

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



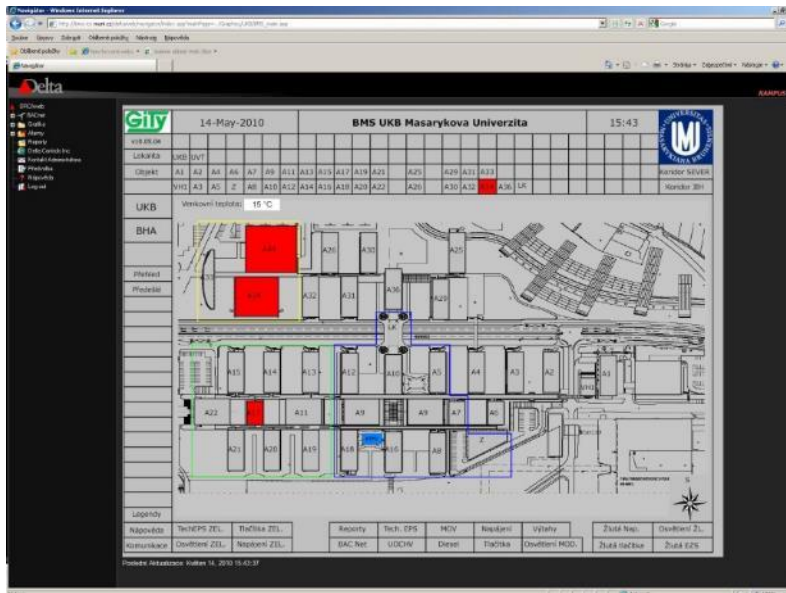
Motivation – Use case

- **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

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

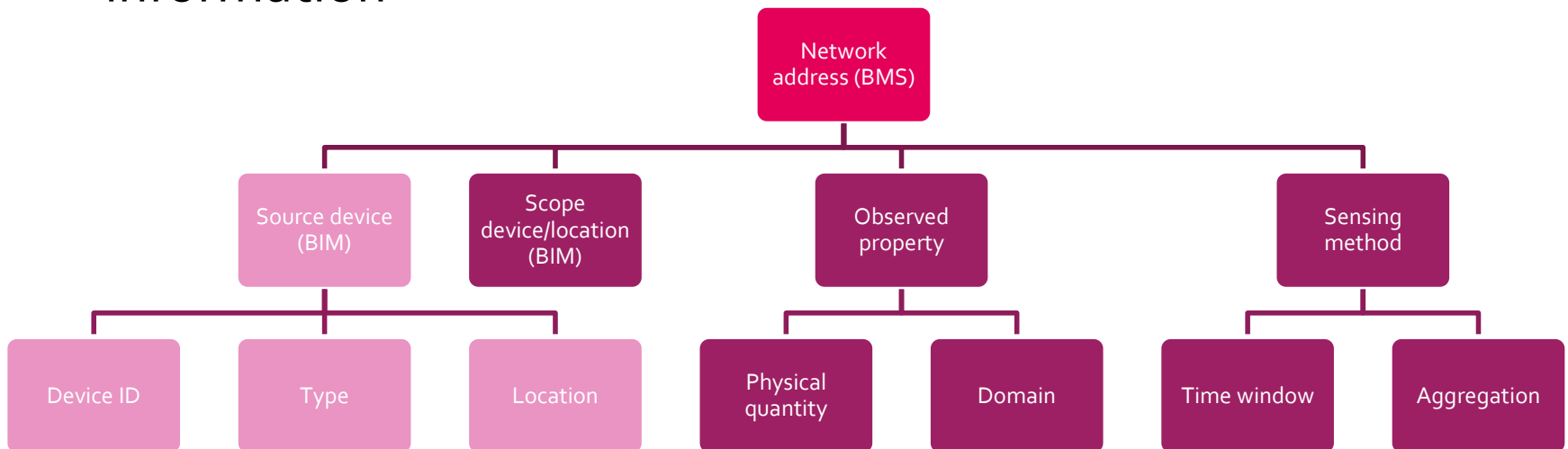
- Data **access** (automation protocols, OLTP)
- Data **selection**, grouping & aggregation
- Analytical **methods**
- User **interface**

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}*

3. Data query

Data points: *Semantic result data*

Aggregate: *- (present value)*

2. Semantic result

{ Pump in UCB-A11-1S05, 10200.AO1, Output, Pump mode (on/off) }

{ Temperature sensor in UCB-A11-1S05, 10200.AI5, Input, Water temperature }

{ Application controller in UCB-A11-1S07, 10000.AV4,
User defined value, Setpoint temperature }

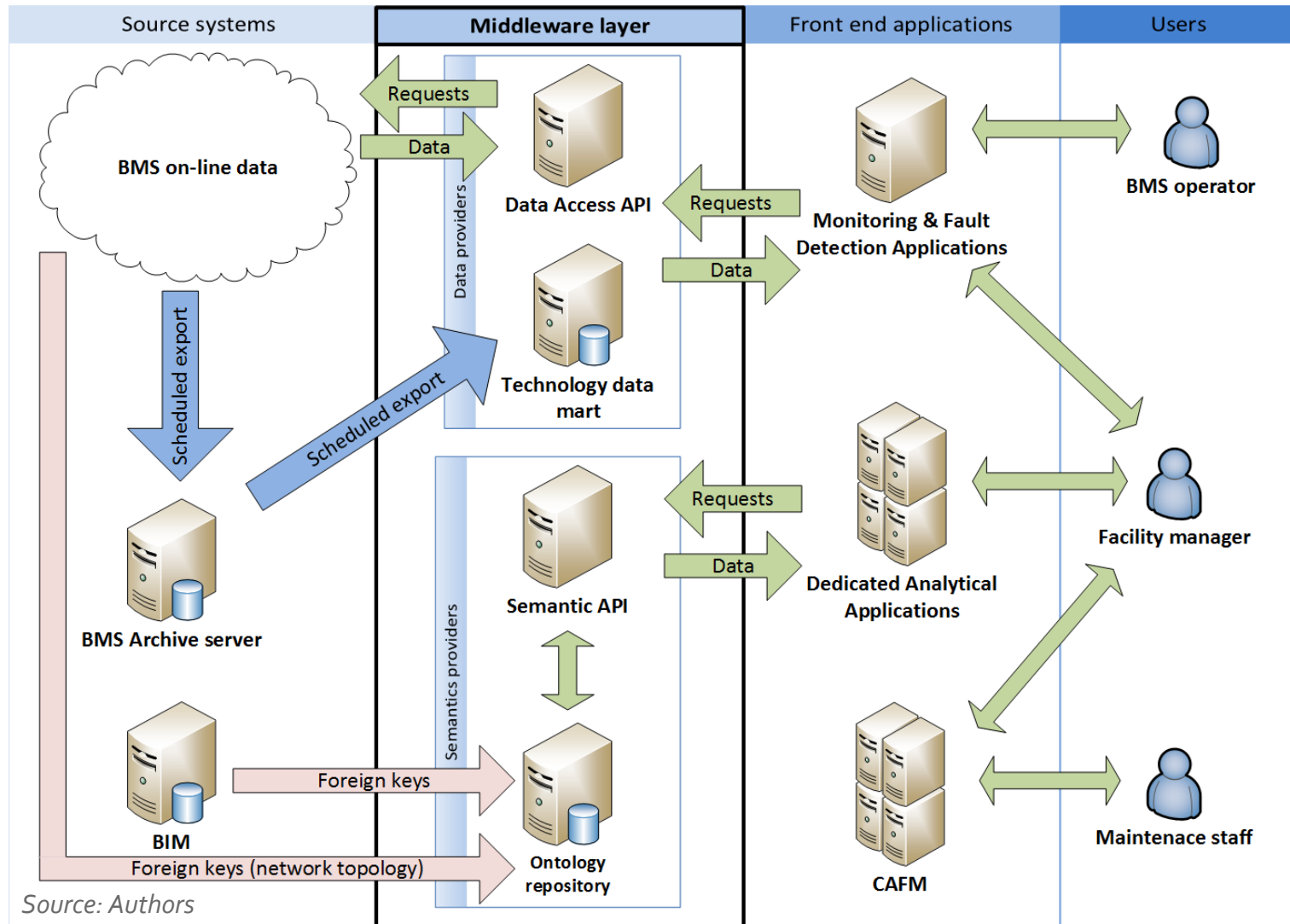
4. Data result

{ Pump in UCB-A11-1S05; ON }

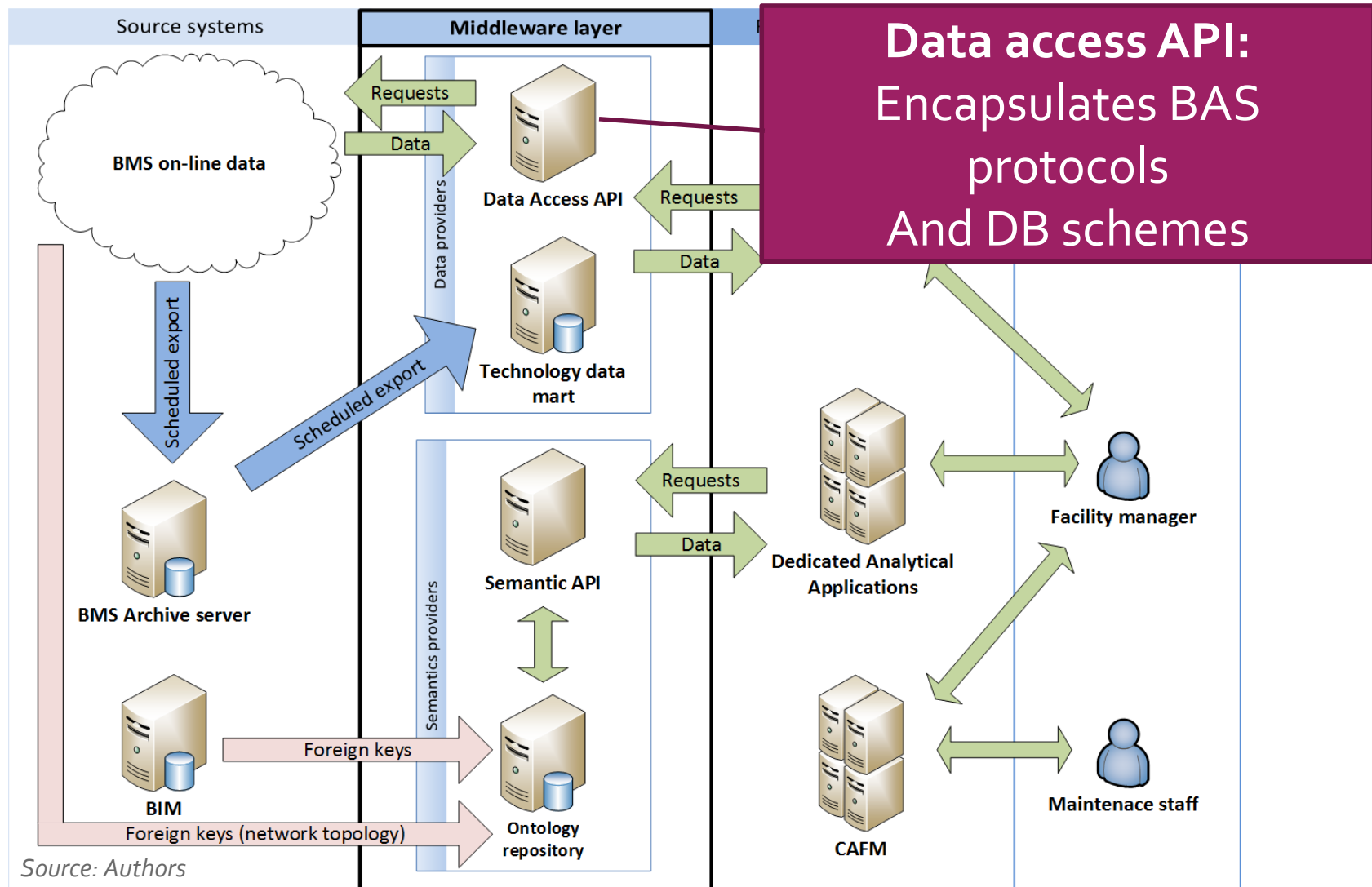
{ TS in UCB-A11-1S05, 76,5 °C }

{ AC in UCB-A11-1S07, 22 °C }

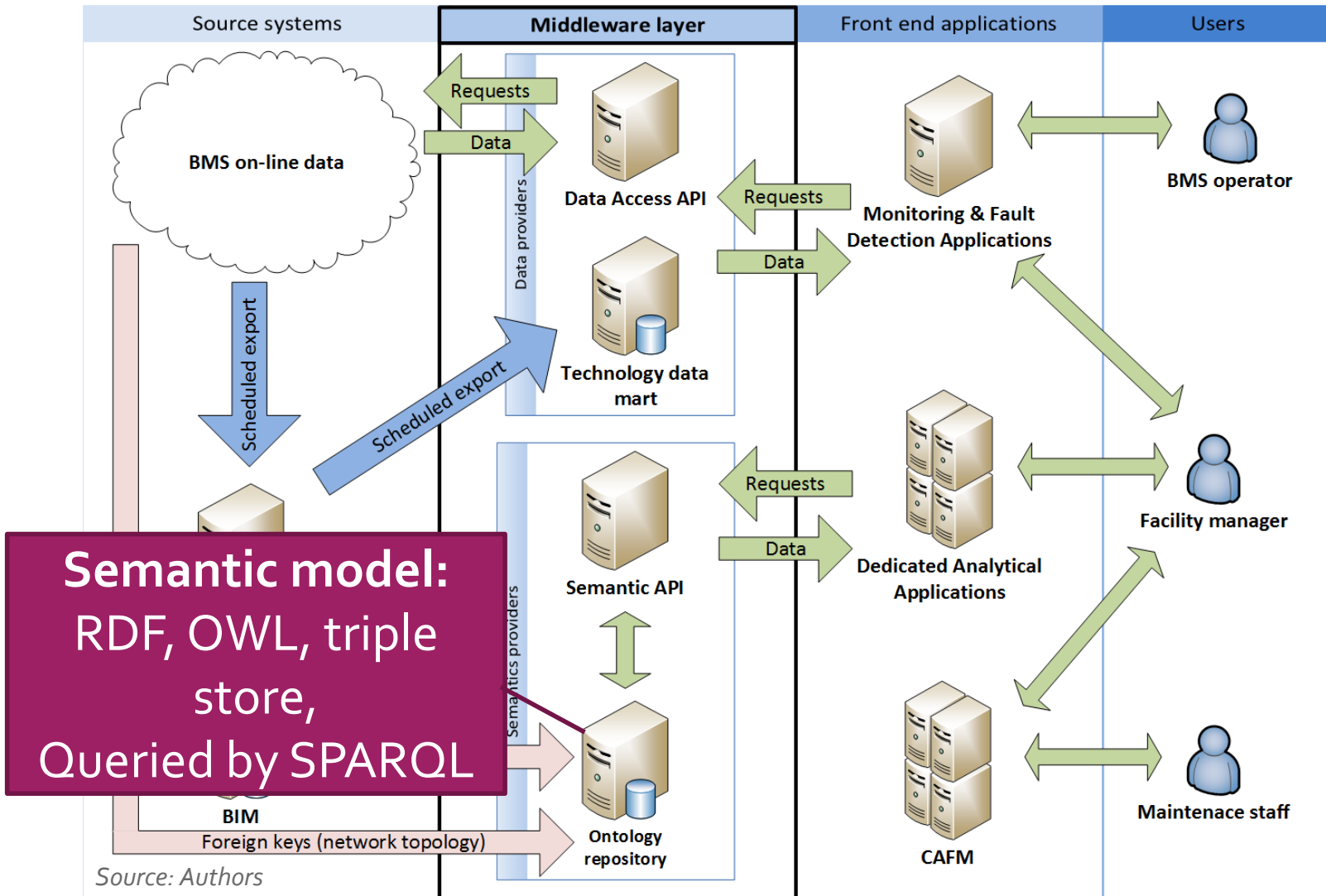
Aims & Methods – Middleware layer



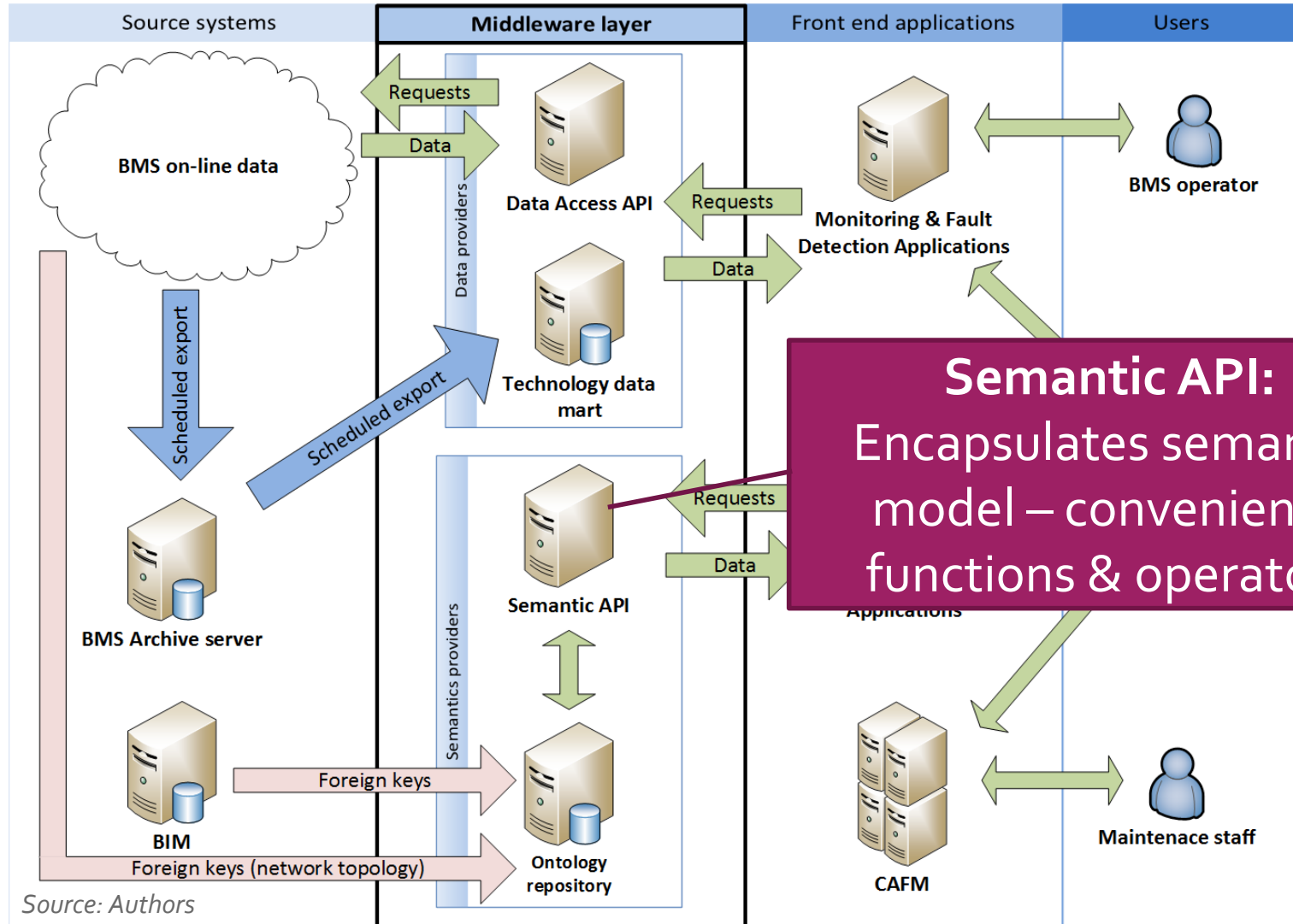
Aims & Methods – Middleware layer



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 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](#)

SP TP
FA RA

Adam Kučera

← →

+
−

1x1 ▾ 1. nadzemní podlaží ▾

Strom budov a místností
podle organizačních složek ▾

- ARCH
- AV
- CDVU
- CEITEC
- CEITEC VUT Brno
- CeŠu
- ESF
- FF
- FI
- FspS
- FSS
- IBA
- JAMU
- JIC

Detail

snimač teploty prostorový, BHA14N01012MABT001 (detektor, číslo - Teplota)

Zobrazovat prázdné řádky

ID: 180249

technologické kódy: • BHA14N01012MABT001

název: snimač teploty prostorový

označení dle dokumentace: 13.112.MAR.112/63BT1

výrobce: Delta Controls

číslo výrobku (výrobce): RTS 20

obsaženo v dokumentaci: ano

Results – Semantic API & Client

Filtrování dat

Výsledky musí odpovídat následujícím parametrům:

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

Výběr atributů

Výsledek bude o každém datovém bodu obsahovat následující informace:

<input checked="" type="checkbox"/> Adresa v BMS	<input checked="" type="checkbox"/> Typ objektu
<input checked="" type="checkbox"/> Zdrojové zařízení	<input checked="" type="checkbox"/> Typ zdroj. zařízení
<input checked="" type="checkbox"/> Poloha zdroje	<input checked="" type="checkbox"/> Předmět zájmu (PZ)
<input checked="" type="checkbox"/> Typ PZ	<input checked="" type="checkbox"/> Poloha PZ
<input checked="" type="checkbox"/> Typ měření	<input checked="" type="checkbox"/> Období měření
<input checked="" type="checkbox"/> Médium/Prostředí	<input checked="" type="checkbox"/> Veličina
<input checked="" type="checkbox"/> Publikující zařízení	

Sdružování výsledků

Výsledky buou rozčleněny do skupin na základě následujících kritérií:

<input type="radio"/> Žádné	<input type="radio"/> Typ PZ
<input type="radio"/> Místost (PZ)	<input type="radio"/> Podlaží (PZ)
<input type="radio"/> Budova (PZ)	<input type="radio"/> Areál (PZ)
<input type="radio"/> Typ zdroj. zařízení	<input type="radio"/> Místnost (zdroj)
<input type="radio"/> Podlaží (zdroj)	<input type="radio"/> Budova (zdroj)
<input type="radio"/> Areál (zdroj)	<input type="radio"/> Typ objektu (senzor)

Výsledky

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

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*