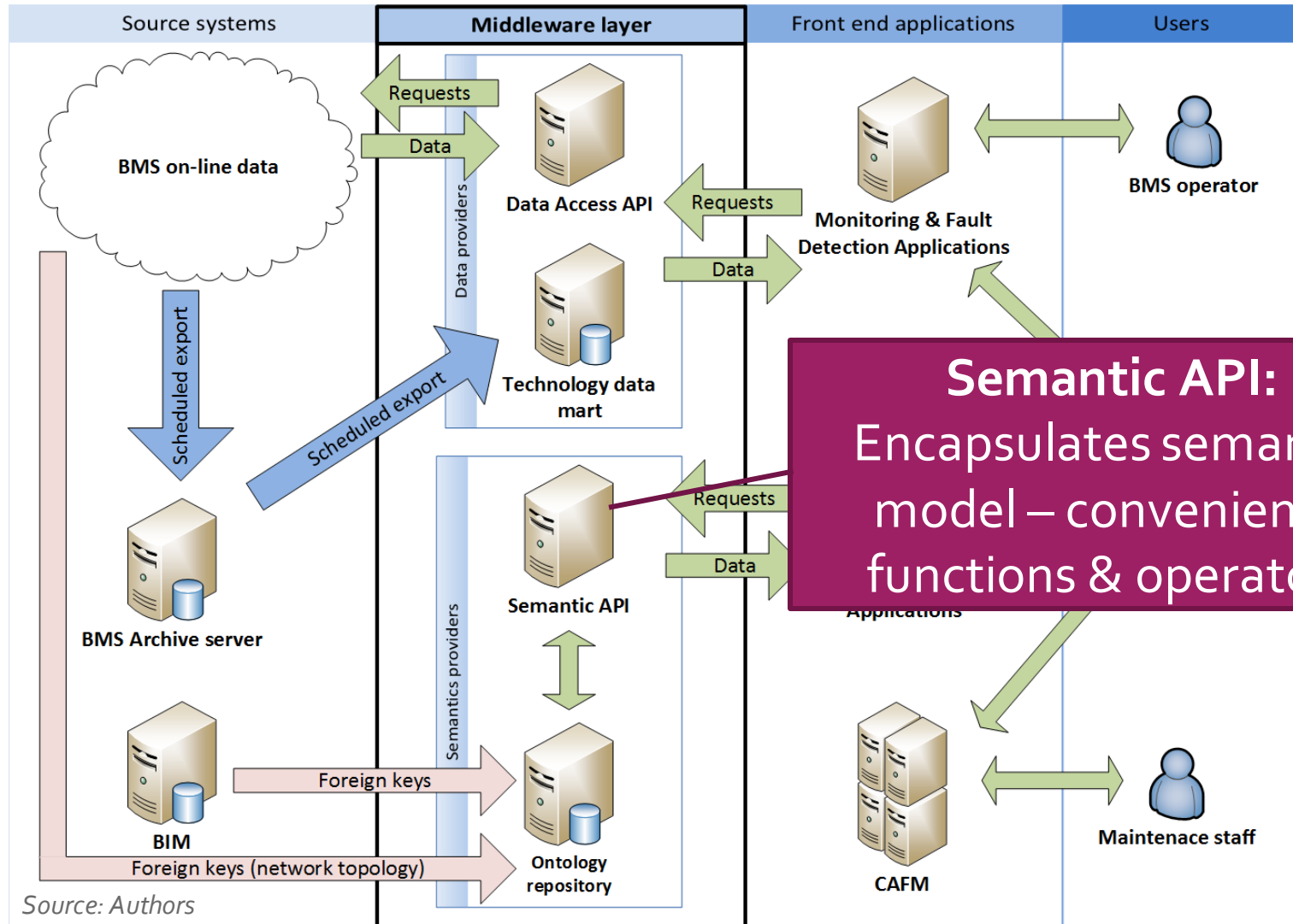
Aims & Methods – Middleware layer



Aims & Methods – Middleware layer



Aims & Methods – Middleware layer



Aims & Methods – Ontology

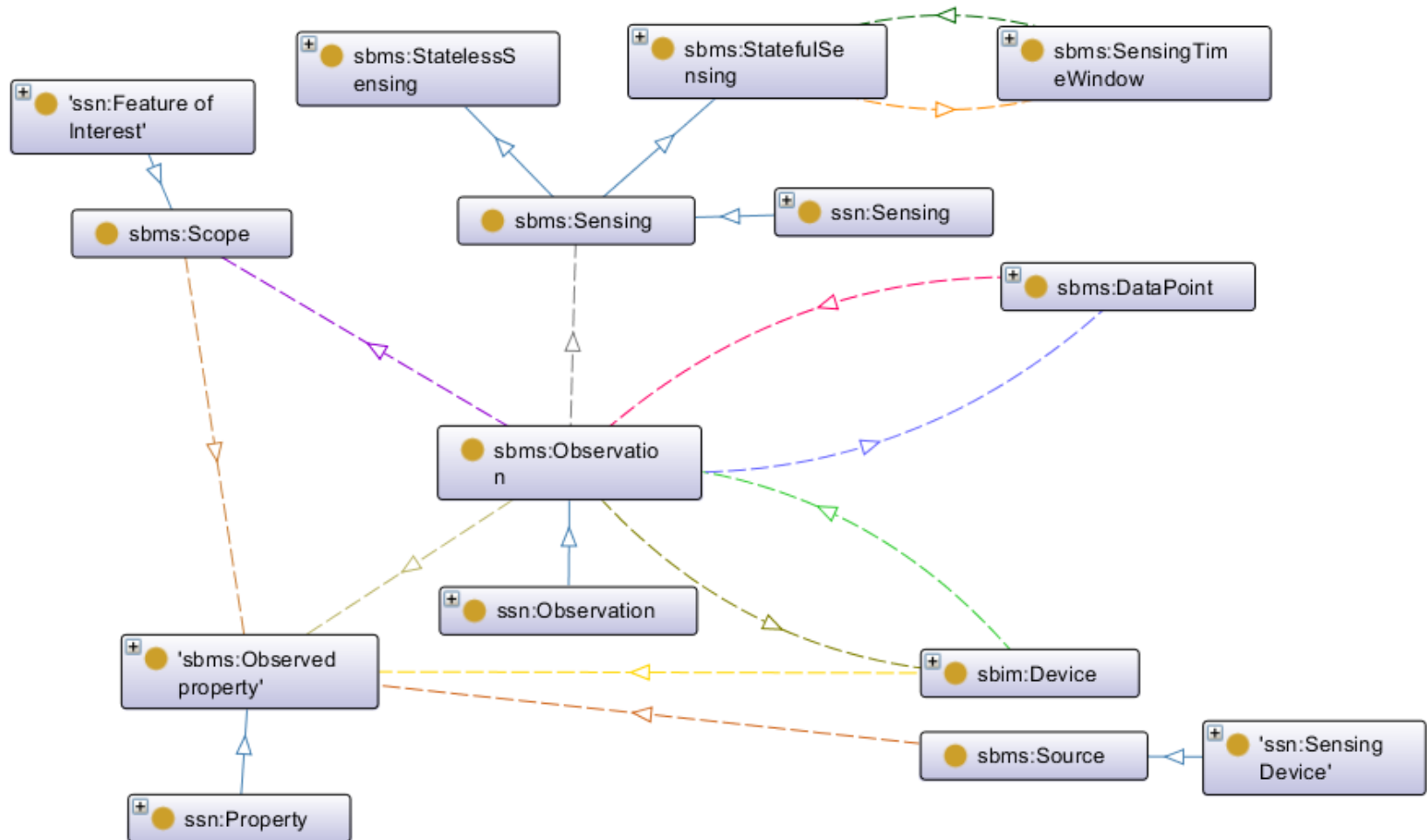
- New semantics of BMS data can be described by **Ontology language**
- **OWL** –Web Ontology Language (W₃C)
 - Designed for **Semantic web & Linked Data**
 - Based on **RDF** (Resource Definition Framework)
 - Can be queried using SPARQL language
 - „**Subject-Predicate-Object**“



Aims & Methods – Ontology

- Semantic Sensor Network ontology
 - Uses upper-level ontology (Dolce UltraLite)
 - **Stimulus-Sensor-Observation** Pattern
 - Adjustments/Extensions to SSN to meet domain specific requirements:
 - Representation of BIM elements
 - BMS Data points
 - Physical quantities (UCUM: <http://unitsofmeasure.org/trac/>)
 - Sensing methods
 - Device types (adapted from IFC 4)

Results – Ontology



Results – Ontology querying

- **Semantic query**
- Location: *Campus Bohunice; Building A11*
- Grouping: *Per floor*
- Measured property: *Air temperature*
- Source device: *Temperature sensor*
- Data type: *History*
- Query output: *BMS ID*

```
SELECT ?bmsId ?floorId
WHERE {
    ?trendlog sbms:trends ?dp.
    ?trendlog sbms:hasBMSId ?bmsId.
    ?dp sbms:expressesObservation ?o.
    ?o sbms:observedBy ?source.
    ?source a ?srcClass.
    FILTER (?srcClass = sbim:Sensor)
    ?o sbms:observedProperty ?prop.
    ?prop sbms:hasPhysicalQuality ?pq.
    FILTER (?pq = ucum:temperature).
    ?prop sbms:hasPropertyDomain ?pd.
    FILTER (?pd = sbms:Air).
    ?scope sbms:hasProperty ?prop.
    ?scope sbim:isRoomOf ?floor.
    ?floor sbim:hasBIMId ?floorId.
    FILTER STRSTARTS (?floorId, "BHA12").
}
```

Results – Ontology querying

- **Semantic query**
- Data type: *Input; Output; User defined value*
- Influenced property: *Air temperature*
- Scope: *Room 231 at building UCB-A11*
- Query output: *{Source device (with Location); BMS ID; Data type; Property}*

```
SELECT ?sourceId ?srcRoomId ?bmsId ?dpClass ?prop
WHERE {
  ?dp sbms:hasBMSId ?bmsId.
  ?dp a ?dpClass.
  ?dpClass rdfs:subClassOf sbms:DataPoint.
  FILTER (?dpClass = sbms:Input
    || ?dpClass = sbms:Output
    || ?dpClass = sbms:UserDefined).
  ?dp sbms:influences ?iproperty.
  ?iproperty sbms:hasPhysicalQuality ?pq.
  FILTER (?pq = ucum:temperature).
  ?iproperty sbms:hasPropertyDomain ?pd.
  FILTER (?pd = sbms:Air).
  ?scope sbms:hasProperty ?iproperty.
  ?scope sbim:hasBIMId ?scopeId.
  FILTER (?scopeId = "BHA12N02031").
  ?dp sbms:expressesObservation ?o.
  ?o sbms:observedBy ?source.
  ?o sbms:observedProperty ?prop.
  ?source sbim:hasInstallationInRoom ?srcRoom.
  ?source sbim:hasBIMId ?sourceId.
  ?srcRoom sbim:hasBIMId ?srcRoomId.
}
```

Results – Semantic API & Client

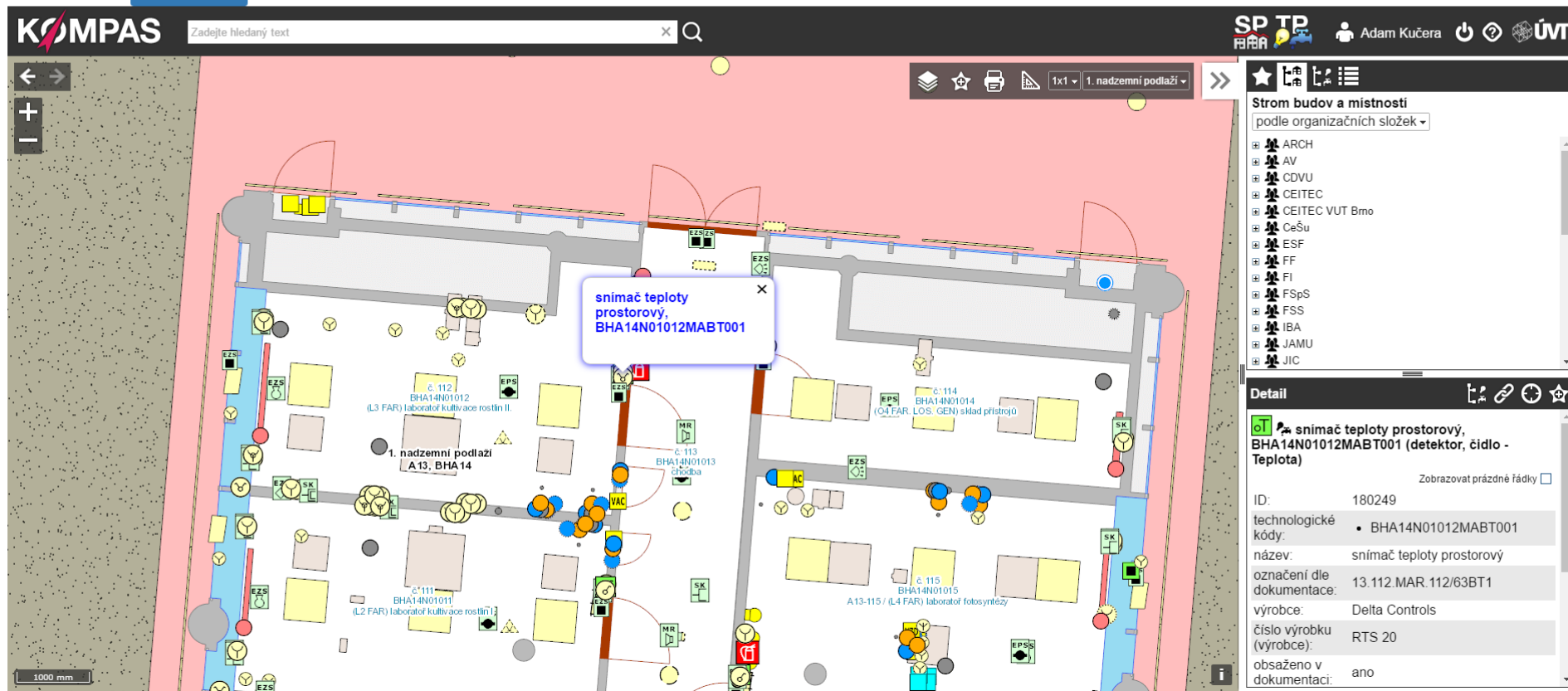
Sémantický BMS Dotaz Upravit SPARQL

Cs ▾

A14_AI_T_Mistnost_112

Adresa v BMS	Typ objektu	Zdrojové zařízení	Typ zdroj. zařízení	Poloha zdroje	Předmět zájmu (PZ)	Typ PZ	Poloha PZ	Typ měření	Období měření	Médium/Prostředí	Veličina	Publikující zařízení
11304.AI3	Vstup	BHA14N01012MABT001	Teplotní čidlo	BHA14N01012	BHA14N01012	Místnost		Přímé měření		Vzduch	Teplota	BHA14N01013MAKB001

Zobrazit na mapě: Zdrojové zařízení Poloha zdroje Předmět zájmu (PZ) Publikující zařízení



Results – Semantic API & Client

Sémantický BMS Dotaz Upravit SPARQL Cs admin

Datové body Historická data Vztahy – Ovlivňující Vztahy – Ovlivňované

Filtrování dat

Výsledky musí odpovídat následujícím parametrům:

Adresa v BMS		Typ objektu	
Zdrojové zařízení		Typ zdroj. zařízení	
Poloha zdroje		Předmět zájmu (PZ)	BHA14N01012
Typ PZ		Poloha PZ	
Typ měření		Období měření	Nic není vybráno
Médium/Prostředí	Nic není vybráno	Veličina	temperature
Publikující zařízení		Ovlivňovaný PZ	
Ovlivňovaná veličina	Nic není vybráno	Ovlivňované Médium/Prostředí	Nic není vybráno

Výběr atributů

Výsledek bude o každém datovém bodu obsahovat následující informace:

☒ Adresa v BMS	☒ Typ objektu
☒ Zdrojové zařízení	☒ Typ zdroj. zařízení
☒ Poloha zdroje	☒ Předmět zájmu (PZ)
☒ Typ PZ	☒ Poloha PZ
☒ Typ měření	☒ Období měření
☒ Médium/Prostředí	☒ Veličina
☒ Publikující zařízení	

Sdružování výsledků

Výsledky budou rozčleněny do skupin na základě následujících kritérií:

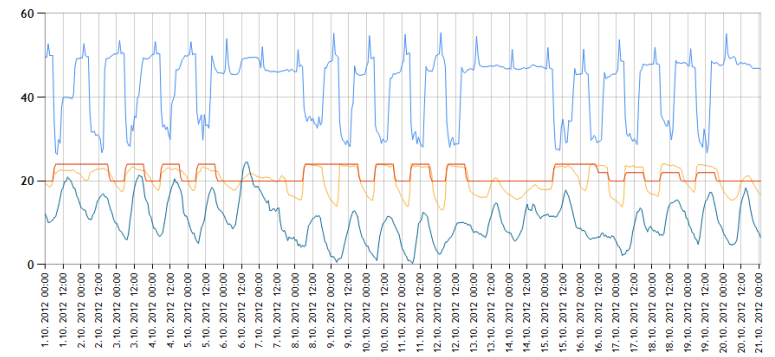
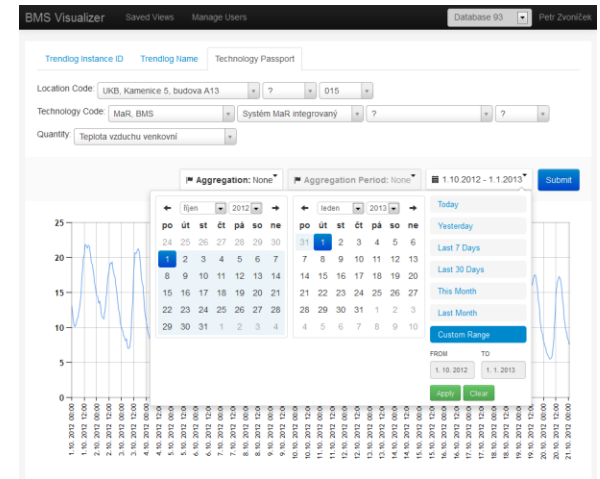
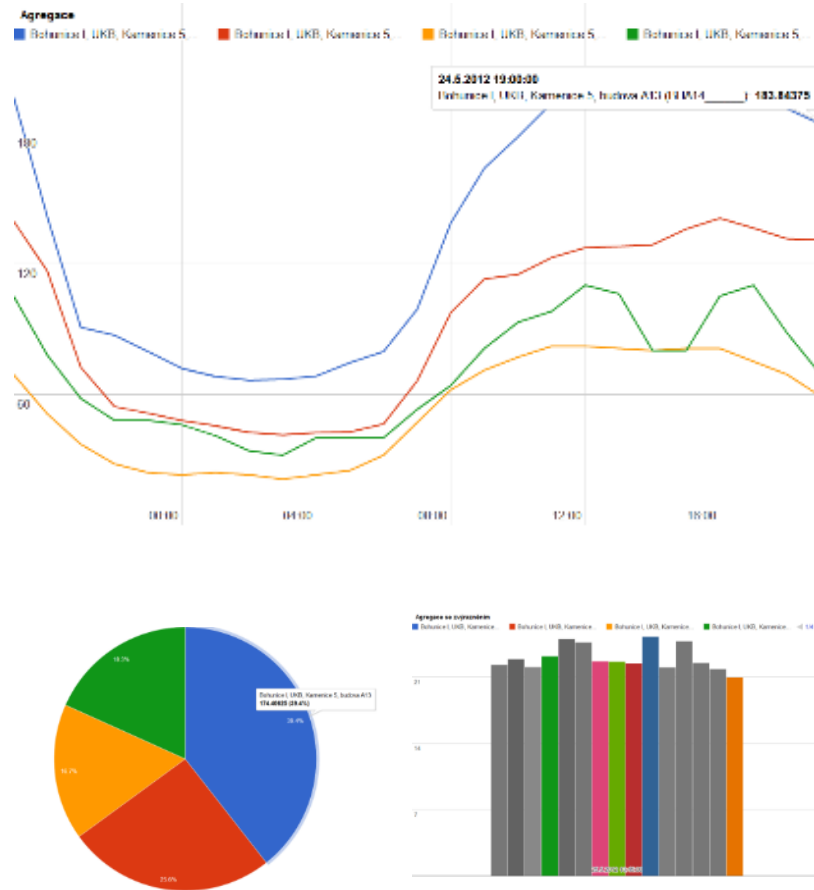
☐ Žádné	☐ Typ PZ
☐ Místost (PZ)	☐ Podlaží (PZ)
☐ Budova (PZ)	☐ Areál (PZ)
☐ Typ zdroj. zařízení	☐ Místnost (zdroj)
☐ Podlaží (zdroj)	☐ Budova (zdroj)
☐ Areál (zdroj)	☐ Typ objektu (senzor)

Výsledky

Tabulka JSON

Skupina	Adresa v BMS	Typ objektu	Zdrojové zařízení	Typ zdroj. zařízení	Poloha zdroje	Předmět zájmu (PZ)	Typ PZ	Poloha PZ	Typ měření	Období měření	Médium/Prostředí	Veličina	Publikující zařízení
Žádné													
	11304.AI3	Vstup	BHA14N01012MABT001	Teplotní čidlo	BHA14N01012	BHA14N01012	Místnost		Přímé měření		Vzduch	Teplota	BHA14N01013MAKB001

Results – End-user Applications



Source: Authors, Petr Zvoníček, FI MU

Summary & Conclusion

- **Area:** Building operation analysis using data from automation systems
- **Aims:**
 - Provide new semantics to BMS data
 - Simplify development of analytical tools
- **Method:** Middleware layer
 - Semantic information – Integrating BMS and BIM
 - Data access
- **Evaluation:** Implementation of benchmarks defined in *EN 15 221: Facility Management*