

SEMANTIC BMS: SEMANTICS-DRIVEN MIDDLEWARE LAYER FOR ANALYSIS OF BUILDING AUTOMATION SYSTEMS DATA

Adam Kučera, Tomáš Pitner

LAB OF SOFTWARE ARCHITECTURES
AND INFORMATION SYSTEMS

FACULTY OF INFORMATICS
MASARYK UNIVERSITY



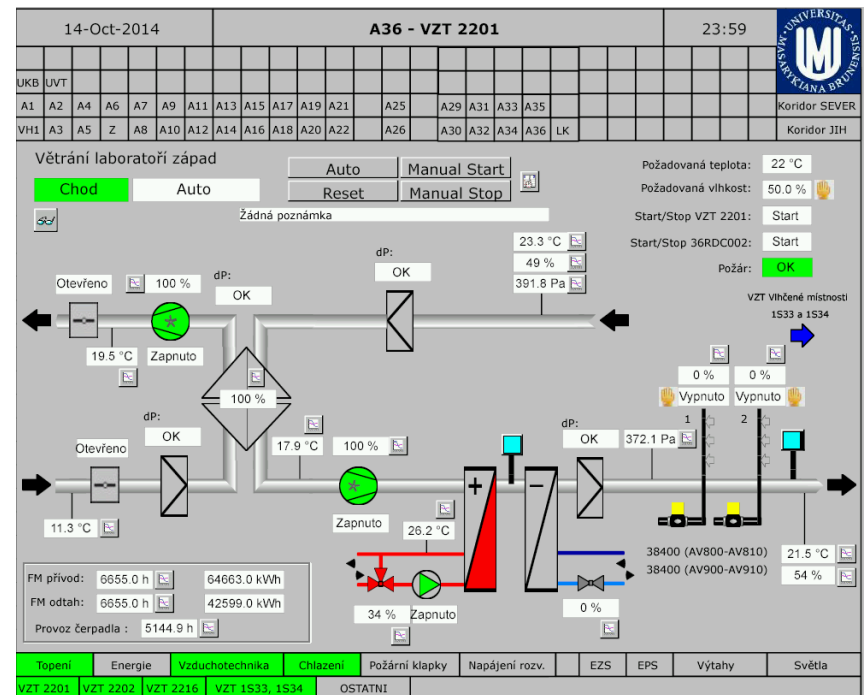
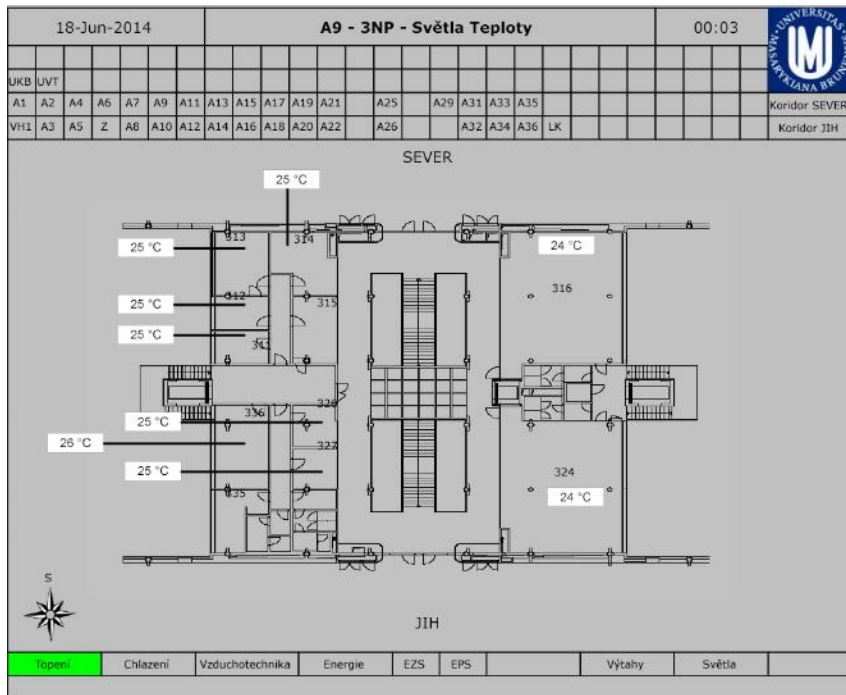
Motivation – Use case

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



Source: muni.cz

Motivation – BAS Capabilities



Source: OFM SUKB MU

Motivation – Analytical capabilities

BAS

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?

Aims – Query example

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. Recorded data query

Data points: *Semantic result data*

Aggregate: *temporal AVG*

Period: *2017/06/01 – 2017/07/01*

Aggregation Window: *1 day*



4. Data result

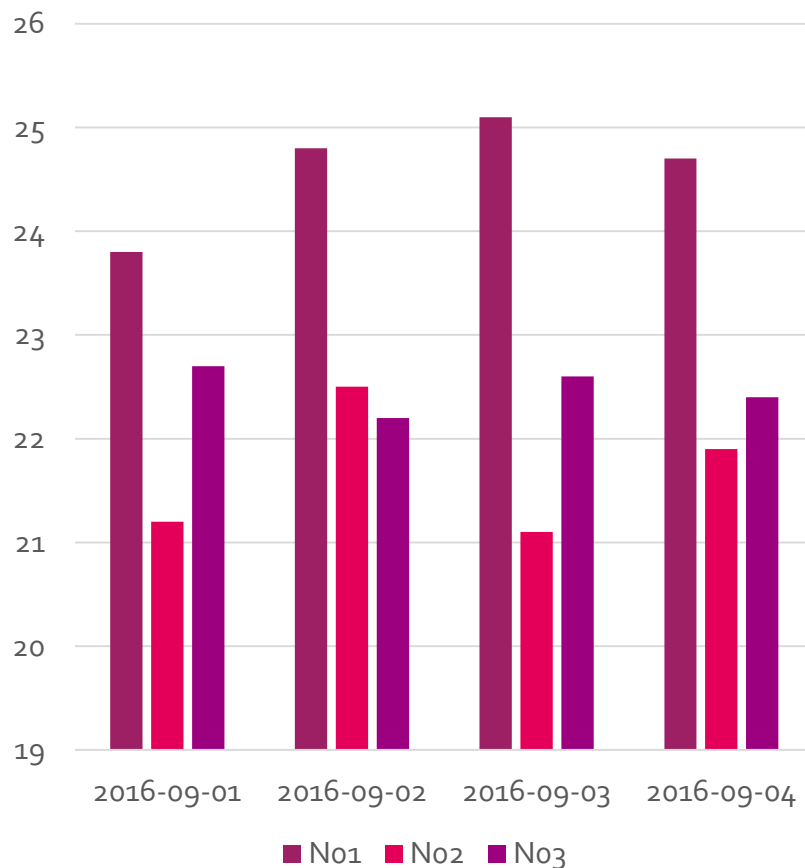
No1: { {2017-06-01, 23.8}, {2017-06-02, 24.8},
{2017-06-03, 25.1}, {2017-06-04, 24.7}, ... }

No2: { ... }

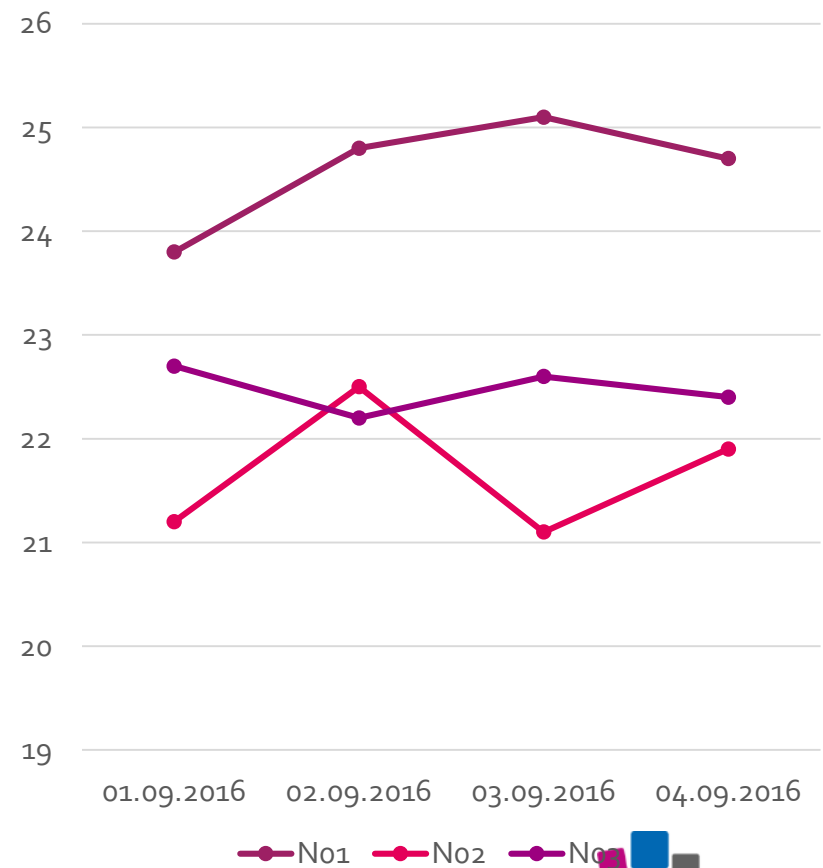
No3: { ... }

Aims – Query examples

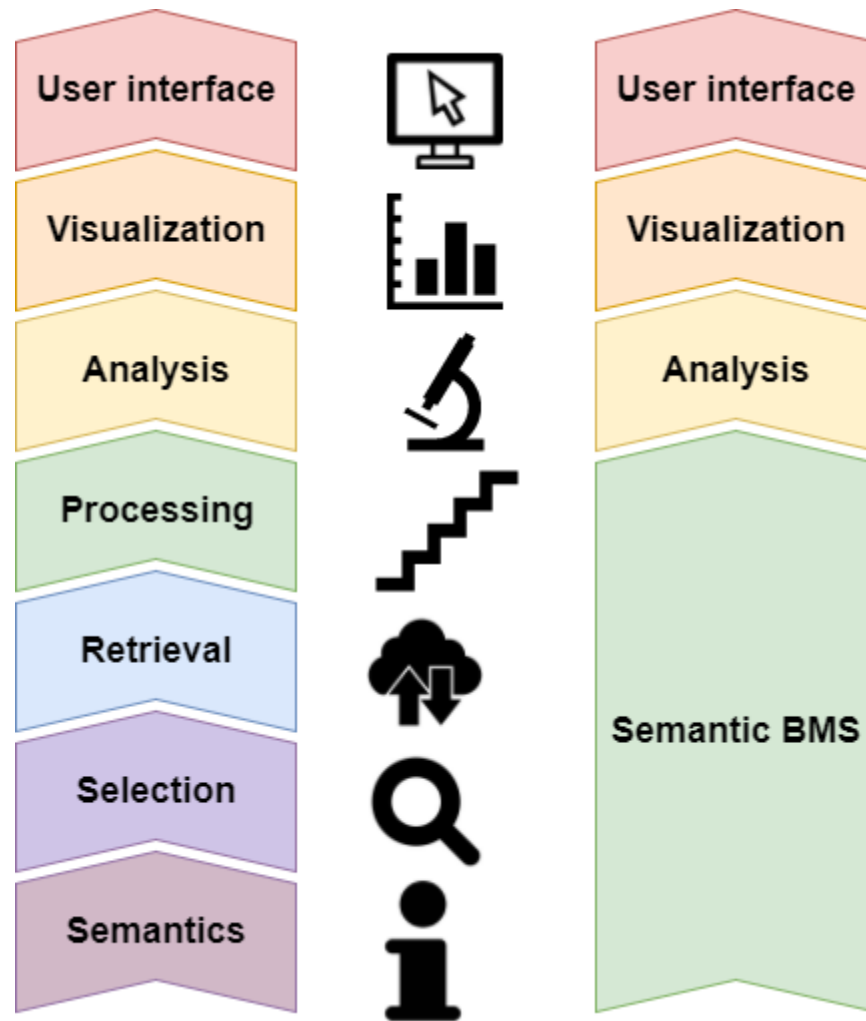
Room temperatures



Room temperatures

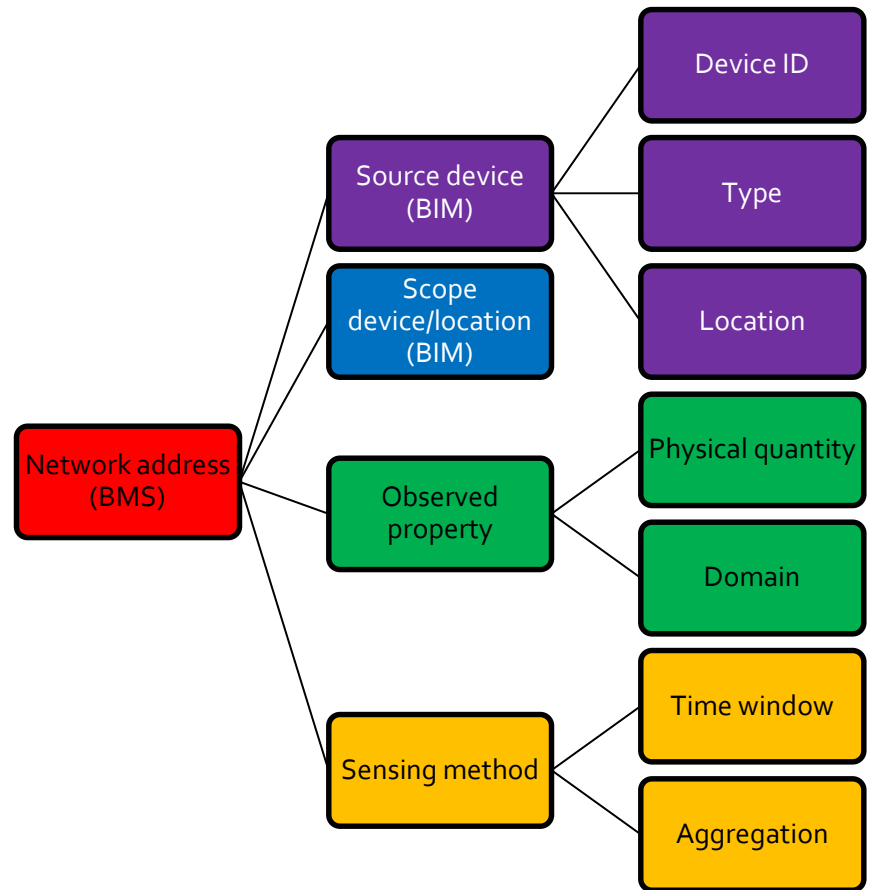


Problem – Complexity of applications



Problem – Missing semantics

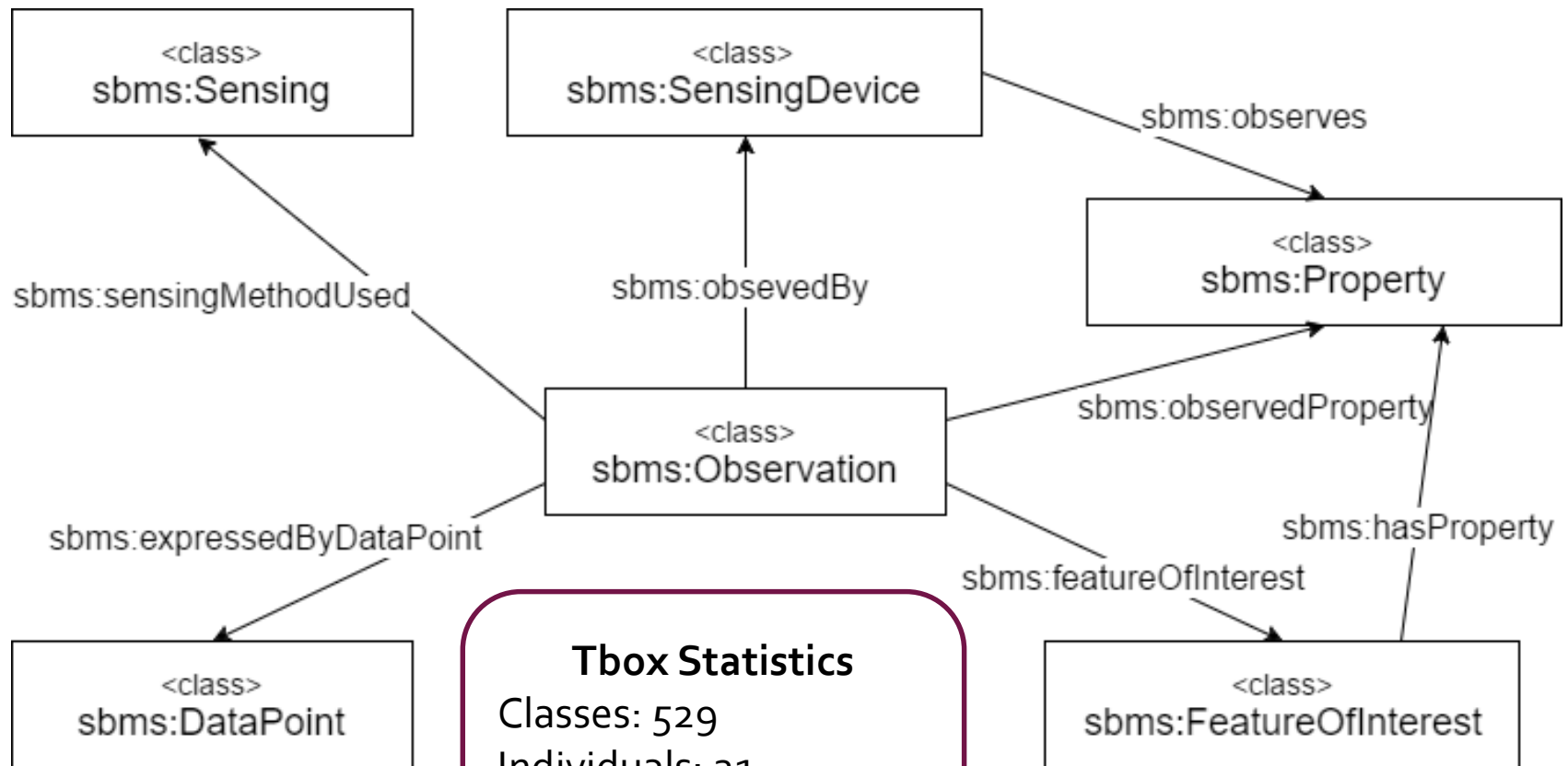
- **Traditional BMS:**
 - Identification by a network address
- **Semantic BMS:**
 - Links to the physical environment
 - Relates **BAS** and **BIM** (Building Information Model)



Proposal – Semantic BMS Ontology

- Based on Semantic Sensor Network ontology
 - Observations & Measurements translated to OWL
- Adjustments/Extensions to SSN to meet domain specific requirements:
 - Representation of facility elements (BIM data)
 - BAS Data points
 - Physical quantities (UCUM: <http://unitsofmeasure.org/trac/>)
 - Sensing methods
 - Device types (adapted from IFC 4)

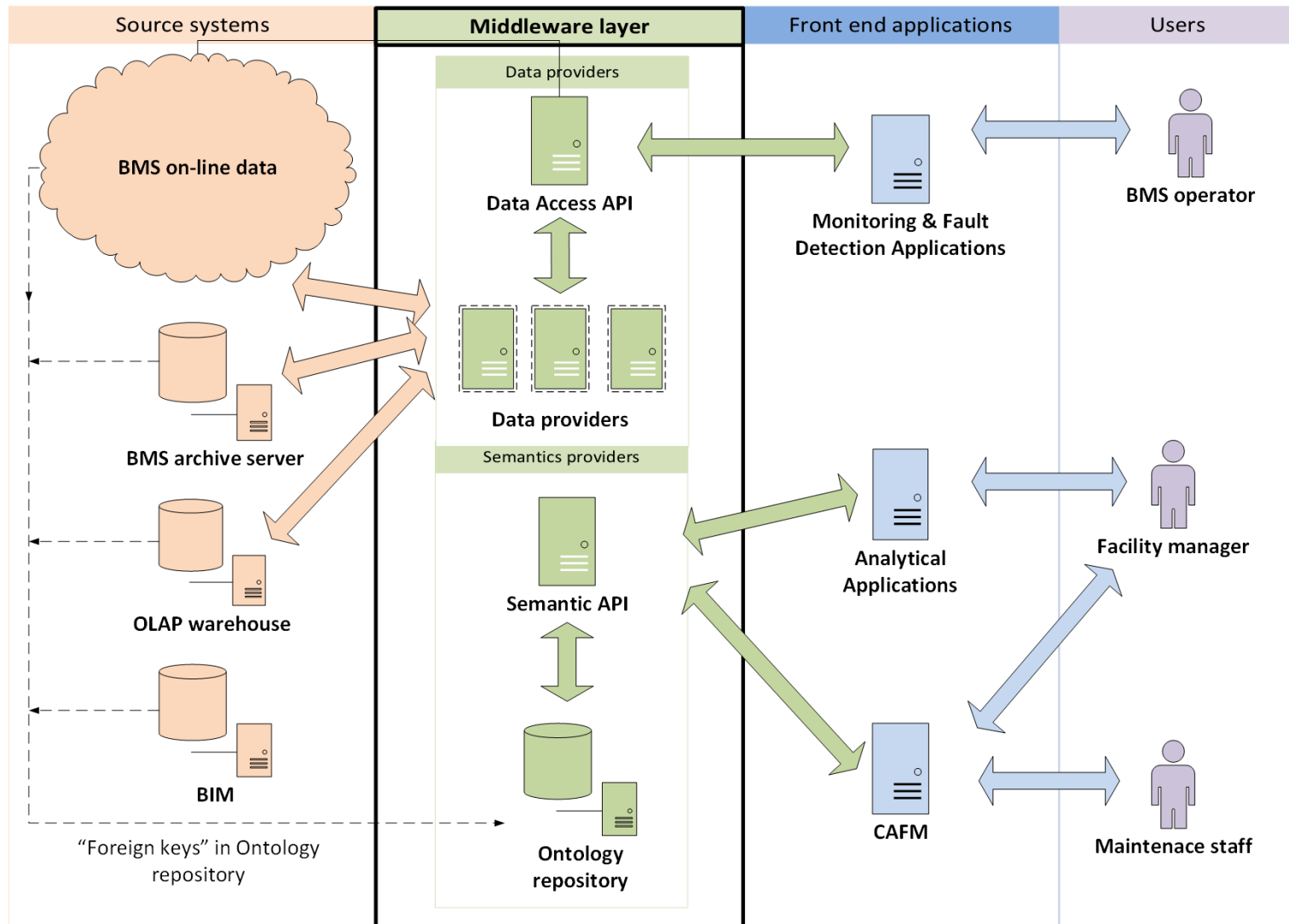
Proposal – Semantic BMS Ontology



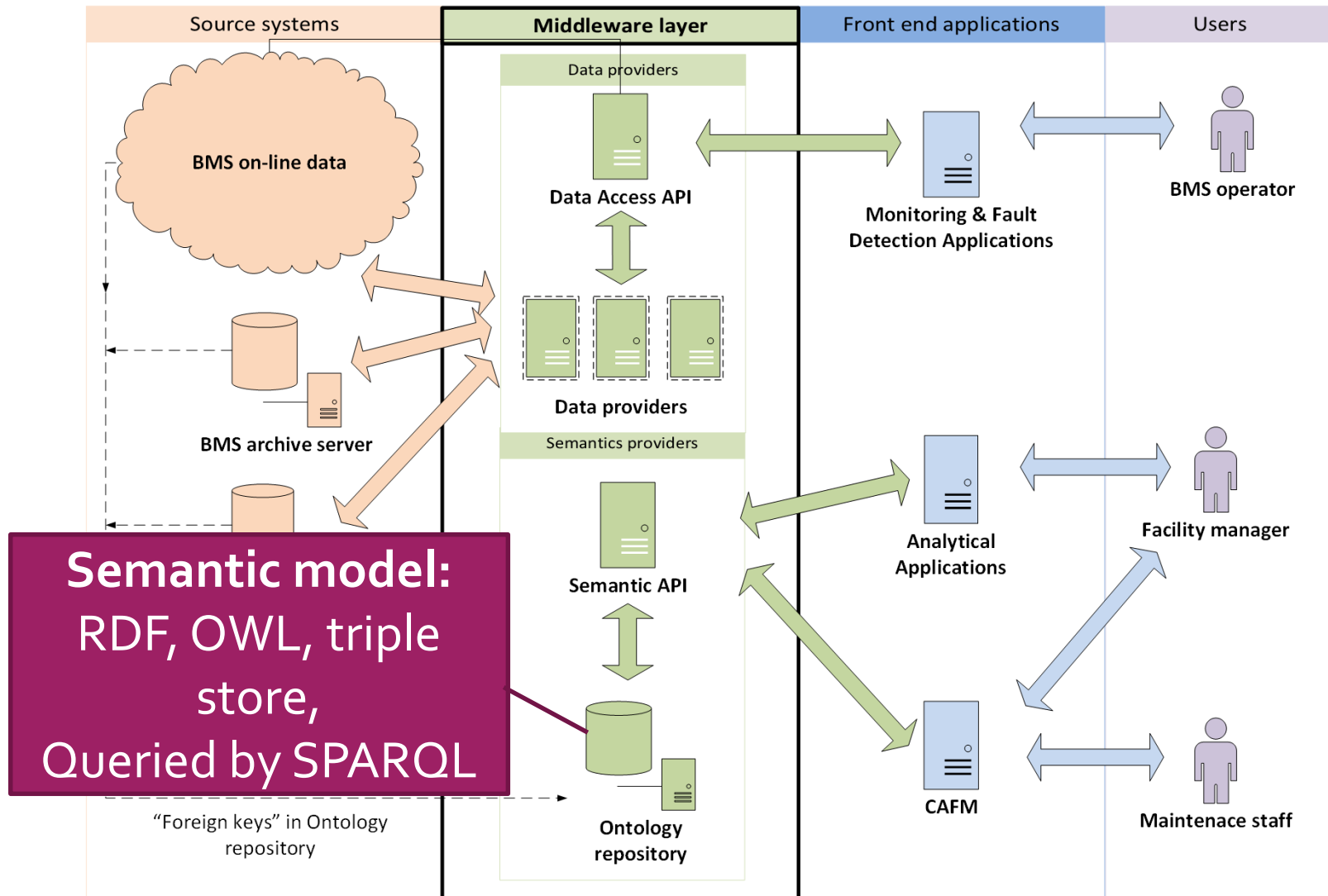
Tbox Statistics

Classes: 529
Individuals: 21
Properties: 53
Asserted axioms: 1296

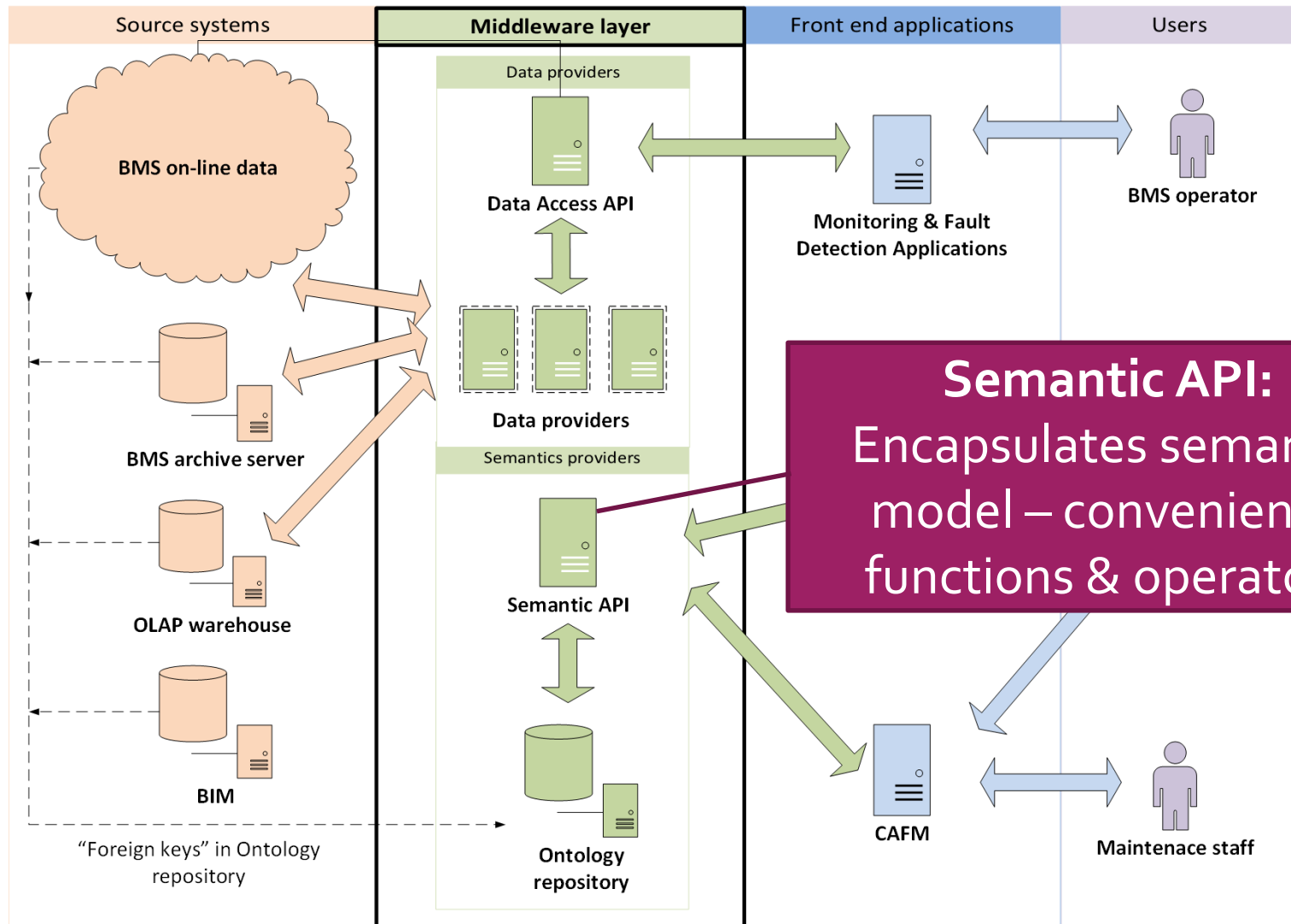
Proposal – Middleware layer



Proposal – Middleware layer



Proposal – Middleware layer



Proposal – Query using SPARQL

- Location: *Site 02 - Building 03*
- Grouping: *Per floor*
- Measured property: *Air temperature*
- Source device: *Temperature sensor*
- Value type: *History*
- Query output: *BMS ID*

```

SELECT  ?trendbmsId ?group
WHERE
{ ?datapoint  sbms:hasBMSId  ?bmsId ;
    sbms:expressesObservation  ?obs .
  ?obs      sbms:observedBy  ?source ;
    sbms:featureOfInterest  ?scope .
  ?scope    sbim:isPartOf  ?scopeLocR .
  ?scopeLocR  sbim:hasBIMId  "S02B03" .
  ?obs      sbms:observedProperty  ?property .
  ?property  sbms:hasPhysicalQuality  ucum:temperature ;
    sbms:hasPropertyDomain  sbms:Air .
  ?scope    sbim:isPartOf  ?groupR .
  ?groupR   sbim:hasBIMId  ?group ;
    a  sbim:Floor .
  ?source   a  sbim:TemperatureSensor .
  ?trend    sbms:trends  ?datapoint ;
    sbms:hasBMSId  ?trendbmsId
}

```



```

{
  "head": {
    "vars": [ "trendbmsId" , "group" ]
  } ,
  "results": {
    "bindings": [
      {
        "trendbmsId": {
          "type": "literal" ,
          "value": "bactrend://02030101.TL1" } ,
        "group": {
          "type": "literal" ,
          "value": "S02B03F01" }
      } ,
      {
        "trendbmsId": {
          "type": "literal" ,
          "value": "historian://TL857" } ,
        "group": {
          "type": "literal" ,
          "value": "S02B03F01" }
      } ,
      ...
    ]
  }
}

```

Proposal – Query using Semantic API

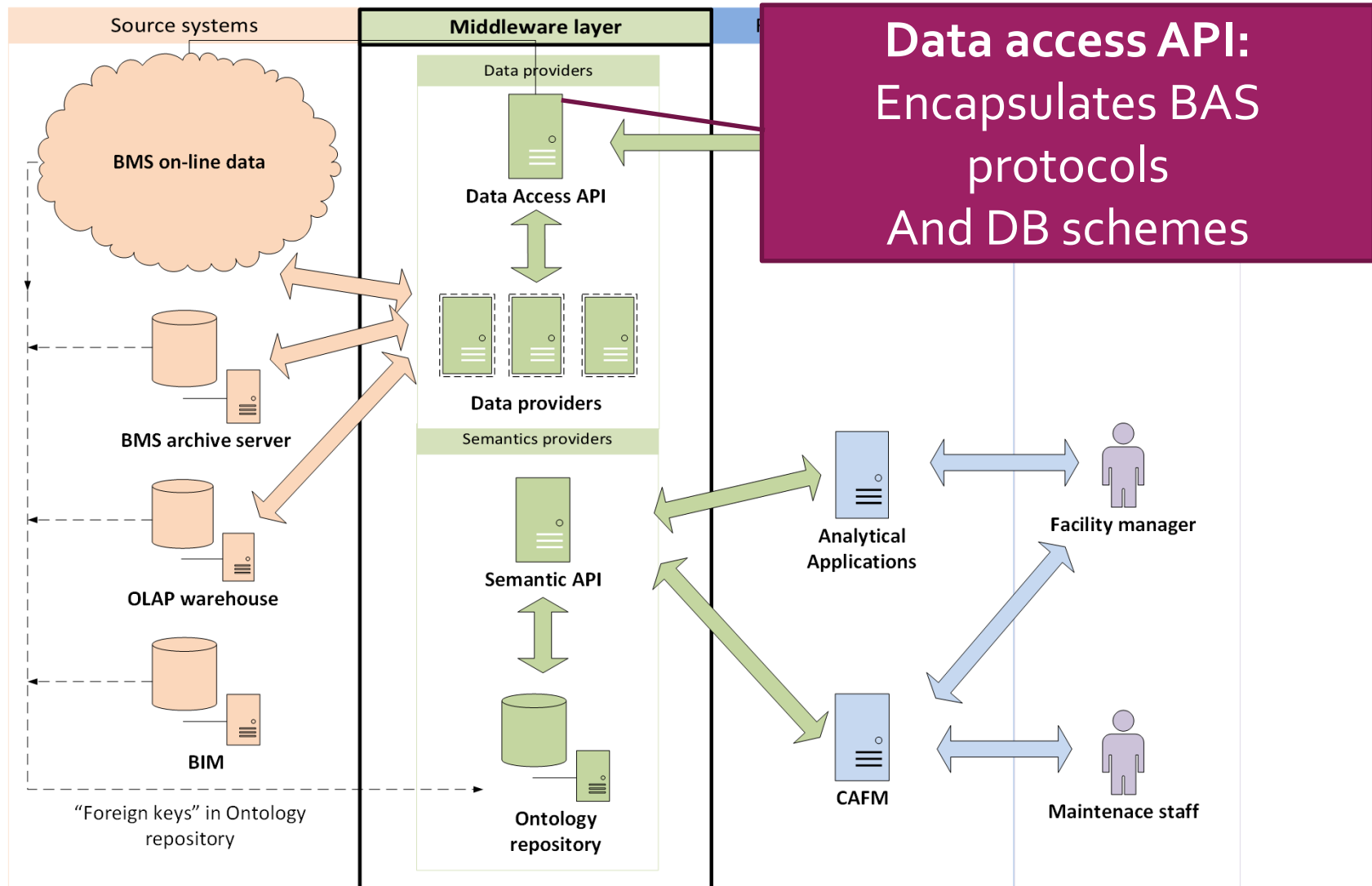
- Location: *Site 02 - Building 03*
- Grouping: *Per floor*
- Measured property: *Air temperature*
- Source device: *Temperature sensor*
- Value type: *History*
- Query output: *BMS ID*

```
GET http://.../sbms/semantics/trends/  
?fields=bmsId  
&grouping=scope.floor  
&dataPoint.source.type=TemperatureSensor  
&dataPoint.scope.location=S02B03  
&dataPoint.property.domain=Air  
&dataPoint.property.quality=temperature
```



```
{  
  "groups": [  
    "S02B03F01",  
    "S02B03F02",  
    "S02B03F03"  
  ],  
  "results": {  
    "S02B03F01": [  
      {  
        "bmsId": "bactrend://02030101.TL1",  
        "dataPoint": {  
          "bmsId": "bacnet://02030101.AI1"  
        }  
      },  
      {  
        "bmsId": "historian://TL857",  
        "dataPoint": {  
          "bmsId": "bacnet://02030101.AI1"  
        }  
      },  
      ...  
    ]  
  }  
}
```

Proposal – Middleware layer



Proposal – Query using Data Access API

Address specification: *Semantic result data*
 Aggregation function: *temporal AVG*

Time period: *2016/06/01 – 2017/07/01*
 Aggregation Window: *1 day*

```
POST https://.../sbms/data/trends/seriesOfAggregates
?aggregation=temporalAvg
&start=2017-06-01
&end=2017-07-01
&window=0 0 0 * * ?
Request body:
{
  "groups": [
    "S02B03F01",
    "S02B03F02",
    "S02B03F03"
  ],
  "results": {
    "S02B03F01": [
      {
        "bmsId": "bactrend://02030101.TL1",
        "dataPoint": {
          "bmsId": "bacnet://02030101.AI1"
        }
      }
    ],
    ...
  },
  ...
}
```

CRON expression



```
{
  "results": {
    "S02B03F01": {
      "2017-06-01" : 23.8,
      "2017-06-02" : 24.8,
      "2017-06-03" : 25.1,
      "2017-06-04" : 24.7,
      "2017-06-05" : 25.5,
      "2017-06-06" : 23.2,
      ...
    },
    "S02B03F02" : {
      "2017-06-01" : 21.7,
      "2017-06-02" : 23.8,
      "2017-06-03" : 22.3,
      "2017-06-04" : 23.5,
      "2017-06-05" : 24.0,
      "2017-06-06" : 22.4,
      ...
    },
    ...
  },
  ...
}
```

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:

☐ Vyrat vše ☐ Odebrat vše

- | | |
|--|---|
| ☒ 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

Odeslat dotaz **Hotovo**

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 – 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

KOMPAS

Zadejte hledaný text

SP TP FARA

Adam Kučera

ÚV

Strom budov a místností

podle organizačních složek ▾

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

Detail

snímač teploty prostorový, BHA14N01012MABT001 (detektor, čísla - Teplota)

Zobrazovat prázdné řádky ☐

ID:

180249

technologické kódy:

BHA14N01012MABT001

název:

snímač teploty prostorový

označení dle dokumentace:

13.112.MAR.112/63BT1

výrobce:

Delta Controls

číslo výrobku (výrobce):

RTS 20

obsaženo v dokumentaci:

ano

Employed technologies

Programming language

Java



RESTful server

Jersey



Servlet container

Apache Tomcat



Ontology handling

Apache Jena



BAS (BACnet) access

bacnet4j

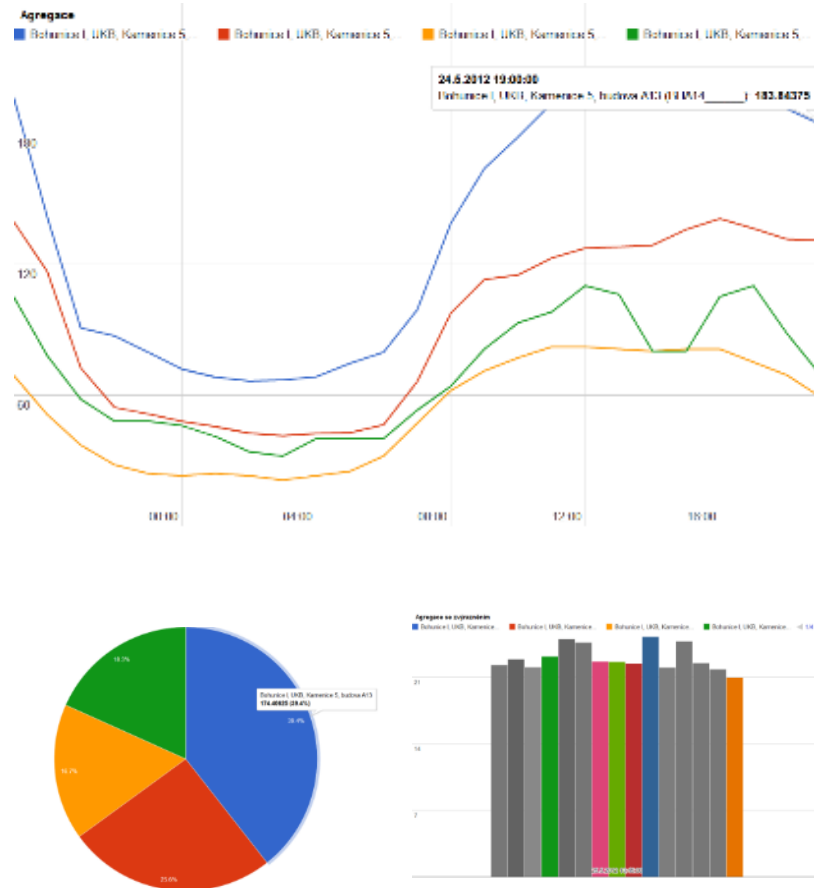


Semantic client

HTML5 + jQuery



Future work – 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 BAS data
 - Simplify development of analytical tools
- **Method:** Middleware layer
 - Semantic information – Integrating BAS and BIM
 - Data access
- **Evaluation:** Implementation of benchmarks defined in *EN 15 221: Facility Management*

Thank you for your attention!

- Adam Kučera
- akucera@mail.muni.cz
- **Project page:**
<https://gitlab.fi.muni.cz/xkucer16/semanticBMS>

