

Projekttitel: Interoperabilitet mellan plattformar  
Vinnova diarienummer: 2022-03751  
Författare: Kommunal utveckling, Region Jönköpings län,  
TH1NG, Sensative, Icon Development  
Datum: 2024-11-18



Med stöd från

VINNOVA  
Svenska Innovationsmyndigheten

Energimyndigheten

FORMAS

Strategiska  
innovations-  
program

---

# Interoperabilitet mellan plattformar

Projektledare: Theis Meggerle

Projektperiod: 2023.03.01 – 2024.10.31

## Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	2
1. Förord.....	4
2. Sammanfattning.....	5
3. Inledning.....	6
3.1 Projektmål .....	7
3.2 Syfte .....	8
4. Arbetspaket.....	8
4.1 AP2: Kravinhämtning.....	8
4.2 AP 3: Interoperabilitet, datamodeller samt publiceringar.....	8
4.3 AP4: Utveckling - interoperabilitet och datautbyte .....	9
4.4 AP5: Utveckling - oberoende datalagring .....	9
4.5 AP6: Piloter för prototypprojektet.....	9
4.6 AP7: Utvärdering, resultatspridning och planering av nästa steg.....	10
5. Kravinhämtning (AP2) .....	10
5.1 NGSi och NGSi-LD.....	10
5.2 MIM (Minimal Interoperability Mechanisms).....	12
5.3 ISO/IEC 30178.....	13
6. Piloter för prototypprojektet (AP6) .....	14
7. Interoperabilitet, datamodeller samt publiceringar (AP3) .....	15
8. Utveckling - interoperabilitet och datautbyte (AP4).....	15
9. Utveckling - datalagring (AP5).....	16
10. Utvärdering, resultatspridning och planering av nästa steg (AP7) .....	19
11. Kompletterande reflektioner och fortsatta arbeten.....	20
11.1 Bakgrund .....	20
11.2 Protokoll.....	21
11.3 Databaser .....	21
11.4 API:er och interface.....	21
11.5 Datamodeller .....	22
11.5.1 Systemintegration.....	22
11.5.2 Interoperabilitetsutmaningar.....	22
11.5.3 Standardisering på sensor- och ställdonsnivå.....	23
11.5.4 Livscykelperspektiv hos data.....	23
11.5.5 Dataförvaltningsakten och Dataakten .....	23
11.6 Definiera en 30178-modell i NGSi-LD .....	24
11.7 Standardisering av output från LoRaWAN-dekodrar .....	24

11.8	Tekniska kostnadsfaktorer hos data och interface .....	25
12.	Reflections on MIMs .....	26

## 1. Förord

Denna rapport har utarbetats som ett underlag för resultat och slutsatser från projektet Interoperabilitet mellan plattformar. Projektet har syftat till att belysa och praktiskt adressera de utmaningar och möjligheter som interoperabilitet innebär i en värld med ökande digitalisering och krav på sammanlänkade och kommunicerande system.

### **Bakgrund och finansiering**

Projektet är finansierat av strategiska innovationsprogrammet IoT Sverige, en gemensam satsning av Vinnova, Formas och Energimyndigheten.

### **Projektets struktur och samarbetspartners**

Projektet har drivits som ett samarbete mellan flera ledande aktörer inom sina respektive områden, där samtliga parter agerat medförfattare. Resultatet av projektet som mynnat ut i denna rapport tillskansas Theis Meggerle, i egenskap av projektledare och representant för projektets huvudman, Kommunal utveckling, Jesper Rönnholm (Icon Development), Håkan Lundström (Sensative) och Fredrik Björklund (TH1NG), samt stöd från projektet Internet of Things i Jönköpings län som fungerat som en central resurs under projektets gång.

## 2. Sammanfattning

Detta projekt, Interoperabilitet mellan plattformar, som initierats av Region Jönköping och finansierats av strategiska innovationsprogrammet IoT Sverige, är en gemensam satsning av Vinnova, Formas och Energi-myndigheten, som syftar till att skapa interoperabilitet mellan IoT-plattformar. Genom gemensamma stan-darder, datamodeller och protokoll undersöker projektet möjligheten till en mer datadriven och effektiv han-tering av samhällstjänster. Rapporten beskriver projektets tekniska upplägg, praktiska tillämpningar och fram-tida potential för att inspirera andra regioner och myndigheter till fortsatt arbete.

Projektet Interoperabilitet mellan plattformar är utformat för att visa hur standardiserade lösningar kan an-vändas för att förbättra datautbyte och interoperabilitet mellan IoT-plattformar i Sverige. Genom att använda NGS-LD-standarden för datahantering och MQTT-protokollet för kommunikation kan IoT-system från olika leverantörer integreras på ett effektivt och kostnadseffektivt sätt. Projektet har simulerat utbyte av data och utvecklat en pilot som visar hur olika standarder kan tillämpas i praktiken, exempelvis genom att möjliggöra realtidsövervakning av energianvändning och luftkvalitet i byggnader. Genom att sprida projektets resultat och tillämpningar vill man inspirera fler aktörer (inte minst kommuner och myndigheter) att implementera liknande lösningar. Samtidigt har projektet identifierat behov av ytterligare standardisering och kontinuerligt arbete för att främja interoperabilitet inom IoT-sektorn i Sverige.

IMP-projektet har varit mycket värdefullt för vederläggandet av många oidentifierade utmaningar inom inte-roperabilitet som förekommer vid integration av plattformar och IoT-system. Det har också skänkt insikt om hur många av de olika hård- och mjukvarukomponenterna, som är en del av plattformarna, kan förändras i framtiden för att öka graden av interoperabilitet på lång sikt. En viktig slutsats, som också bör vägleda alla framtida ansträngningar till ökad interoperabilitet, är att interoperabilitet i sig inte går att bygga på kort sikt. Det krävs medvetna och långsiktiga anpassningar som främjar dynamiken i systemintegration, och nyttan i detta materialiserar sig först med en längre tidshorisont.

### 3. Inledning

Region Jönköping, liksom andra regioner, kommuner och myndigheter, står inför en situation av kraftigt ökat tryck på samhällstjänster. Den främsta orsaken till detta är demografisk förändring. Den icke arbetsföra populationen i åldersgruppen över 80 år och åldersgruppen yngre än 19 år blir allt större i relation till den arbetsföra populationen. Det råder även resursbrist inom många områden.

Samtidigt bor för närvarande cirka 75% av de europeiska medborgarna i städer och denna procentsats förväntas öka till 80% till år 2050. Man ser alltså en ökad inflyttning till städer vilket inte bara är en utmaning för städerna utan även för glesbygden (att arbeta på distans kan eventuellt motverka detta).

I relation till detta är hållbarhet viktigare än någonsin. Städer upptar endast 2% av planetens landmassa men förbrukar över 65% av världens energi och står för mer än 70% av koldioxidutsläppen, som skapas av mänskan. Därför spelar städer en helt avgörande roll för varje land att nå målen mot klimatneutralitet.

En ökad demografisk förändring och urbanisering samt en ökad befolkningens mängd och investeringar i hållbarhet ger ökade kostnader, samtidigt som det råder brist på kompetens. Att fortsätta leverera offentliga och samhällsbaserade tjänster, med bibehållen eller högre kvalitet är myndigheters, kommuners och regioners största utmaning. Allt måste göras mer effektivt, till en lägre kostnad.

För att klara dessa utmaningar är digitalisering och verksamhetsutveckling avgörande, något som ofta benämns som den smarta staden, myndigheten eller kommunen. I rapporten kommer dessa områden fortsättningsvis benämnas som det smarta samhället.

Mot denna bakgrund investeras alltmer i smarta lösningar för att förbättra livskvaliteten för invånarna, öka resurseffektiviteten och ta itu med samhällsrelaterade möjligheter såväl som målet om klimatneutralitet. Ett exempel på detta är vår region, Region Jönköping, som under perioden har utforskat hur IoT (Internet of Things) kan användas för att möta en del av ovan nämnda utmaningar och har sedermera investerat i en IoT-plattform (TH1NGs plattform IoT Open).

Internet of Things Jönköpings län är en långsiktig IoT-satsning inom Jönköpings län med ambitionen att realisera och konkretisera de möjligheter som IoT medför. Med hjälp av en länsgemensam IoT-plattform möjliggörs för samtliga kommuner i länet, Region Jönköping, Länsstyrelsen, bolag, kommunalförbund och verksamheter att komma i gång, testa och skala upp IoT-lösningar som skapar nytta för invånarna i länet.

Detta initiativ, Region Jönköpings investering i en IoT-plattform, är ett viktigt steg på vägen, men för att få ut den fulla potentialen till att arbeta mer resurseffektivt och kunna arbeta datadrivet måste system och enheter sömlöst kunna utbyta och använda data.

Emellertid, är det många smarta lösningar som utvecklas isolerade från varandra vilket leder till separata lösningar som inte kommunicerar eller delar data effektivt. Denna fragmentering (vad vi ofta kallar för silos eller vertikaler) motverkar realisering av den fulla potentialen för det smarta samhället och begränsar möjligheten till den datadrivna organisationen. Genom att tänka horisontellt och strukturerat dela data samt samordna verksamheter kan vi optimera resursutnyttjandet, minska kostnader och förbättra hållbarheten.

Därtill skapar detta i sin tur möjligheten att bygga sömlösa och integrerade medborgartjänster där en effektiv delning av data från olika system ger en sammanhållen upplevelse över olika domäner. Till exempel kan ett smart parkeringssystem integrerat med kollektivtrafik och mobilapplikationer erbjuda realtidsinformation om möjligheter för bästa transporteringsalternativ, inklusive ur hållbarhetsperspektiv, för dem som pendlar.

Att dela data (ibland som öppna data) främjar innovation genom att uppmuntra samarbete mellan teknikleverantörer, nystartade företag och stadens intressenter såväl som att det möjliggör domänöverskridande analyser av data samt ett datadrivet beslutsfattande.

För att kunna hantera komplexa anpassade integrationer (för att dela data), skapa kostnadseffektiv delning av data samt skapa förutsättningar för ovannämnda möjligheter ämnar vi inte utforma ytterligare egna lösningar utan ser det som nödvändigt att luta oss mot redan existerande standarder. Genom att använda standarder som tillhandahåller gemensamma datamodeller, ramverk samt uppsättning av regler kan olika system, enheter eller komponenter samarbeta effektivt tillsammans. Därigenom blir det även lättare att byta ut leverantörers lösningar eftersom de följer samma standarder. Detta benämns tekniskt som interoperabilitet och modularitet (utbytbarhet).

### 3.1 Projekt mål

Målet med projektet är, genom att praktiskt utforska och tillämpa standarder, att bidra till förmågan och kompetensen att kravställa systemleverantörer ur ett interoperabilitetsperspektiv. Mer specifikt innebär det att projektet genom piloten skall visa på hur två olika IoT-plattformar kan utbyta data med standarder som utgångspunkt, och med en förhoppning om att på sikt nå den fulla potentialen av att system kan dela data friktionsfritt, och därmed utgöra grunden för att skapa en mer effektiv verksamhet. Med samma mål kommer projektet även att utforska hur data kan delas öppet och tillgängliggöras för olika intressenter.

De effektmål som med hjälp av Vinnova-ansökan identifierats är följande:

**Effektmål 1:** Leverantörer av IoT-plattformar samt övriga aktörer som deltar i projektet har som uppgift att utforska och skapa insikt om rådande standarder för att kunna utveckla plattformarna i en riktning mot det smarta samhället, samt även de standarder som utgör grunden för detta. Kommuner får på så sätt plattformar som möter framtidens krav, att kunna berika andra system på ett standardiserat sätt, samtidigt som kostnaderna för integration mellan olika system minskar. IoT-plattformarna blir en förebild i Sverige med en förhoppning om att möta nuvarande och kommande EU direktiv.

**Effektmål 2:** Ingående kommuner i projektet Internet of Things Jönköpings län bör efter projektets genomförande kunna använda den IoT läns-gemensamma plattformen tillsammans med standarder för kravställning mot systemleverantörer som skapar en förmåga att sömlöst, på ett standardiserat sätt, dela data mellan system. Detta ämnar skapa en strategi och en väg framåt mot det framtida smarta samhället, på sikt kan detta också möjliggöra för att alla kommande upphandlade system på ett standardiserat sätt kan dela data med varandra.

**Effektmål 3:** Projektet avser inte bara visa på hur standarder kan användas vid utbyte av data mellan två plattformar, utan även hur dessa data kan tillgängliggöras som öppna data. Öppna data är mycket aktuellt för alla kommuner, inte minst då detta kravställs från EU som sedan påverkar lagen om den offentliga sektorns tillgängliggörande av data, den så kallade öppna datalagen, i Sverige. Projektet skall också skapa utgångspunkter för hur IoT-plattformar i projektet kan tillgängliggöra öppna data, till exempel badvattentemperatur för alla ingående kommuner i projektet.

**Effektmål 4:** Projektet ska genom synlighet, till exempel via Smart City Lab och IoT Sverige, inspirera andra aktörer, kommuner och myndigheter inom interoperabilitet.

Projektet Interoperabilitet mellan plattformar är ett Vinnova-finansierat projekt som drivs av Kommunal utveckling tillsammans med tre aktörer, TH1NG, Sensative och Icon Development. Projektet ses som unikt och

av nationell betydelse för att realisera det smarta samhället. Projektet är finansierat av Strategiska innovationsprogrammet IoT Sverige, en gemensam satsning av Vinnova, Formas och Energimyndigheten.

## 3.2 Syfte

Projektet syftar till att samla in och analysera kunskaper inom specifika områden för att utveckla en förståelse för hur interoperabilitet kan uppnås mellan olika IoT-plattformar. Genom ett pilotprojekt kommer projektet att praktiskt testa och tillämpa vald kravställning för att skapa insikter om vägen framåt, mot interoperabilitet. Rapporten förväntas avslutas med en konklusion av projektet samt rekommendationer för fortsatt arbete och implementering inom området interoperabilitet.

## 4. Arbetspaket

### 4.1 AP2: Kravinhämtning

Då det föreslagna projektet kommer vara mycket intressant och värdefullt både för Jönköpings län men även flera andra aktörer i Sverige, t.ex. RISE Smart City Lab, SKR/INERA, Internetstiftelsen, andra kommuner och regioner har projektet för avsikt att stämma av projektupplägget och kravställningen med fler parter och vid behov justera kravställningen för projektet för att uppnå maximal nytta för alla intressenter. Ett sådant förfarande ökar också markant den långsiktiga relevansen för behovsägaren.

#### Aktiviteter:

- Ta fram ett första internt utkast till kravställning
- Diskutera upplägg och innehåll med andra intresserade parter
- Stäm av mot projektplan och budget och förankra med de deltagande parterna
- Undersöka möjligheterna och värdet i att tillämpa förväntade innehållet i ISO/IEC 30178, samt återkoppla kring behov och möjligheter

#### Mål och milstolpar:

- Första utkast till kravställning framtaget
- Kravställningen avstämd med minst 4 externa parter
- Slutlig kravställning fastslagen

### 4.2 AP 3: Interoperabilitet, datamodeller samt publiceringar Specifikation och datapublicering

#### Aktiviteter:

- Skriva specifikation,-er för valda datamängder
- Publicera specifikationer på dataportal.se
- Publicera valda öppna datamängder på dataportal.se
- Enhetlig metadata

#### Mål och milstolpar:

- Identifiera datamängdskandidater
- Specifikationsframtagande från förstudie till publicering
- Publicering av framtagna datamängder



#### 4.3 AP4: Utveckling - interoperabilitet och datautbyte

IoT-plattformarna Yggio och IoT Open anpassas till att dubbelriktat kunna utbyta data med varandra på ett standardiserat sätt.

##### **Aktiviteter:**

- Verifiera att föreslagna NGSi-LD uppfyller aktuell kravbild
- Implementera metod för utbyte av data och metadata
- Utbyte av binär och analog sensordata, t.ex. temperatur, effekt, spänning
- Styrning av ställdon t.ex. laddare, värmeanläggning, belysning
- Utbyte av metadata

##### **Mål och milstolpar:**

- Utförda skarpa tekniska tester i driftmiljö
- Påvisa ett gott och tydligt exempel på hur datadelning kan fungera i praktiken även mellan konkurrerande lösningar.

#### 4.4 AP5: Utveckling - oberoende datalagring

Projektparterna har identifierat ett behov för en leverantörsoberoende lagringsplattform för öppen data dit TH1NGs respektive Sensatives kunder (och andra aktörer) kan skicka data som ska delas öppet. Då kan till exempel MetaSolutions plattform Entryscape hämta sådan data och tillgängliggöra den på dataportal.se. Denna lösning gör det enklare för aktörer att dela data utan att behöva ge åtkomst till plattformar som innehåller data som inte ska delas. Genom att publicera datalagret som öppen källkod så hoppas vi kunna etablera en svensk de facto standard.

##### **Aktiviteter:**

- Arkitektur, val av open source komponenter
- Definiera komponenter att utveckla
- Utveckling, integration och test
- Identifiera rätt licens för resultatet (öppen källkod)
- Publicera som öppen källkod

##### **Mål och milstolpar**

- Definierad arkitektur och alla komponenter
- Code complete
- Publicerad som öppen källkod
- Det slutliga målet är att få det öppna datalagret etablerat som en svensk standard

#### 4.5 AP6: Piloter för prototypprojektet

Detta arbetspaket syftar till att tillämpa tekniken i det föreslagna projektet på lämpligt sätt i projektet. Då det läns gemensamma projektet har 6 energibolag och över 20 fastighets- och bostadsbolag engagerade kommer projektet att behöva undersöka närmare vilken eller vilka piloter som ska implementeras i samverkan med det läns gemensamma IoT-projektet.

##### **Aktiviteter:**

- Identifiera tänkbara piloter och dialog med behovsägare
- Slå fast och definiera en eller flera piloter
- Implementera
- Utvärdera och dokumentera

### Mål och milstolpar:

- Tänkbara piloter inventerade och fastslagna
- Piloter utvecklade och testade
- Piloter utvärderade och dokumenterade

#### 4.6 AP7: Utvärdering, resultatspridning och planering av nästa steg

Samtliga projektresultat skall dokumenteras. Gemensam kod ska tillgängliggöras genom lämplig öppen källkods-licensiering. Hela satsningen ska utvärderas och kunskapen och erfarenheterna från projektet göras tillgängliga för övriga aktörer inom IoT i Sverige.

### Aktiviteter:

- Utvärdera och dokumentera projektresultat
- Licensiera och tillgängliggör relevant kod som öppen källkod
- Presentera projektets resultat på länsgemensamma IoT-projektets hemsida
- Återkoppla till de externa parter som deltagit i framtagningen av kravspecifikationen för projektet
- Medverka i event arrangerade av bl.a. IoT Sverige, SKR m.fl.

### Mål och milstolpar:

- Projektresultat och utvärdering dokumenterade och tillgängliggjorda på hemsida
- Källkod tillgängliga för andra
- Projektresultat presenterade på event för andra intresserade

## 5. Kravinhämtning (AP2)

I projektet har vi utgått från standarderna NGSI-LD, MIMs och ISO/IEC 30178 som grund för kravställningen. I följande delkapitel återges vår bild av dessa standarder.

### 5.1 NGSI och NGSI-LD

NGSI-LD (Next Generation Service Interface - Linked Data) är en specifikation utvecklad av ETSI (European Telecommunications Standards Institute) för att hantera och utbyta kontextinformation i realtid. Den är en vidareutveckling av tidigare NGSI-standarder och syftar till att förbättra interoperabiliteten och utbytet av data mellan olika IoT-system och smarta samhällen genom användning av länkade data och semantisk webbt teknologi.

NGSI används inom smarta samhällen, industriell automation, logistik, och andra IoT-relaterade områden där det finns behov av att hantera stora mängder kontextinformation i realtid. Genom att använda NGSI kan utvecklare och organisationer bygga skalbara, interoperabla och intelligenta system som är bättre rustade att hantera komplexa och dynamiska miljöer.

Följande nyckelkoncept utgör grunden i NGSI:

**Kontextinformation:** NGSI fokuserar på att samla in, lagra och tillhandahålla information om "kontext," vilket kan omfatta data från olika källor som sensorer, enheter och tjänster. Detta gör det möjligt att bygga intelligenta applikationer som reagerar på förändringar i realtid.

**Entiteter och attribut:** NGSi-modellen använder begreppen "entiteter" (t.ex. en bil, en byggnad, en sensor) och deras "attribut" (t.ex. hastighet, temperatur, status) för att strukturera och hantera data.

**API och protokoll:** NGSi definierar API som, det som gör det möjligt för olika system och applikationer att interagera med kontextinformation. Detta inkluderar funktioner som att skapa, läsa, uppdatera och ta bort kontextdata (CRUD-operationer).

Följande historiska versioner finns av NGSi:

**NGSi v1:** Den ursprungliga versionen av standarden, som främst användes för grundläggande IoT-applikationer och tjänster.

**NGSi v2:** En förbättrad version som erbjuder bättre stöd för JSON och REST-API vilket gör det enklare att integrera i moderna webb- och IoT-applikationer.

**NGSi-LD:** Den senaste utvecklingen inom NGSi-standard, som introducerar stöd för länkade data och semantiska webbt teknologier, vilket gör den mer kraftfull och interoperabel för komplexa applikationer.

I projektet har vi utgått från specifikationen NGSi-LD eftersom detta är den senaste och mest moderna versionen av NGSi.

Nyckelfunktioner inom NGSi-LD är:

**Kontextinformation:** NGSi-LD fokuserar på att representera och hantera kontextinformation, såsom realtids och historiska data från sensorer.

**Länkade data:** Den använder länkade data (Linked Data) för att skapa relationer mellan olika datamängder, vilket gör det möjligt att kontextualisera information och göra den mer meningsfull och användbar.

**Semantiska modeller:** Använder semantiska datamodeller för att beskriva entiteter och deras attribut, vilket underlättar integrationen av data från olika källor.

Dessa nyckelfunktioner ställer följande krav på IoT-system:

**Interoperabilitet:** Systemen måste kunna integrera med andra system och tjänster som använder NGSi-LD för att utbyta data effektivt och i realtid. Detta kräver stöd för standardiserade API och datamodeller.

**Skalbarhet:** Systemet måste vara skalbart för att hantera stora mängder data från flera källor, vilket är särskilt viktigt i IoT- och smarta samhällsapplikationer.

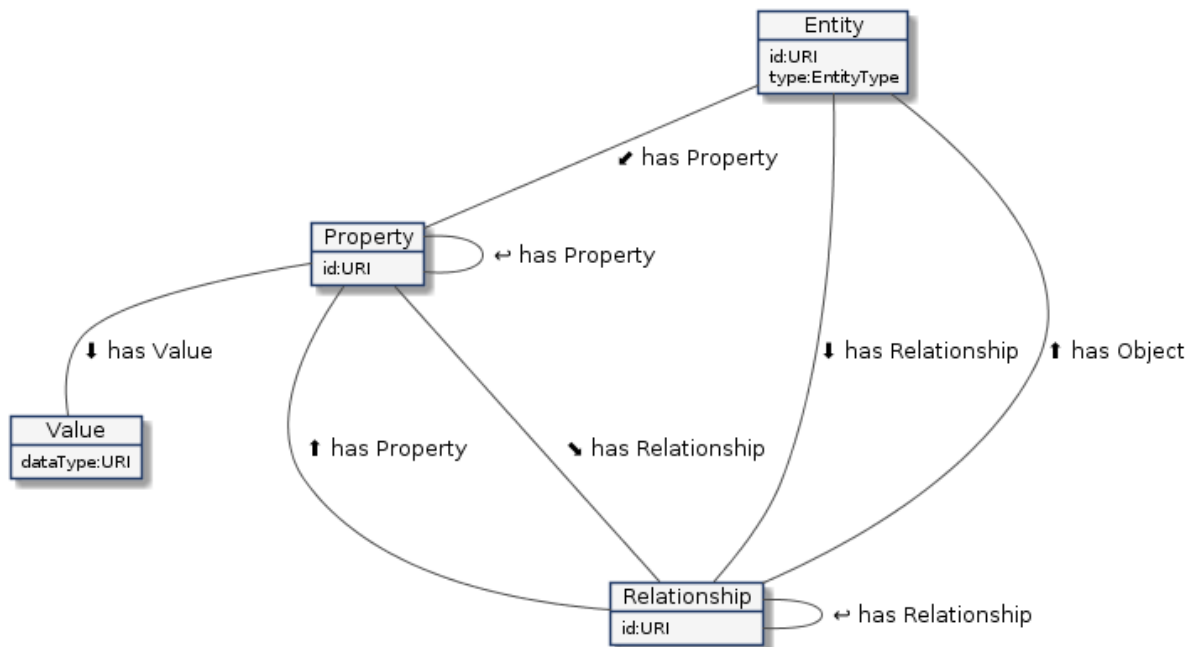
**Semantisk Datamodellering:** IT-systemet måste kunna hantera och använda semantiska modeller och ontologier för att korrekt representera och tolka länkade data.

**Realtidshantering:** Förmåga att hantera och uppdatera kontextinformation i realtid är avgörande, vilket innebär att systemen måste ha låg latens och stödja snabba uppdateringar och frågor.

**Datasäkerhet och integritet:** Systemet måste kunna säkerställa att data hanteras säkert, med skydd för både integritet och åtkomstkontroll, särskilt när känslig information delas över nätverk.

Genom att uppfylla dessa krav kan IoT-system dra full nytta av NGSI-LD och möjliggöra avancerade och interoperabla lösningar inom IoT, smarta samhällen och andra domäner som kräver hantering av komplex kontextinformation vilket i sin tur generellt kan användas för alla IT-system.

Datamodellen i NGSI-LD ser ut som följande:



Figur 5:1: Datamodellen i NGSI-LD

Huvudkomponenter i datamodellen är följande:

**Entiteter:** Grundläggande byggstenar som representerar verkliga objekt eller koncept, till exempel en byggnad, en sensor eller en person. Varje entitet har en unik identifierare (ID).

**Attribut:** Egenskaper eller data som beskriver entiteter. Attribut kan vara av olika typer, såsom text, nummer eller datum, och kan även ha enheter (t.ex. temperatur i grader Celsius).

**Relationer:** Kopplingar mellan entiteter som beskriver hur de interagerar eller är relaterade till varandra. Detta möjliggör en mer komplex och meningsfull representation av data.

**Kontext:** NGSI-LD använder kontextinformation för att ge betydelse åt data. Detta inkluderar metadata som beskriver hur och när data samlades in, samt vilken typ av information som representeras.

## 5.2 MIM (Minimal Interoperability Mechanisms)

Minimal Interoperability Mechanisms (MIM) är en uppsättning standarder som är framtagen för att säkerställa interoperabilitet mellan olika IT-system och applikationer inom EU. MIM syftar till att underlätta informationsutbyte och samarbete mellan olika organisationer och verksamheter.

Målet med MIM är att möjliggöra sömlös kommunikation och interoperabilitet genom att införa gemensamma standarder och protokoll. Genom att ha enhetliga metoder för dataöverföring och informationsutbyte

kan olika system kommunicera och samverka på ett mer effektivt sätt. Detta öppnar upp möjligheter för samarbete, delning av information och tjänster, vilket i sin tur kan bidra till ökad effektivitet och förbättrad kvalitet inom olika branscher.

MIM syftar även till att främja innovation och konkurrenskraft genom att sänka tekniska trösklar och underlätta för nya aktörer att delta på nya marknader. Genom att införa gemensamma standarder och protokoll kan mindre företag och innovationsföretag lättare integrera sina lösningar med redan etablerade system. Detta främjar innovationsklimatet och ökar möjligheterna för nya aktörer att bidra till digital transformation och samhällsutveckling.

MIMs 1 (Context Information) säkerställer att IoT-data går att länka på lämpligt sätt i datamängder/dataströmmar. MIMs 2 (Data Models) säkerställer att alla enheter som används i datauppsättningar/data-strömmar beskrivs med konsekventa och maskinläsbara data. MIMs 3-10 befinner sig i olika utvecklingskedan i en process som ska mynna ut i en slutlig kravställning.

Projektet hade emellertid problem att tillämpa MIMs 1 då ett flertal begrepp var tolkningsbara, till exempel: Vad är en kontext? Därför definierade vi en egen förståelse som återfinns i [kapitel 12: Reflections on MIMs](#). Dessa förslag på definitioner lämnade vi sedan över till Björn Hagström som är sakkunnig och arbetar även med vidareutveckling av MIMs.

I projektet har vi utgått från MIMs Plus Version 6.0 Approved by the Living-in. EU Steering Board, July 2023.

### 5.3 ISO/IEC 30178

Utvecklingen av ISO/IEC 30178 sker just nu inom ISO/IEC JTC 1/SC 41 och förväntas i nuläget att släppas som en färdig standard under 2025. Dess tekniska omfattning är förhållandevis smal, och utvecklas med avsikten att med ett minimalt tekniskt avtryck (footprint) kunna göra grundläggande sensordata mer interoperabel. Samverkan sker nu för att harmonisera ISO/IEC 30178 med andra standarder.

#### **Fysiska mängder**

Den viktigaste datapunkten som sensorer producerar är mätningar, men bygger på kvantifieringen av en fysisk mängd som ofta dokumenteras semantiskt. Då fysiska mängder existerar i en mängd olika domäner och kommer från en objektiv mätning av en fysikalisk dimension snarare än tolkningen av en semantisk representation så kan de frikopplas semantiskt från sina kontexter och behandlas mer enhetligt.

#### **Normaliserad representation**

Terminologin varierar inom olika standarder, och representationen av samma sorts fysiska mängd skiljer sig oftast mellan olika semantiska ramverk. ISO/IEC 30178 bygger på en reducering av semantiska frihetsgrader till en normaliserad representation som möjliggör oberoende jämförelser, entydighet, representations säkerhet, robusthet mot konverteringsfel, och förutsägbarhet.

#### **Kanonisk kodning & typsäkerhet**

För att kunna garantera integriteten hos delade data, och skydda mot t.ex. konverterings- eller beräkningsfel, så behövs en kodning som förblir konsekvent genom olika system, s.k. "typsäkerhet". ISO/IEC 30178 föreskriver således enhetliga datatyper för attribut hos alla fysiska mängder som en kvantitativt mätande sensor kan producera.

## Uttrycka mätegenskaper

Många sensorer saknar i dagsläget explicit metadata för kvalitetsrelaterade egenskaper som mätnoggrannhet eller precision, och det finns ingen etablerad standard för att objektivt jämföra denna utifrån mätvärdets egen representation på ett pålitligt sätt. Även detta problem är ISO/IEC 30178 avsedd att råda bot på, genom att uttrycka de egenskaper som karaktäriserar varje mätvärde. Även gränsvärden för varje sensor kan anges, och hjälpa till att automatiskt upptäcka och förkasta mät- eller skalningsfel.

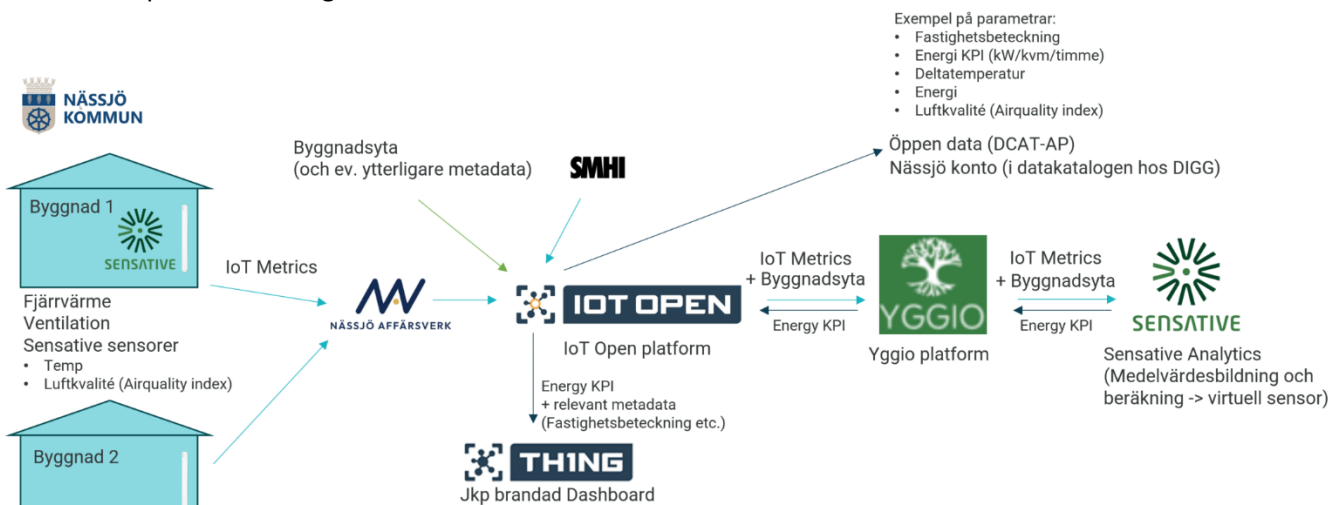
## 6. Piloter för prototypprojektet (AP6)

Projektet knyter främst an till utlysningens behovsområde "Snabbare klimatomställning" och Agenda 2030 målen 7 "Hållbar energi för alla", 9 "Hållbar industri, innovationer och infrastruktur" men även mål 17 "Samverkan för en mer uthållig utveckling". Den största utmaningen för att uppnå ekonomiskt överkomlig och tillförlitlig energi (7.1) baserad på en hög andel förnybar energiproduktion (7.2) och en ökad energieffektivitet (7.3) är vår oförmåga att hantera att en stor andel av den förnyelsebara energin är väderberoende och småskalig och därmed saknar de stora energikällornas systemtröghet (svänghjul). Därmed riskerar en ökad andel förnybar energi att minska både energieffektiviteten, tillförlitligheten och dessutom att energipriset blir mycket volatilt och tidvis extremt högt. Den kortsiktiga lösningen på denna utmaning är främst digitalisering för att dels minska konsumtionen av energi och dels utjämna energibehovet och balansera den mot tillgänglig energiproduktion.

Därför, inom ramen för projektet Interoperabilitet mellan plattformar (IMP), valde vi att arbeta med energiförbrukning och har skapat vad vi kallar för Energi KPI. Detta Energi KPI gör att fastigheters energiförbrukning blir jämförbar och ger en indikation på vilka fastigheter som sticker ut när det kommer till energiförbrukning. På så sätt får fastighetsbolag och kommuner en möjlighet till att prioritera resurser och tid för fastigheter som sticker ut vad gäller energiförbrukning.

Därtill har vi undersökt sambanden mellan luftkvalitet och energioptimering i byggnader. Målet är att säkerställa att energibesparingar inte sker på bekostnad av kvalitén på inomhusluften genom att implementera och övervaka med avancerade sensorteknologier. Ett av de specifika behoven som identifierats är att integrera luftkvalitetsmätningar med energioptimering.

Schematiskt ser lösningen ut som följande, där både värdet av att få en indikation på energiförbrukning såväl som interoperabilitets frågan är inkluderad:



Figur 6:1: Schematisk bild av piloten

#### Flöde och komponenter:

1. Sensorer skickar data (primärt sensorer från Sensative)
2. LoRaWAN-nätverk samlar in data och skickar till IoT-plattform (Nässjö Affärsverk)
3. IoT Open samlar in data från LoRa-nät och anpassar för export (TH1NG)
4. Yggio tar emot data som görs tillgänglig till Yggios ekosystem (Sensative)
5. Sensative skapar en ny Energi KPI-tjänst som är integrerad mot Yggio (Sensative)
6. Yggio samlar in Energi KPI och anpassar för export (Sensative)
7. IoT Open tar emot Energi KPI som görs tillgänglig till IoT Opens ekosystem (TH1NG)
8. TH1NG skapar och anpassar fastighets/energi-dashboard som kan ge användaren enklare förståelse för aktuellt KPI i sin rätta kontext (TH1NG)
9. Nässjö kommun publicerar data som öppen data (Nässjö kommun)

Genom att tidigt simulera data kunde projektet utforska och tillämpa vald kravställning. Detta skapade erfarenheter om hur vår kravställning fungerade i praktiken.

I skrivande stund är piloten på plats, IoT Open tar emot data från sensorer i tre fastigheter i Nässjö kommun. Kvar återstår dock att genomföra beräkningar, samt att samla tillräcklig mängd data för att utvärdera syfte och resultat av piloten. Faller detta väl ut kommer detta paketeras som en tjänst för övriga kommuner i länet att använda. I och med detta har inte data tillgängliggjorts som öppen data. Leverantörerna avser dock att fullfölja detta arbete efter projektets avslut eftersom de ser en stor potential för att sänka energiförbrukningen i fastigheter.

## 7. Interoperabilitet, datamodeller samt publiceringar (AP3)

På grund av tidsbrist valde projektparten Metasolution att lämna projektet, och de projektmedel som de tilldelats omfördelades till övriga projektparter för att möjliggöra genomförandet av det vi i projektet benämnt som piloten.

## 8. Utveckling - interoperabilitet och datautbyte (AP4)

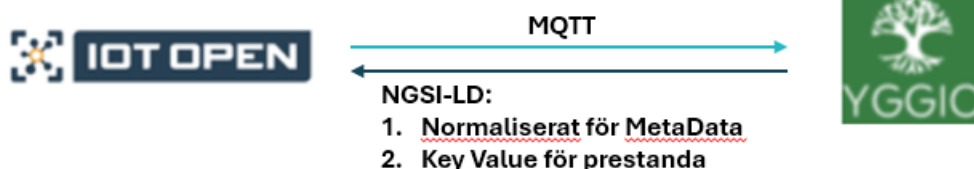
IoT-plattformarna, Sensatives Yggio och TH1NGs IoT Open har helt olika REST-API. Sensative Yggios API består dels av ett FIWARE NGSI API och ett proprietärt API, eftersom FIWARE inte täcker allt som behövs för en komplett IoT-plattform, som exempelvis stöd för MQTT, användare, användargrupper, enhetsgrupper, regler och organisationer. På liknande sätt har IoT Open ett proprietärt API som har utvecklats parallellt med plattformens tillväxt. Att anpassa dessa API till varandra är praktiskt taget ogenomförbart, eftersom varje plattform har en befintlig kundbas att ta hänsyn till. Det som kan göras är att Yggio implementerar en IoT Open-integration och vice versa, men detta säkrar bara interoperabiliteten mellan dessa två plattformar och inte med andra leverantörers plattformar. Det är viktigt att komma ihåg att det finns en mängd andra plattformar i bruk i Sverige, utvecklade av internationella aktörer, som till exempel den ukrainska ThingsBoard. Dessutom har många organisationer byggt egna lösningar ovanpå plattformar som Microsoft Azure och Amazon Web Services. Varje systemspecifikt REST-API har dessutom sin egen auktoriseringslösning och datamodell som måste hanteras. Att säkra interoperabilitet via REST-API-integration skulle innebära ett omfattande och kostsamt arbete för varje leverantör av IoT-plattformar. Förutom den tekniska komplexiteten med REST-API är de även prestandamässigt ineffektiva eftersom de kräver en webbserver i bakgrunden. Baserat på denna analys anser vi att en effektiv interoperabilitetslösning som är hanterbar för alla plattformar

inte kan byggas på REST-API. En alternativ kommunikationslösning för effektiv dataöverföring är det som behövs.

En de facto-standard inom IoT är MQTT-protokollet, som är specifikt utvecklat för att vara lättviktigt, garanterar meddelandeöverföring och bygger på TCP/IP, vilket möjliggör användning av standard-TLS-certifikat för att kryptera kommunikationen. Ett alternativ är CoAP, men eftersom det är byggt på UDP, saknar det garanterad meddelandeöverföring och är utvecklat med fokus på NB-IoT-enheter för att minimera batteriförbrukning, så är det inte ett bra val. Dessutom är dess säkerhetslösning DTLS inte lika lätt att använda som TLS. MQTT, med stöd för auktorisering via både token och grundläggande användarnamn och lösenordshantering, blir därmed det bästa valet. Genom att använda MQTT slipper man hantera olika REST-API-implementationer, och det standardiserade auktoriseringssystemet tillsammans med enkla topics för datastrukturering och stöd för JSON, vilket förenklar problemet avsevärt till att istället fokusera på vilket standardiserat dataformat som ska användas.

Två moderna standarder för överföring av fastighetsrelaterad IoT-data ut från fastighetsstyrsystemen, till övre liggande verksamhetssystem för smarta samhällen i Sverige är NGSi och REC, och vi vill specifikt undersöka möjligheterna med NGSi-LD. Därför fokuserar vi på denna datamodell. Att överföra realtidsdata kräver prestanda, och därför bör datamodellen vara enkel. Det ideala formatet ska stödja en strukturerad datamodell för metadataöverföring, men ha ett enkelt, platt key-value-format för själva datan. NGSi-LD uppfyller dessa krav och är därför ett mycket lämpligt format för interoperabilitet mellan IoT-plattformar.

Arkitekturen blir då följande:



Figur 8:1: Arkitektur för pilot

Tidigt i projektet utvärderades om IoT Open kunde formatera om data till NGSi-LD, och Yggio ta emot den. Eftersom både Yggio och IoT Open är plattformar designade för att hantera flera olika datamodeller, kunde detta stöd implementeras i båda plattformarna. Eftersom MQTT är ett publish/subscribe-protokoll fungerar det dessutom dubbelriktat i realtid, vilket innebär att även aktuatorer och styrdon kan hanteras med minimal fördröjning i dataöverföringen mellan plattformarna. Vår rekommendation blir således att interoperabilitet mellan plattformar skall baseras på MQTT och NGSi-LD är en lämplig ontologi men även REC – Real Estate Core samt den pågående standardiseringen av ISO/IEC 30178 ses som lämpliga.

## 9. Utveckling - datalagring (AP5)

Vi inledde arbetet om datalagring med diskussioner om datamodeller, med särskilt fokus på NGSi-LD smarta datamodeller i relation till ISO/IEC 30178, vilka är de primära standarderna i detta projekt. Vår analys visade att de olika standarderna i grunden strävar efter att lösa samma problem, nämligen interoperabilitet, men de har lett till olika lösningar beroende på upphovspersonernas olika bakgrunder och branscherfarenheter. Om man är bekant med en av standarderna och sedan undersöker den andra, blir likheterna i angreppssätt tydliga, då deras sätt att hantera problem påminner om varandra. För aktörer som Sensative och TH1NG, som verkar inom IoT-området, är hanteringen av realtidsdata i hög hastighet avgörande både för interoperabilitet



mellan plattformar och när mätdata skall tillgängliggöra som öppna data. Här blir trädstrukturer med rekursiv sökning för att placera mätdata på rätt plats snabbt en prestandaflaskhals. FIWAREs lösning, med ett normaliserat trädstrukturformat liknande ISO/IEC 30178, i kombination med ett platt Key-Value-format, framstår som särskilt attraktiv. Det möjliggör att strukturen byggs upp genom ett normaliserat format med metadata, medan Key-Value-formatet kan användas för snabb och enkel hantering av data. Däremot, för aktörer som MetaSolutions och Dataverkstaden, vilka kommer från öppna data-världen, är struktur och inbördes beroenden mellan data mycket viktigare än prestanda. Är data inte sökbar, taggad och klassificerad så ger den inget.

Det stod snart klart att skapandet av en ny "svensk standard," som initialt diskuterades inom projektets mål, inte var önskvärt eftersom det redan finns flera etablerade standarder, såsom NGSI-LD, den kommande ISO/IEC 30178, BRICS/REC - Real Estate Core och DCAT AP. Det väsentliga sågs snarare som att enas om vilken standard som skulle användas för olika typer av data, samt att IoT-plattformar måste stödja flera standarder för att säkerställa interoperabilitet mellan olika plattformar för olika användarfall. Vi valde därför, med utgångspunkt från våra slutsatser, att fokusera på att utveckla oberoende öppna data-lager för våra respektive plattformar, vilket möjliggör för MetaSolutions att länka data.

Vi fann att det saknas tydliga referensimplementationer eller ens testbara API-specifikationer för de flesta standarder, förutom NGSI-LD. För NGSI-LD finns det flera implementationer, inklusive FIWAREs officiella Orion Context Broker, samt detaljerade Swagger-specifikationer baserade på dess Open API-specifikation. Denna tydliga referensram gör NGSI-LD till ett praktiskt val, då det är möjligt att snabbt publicera öppna data genom att sätta upp en Orion-instans i en Docker-miljö bakom en lämplig HTTP-proxy. Därefter är det enkelt att börja skicka in data, först genom att strukturera den med ett normaliserat format och sedan överföra IoT-data med Key-Value-formatet. En svaghet med Orion Context Broker är dock dess avsaknad av inbyggd åtkomstsäkerhet, men detta är inte problematiskt i sammanhanget av öppna data, där åtkomstsäkerhet inte är en prioritet. NGSI-LD erbjuder ett omfattande API med många funktioner, men för vårt ändamål var det tillräckligt att stödja de centrala delarna, såsom hantering av entiteter, för att uppnå den önskade funktionen att lägga till och kunna läsa ut öppna data.

NGSI-LD har potentiellt cirkulära beroenden. Detta är en utmaning att hantera på ett prestandaeffektivt sätt för en IoT-plattform vid sökning efter data i en länkad struktur med traditionella rekursiva funktioner. Cirkulära beroenden uppstår när objekt eller moduler är beroende av varandra i en sluten slinga, exempelvis att A är beroende av B, B av C, och C i sin tur av A. I en rekursiv sökning skapar detta en oändlig loop eftersom sökningen ständigt återgår till tidigare noder i en cykel. Utan mekanismer för att upptäcka och hantera sådana cykler kommer den rekursiva algoritmen att köra tills systemets stack tar slut, vilket ofta leder till krascher eller kraftigt försämrade prestanda. Där finns ett antal standardsätt att hantera cirkulära beroenden men alla ökar komplexiteten och påverkar prestandan negativt.

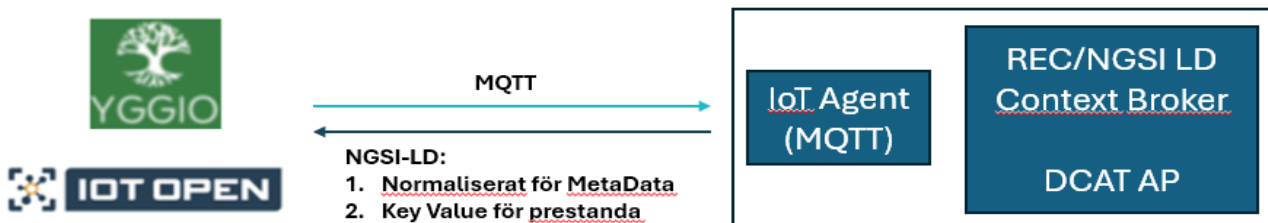
**Memorisering:** Genom att spara resultat av tidigare sökningar (memorisering) kan man undvika upprepade beräkningar. Det minskar risken för att rekursiva funktioner fastnar i cirkulära beroenden.

**Cykeldetektion:** Algoritmer kan använda cykeldetektion för att upptäcka och bryta cirkulära beroenden, exempelvis med hjälp av "visited" flaggor eller specifika graf-algoritmer som Dijkstra's ([https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s_algorithm)) eller Depth First Search (DFS - [https://en.wikipedia.org/wiki/Depth-first\\_search](https://en.wikipedia.org/wiki/Depth-first_search)) med en detekteringsmekanism.

**Iterativa Metoder:** Istället för rekursivitet kan iterativa metoder ibland vara mer effektiva. De förlitar sig på loopar istället för att anropa funktionen på nytt, vilket ofta är mer minnes- och tidsbesparande när djupa beroendekedjor finns.

I Sensative Yggio används NGSI v2 som intern datamodell, implementerad genom Ratatosk FIWARE Context Broker. Inom ramen för IMP-projektet undersökte vi kompatibiliteten och ansträngningen att uppgradera Ratatosk för att stödja NGSI-LD-datamodeller. Vi upptäckte att även om Ratatosk är baserad på NGSI v2, kan den med endast förändringar i integrationslagret längst ner mot Yggios kärna stödja NGSI-LD. Risken för cirkulära beroenden hanteras genom att helt undvika trädstrukturen i själva datalagringen och istället lagra alla entities i en platt struktur vilket är prestandaeffektivt för inkommande och utgående data, men den länkade strukturen tar längre tid att söka upp och visualisera. NGSI-LD skiljer sig från v2 genom införandet av @Context för datamodellsbeskrivningar och genom länkning till andra datakällor. Anpassningen har implementerats inom ramen för ett nytt ramverk som utvecklades i IMP-projektet, benämnt "Flow" och "Entities-modellen". Flow representerar en modulär arkitektur där det interna dataflödet i Yggio kan justeras för att möta specifika behov. Detta möjliggör till exempel att inkommande NGSI-LD-data kan routas via en NGSI-LD-parser som avkodar, modifierar och lagrar data i ett format som är kompatibelt med Yggio. Denna flexibilitet är möjlig eftersom Yggio är agnostiskt i förhållande till datamodell, vilket innebär att i de flesta fall krävs ingen anpassning av inkommande data, oavsett vilket format de har. På motsvarande sätt kan utgående data routas via en NGSI-LD-kodare som vid behov anpassar datastrukturen till NGSI-LD-formatet. Det bör dock betonas att det inte finns någon universell lösning för alla sensorer, och varje sensortyp måste hanteras individuellt, vilket implementeras via specifika hårdvarudekodrar.

Den övergripande arkitekturen kan beskrivas som:



Figur 9:1: Övergripande arkitektur

En av de open-source-lösningar som publicerats som en del av detta arbete är Sensative Ratatosk, vilken finns tillgänglig på GitHub. Den sedan tidigare existerande Orion NGSI-LD Context Broker är också tillgänglig som en etablerad lösning.

I vår pilot, utvecklad tillsammans med Nässjö kommun, har denna arkitektur implementerats. Här används Sensative Square Air-sensorer för att mäta luftkvalitet och temperatur i byggnader, samt för att övervaka energiförbrukning både inomhus och utomhus, vilket slutligen möjliggör beräkningen av byggnadens Energi KPI. Datan är tänkt att tillgängliggöras både i IoT Opens DCAT-AP och i Sensative Ratatosk NGSI Context Broker i NGSI-LD-format. Vår rekommendation är således att följa DCAT-AP datamodell eller NGSI-LD.

Under projektets gång har ett samarbete etablerats mellan FIWARE och REC – Real Estate Core, vilket innebär att REC blir en del av FIWARE-standarden, och att nya NGSI-LD smarta datamodeller utvecklas för att vara kompatibla med REC. Vi ser detta som ett betydande framsteg som kommer att leda till ökad interoperabilitet. Sverige kommer då kunna utnyttja DCAT-AP för offentliga myndigheter och NGSI-LD med stöd för REC inom IoT och fastigheter. Hur den kommande standarden, ISO/IEC 30178 påverkar detta återstår att se.

## 10. Utvärdering, resultatspridning och planering av nästa steg (AP7)

Vad är interoperabilitet och vad förväntas vi uppnå genom att skapa interoperabilitet mellan IoT-plattformar? Projektet startade som ett initiativ genom arbetsgruppen standarder och plattformar där projektparterna deltagit vid upprättandet av den projektplan som legat till grund för Vinnova-ansökan. Att det finns stora vinster kring att skapa en interoperabilitet för dataöverföring mellan IoT-plattformar var vi överens om från start. Däremot fanns det utmaningar kring att tydliggöra IMP-projektets syfte och målsättning för externa deltagare. Vad ligger i begreppet interoperabilitet och vilka beståndsdelar behöver synliggöras?

I samband med presentationer i olika forum skapade vi liknelsen kring ett bluetooth-headset. När du köper ett headset, så har du en förväntan om att para ihop utrustningen med din telefon, oavsett märke. Bluetooth möjliggör sömlös musikströmning tack vare interoperabilitet, vilket innebär att enheter från olika tillverkare kan kommunicera och fungera tillsammans. Genom att alla Bluetooth-enheter följer samma specifikationer kan din telefon och dina hörlurar kommunicera med varandra utan problem, oavsett vilken tillverkare som skapat dem.

För att uppnå interoperabilitet för IoT-sensorer där IoT-data kan överföras sömlöst mellan plattformar behövde en liknande standard etableras. Vi landade tidigt i datamodellen NGSI-LD där en integrationsskiss utgjorde arbetsmaterialet. Många dialoger inom IMP-projektet relaterade till att förstå hur IoT-sensorer nyttjas, vilken data som samlas in och vilken utveckling som ligger framför oss. Att skapa en förståelse för datamodellens funktionalitet i förhållande till de förmågor som standarden ISO/IEC 30178 beskriver blev ett viktigt moment inom projektet för att skapa en utgångspunkt för långsiktig interoperabilitet mellan IoT-plattformar.

Projektet tar bland annat sin utgångspunkt i att öka energieffektiviteten genom att synliggöra energikonsumtion i olika plattformar genom interoperabilitet. För att uppnå detta har vi riktat in oss på att utveckla ett Energi KPI genom att analysera mätvärden i relation till standarden ISO/IEC 30178. I praktiken innebär det att IoT-sensorer samlar in mätdata från fastigheter där den sömlösa överföringen av datamodellen NGSI-LD mellan IoT-plattformar i relation till standarden ISO/IEC 30178. På så vis kan ett Energi KPI, som indikerar fastigheter som har hög energiförbrukning, synliggöras och jämföras oberoende av IoT-plattform. En målsättning inom projektet har även varit att synliggöra dataöverföringen som öppen data.

Interoperabilitet har på senare år seglat upp som ett modeord, och därmed har även intresset för IMP-projektet ökat. Vi upplever att det finns flera pågående initiativ där diskursen tar olika riktning. Exempelvis tittar SKR (Sveriges Kommuner och Regioner) på möjligheten att etablera en interoperabilitet för individbunden data genom initiativet breddinförande av välfärdsteknik. Detta sker genom att SKR samlar leverantörer av läkemedelsapparater och samarbetar nära SIS (Svenska Institutet för Standarder). Samtidigt signalerar eHälsomyndigheten att de tar ett ansvar för arbetet inom interoperabilitet i Sverige genom att förbereda för EHDS-förordningen. Där benämns interoperabilitet i termer om standarder för informationsmängder.

Vi ser ett fortsatt behov av att sprida kunskapen om det genomförda projektet där projektparterna signalerar att de ser en större nytta av att etablera en branschgemensam standard för interoperabilitet. I samband med att interoperabilitet benämns inom fler sektorer ser vi fler nyttor och potentiella beröringsytor, samtidigt som det finns en risk för begreppsförvirring. Att skapa en tydlighet kring interoperabilitet och skapa fler goda exempel på vad standarden ISO/IEC 30178 kan uppnå behöver marknadsföras i bredare kanaler.

Inledningsvis pratade vi om liknelsen, bluetooth-headset. Vi har fler smarta föremål i vår vardag som samlar in data i respektive plattformar. Inom hälso- och sjukvårdssektorn finns konsumentprodukter och egenmonitorederingsutrustning som per definition är sensorer. Gemensamt är att de är uppkopplade, mäter och samlar in data i respektive plattform. Standarden ISO/IEC 30178 är inte begränsad till mätdata kopplat till fastigheter utan kan även användas för hälsodata. Idag efterfrågar leverantören Senslab, genom ett finansierat projekt av

Medtech4Health, en standard för att överföra sensordata från konsumentutrustning, som den smarta klockan. Det finns regulatoriska hinder som juridik, och vad som anses vara medicinteknisk utrustning.

Genom projektets gång har projektresultaten regelbundet utvärderats för att säkerställa att projektet fortlöpt i enlighet med uppsatta mål. Utvärderingarna har baserats på hur väl lösningarna möter kraven för interoperabilitet kopplat till IoT-standarder samt deras genomslagskraft i aktuella tillämpningar.

Vi har fortlöpande återkopplat till de externa parter som deltog i framtagandet av projektets kravspecifikationer för att säkerställa att deras feedback har beaktats och implementerats på ett effektivt sätt. Ett viktigt steg som togs tidigt var att luta oss åt datamodellen NGSi-LD.

Projektet har presenterats vid flera nationella forum, däribland Smart City Lab, RISE och Working Groups Standards & Platforms. Inom RISE har dialoger ägt rum om IMP-projektets förhållande till MIMs i syfte att skapa en bredare förståelse för projektets relevans till OASC. Vi har även regelbundet rapporterat projektstatus mot IoT Sverige. Dessutom har projektet blivit aktuellt hos DIGG för att belysa interoperabilitet ur ett pedagogiskt perspektiv samt planerar vi för deltagande i SKRs forum för egenmonitorering.

Projektet presenterades även vid IoT Sveriges årskonferens 2024 i samband med deltagande från Region Jönköpings län i panelsamtalet.

Genom projektet Internet of Things Jönköpings län, har vi även deltagit vid befintliga nätverk, samt startat nya nätverk som tagit del av interoperabilitetsprojektets mål och syfte, till exempel nätverket IoT Fastighet, som är relaterat till det arbetet vi genomför i projektet.

Projektresultatet publiceras och presenteras på det länsgemensamma IoT-projektets webbplats för att tillgängliggöra resultat och säkerställa bred åtkomst. Detaljerad dokumentation tillhandahålls för andra kommuner och IoT-aktörer. Projektresultaten har även spridits genom deltagande i relevanta IoT-event och forum, vilket skapar möjligheter för fortsatt användning och utveckling av projektets lärdomar och resultat. Med hänvisning till ovan påvisas att samtliga effektmål har uppnåtts.

Nationellt arbetas det med det som kallas för RefArk som numera även ingår i DIGG (myndigheten för digital förvaltning). Syftet med RefArk är att stödja kommuner och myndigheter att kravställa vid upphandling av IoT-plattformar. Projektet har aktivt deltagit i granskningen av nästa version av RefArk (RefArk 2.0).

IMP-projektet har varit mycket värdefullt för vederläggandet av många oidentifierade interoperabilitetsutmaningar som förekommer vid integration av plattformar och IoT-system. Det har också skänkt insikt om hur många av de olika hård- och mjukvarukomponenterna, som är en del av plattformarna, kan förändras i framtiden för att öka graden av interoperabilitet på lång sikt. En viktig slutsats, som också bör vägleda alla framtida ansträngningar till ökad interoperabilitet, är att interoperabilitet i sig inte går att bygga på kort sikt. Det krävs medvetna och långsiktiga anpassningar som främjar dynamiken i systemintegration, och nyttan i detta materialiserar sig först med en längre tidshorisont.

## 11. Kompletterande reflektioner och fortsatta arbeten

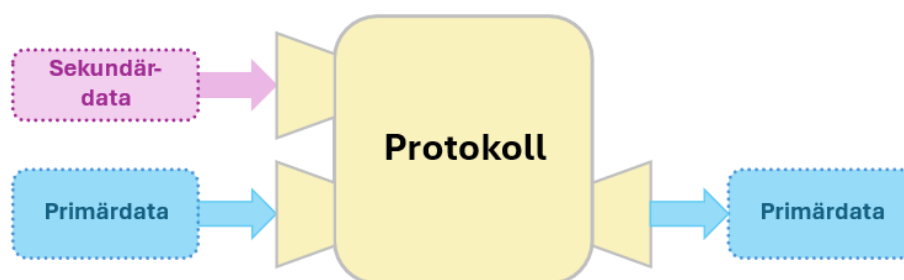
### 11.1 Bakgrund

Med de provanpassningar som gjorts under projektets gång så har flera faktorer identifierats med koppling till interoperabilitet. Plattformarna som integrerats har delat många strukturella element, och tillämpat liknande teknik inom sina respektive vertikaler, därmed har möjligheterna till integration förbättrats. Kärnfrågan är, och förblir, de datamodeller som plattformarna är byggda på.

## 11.2 Protokoll

Ur systemeringssynpunkt så förekommer protokoll, direkt eller indirekt, i alla sammanhang där två eller fler delsystem behöver interagera. Ett protokoll avgör strukturen i interaktionen mellan varje part, och medför i regel en viss mängd extra data som behöver hanteras.

Ett exempel på ett vanligt förekommande protokoll på internet är Hypertext Transfer Protocol (HTTP), som tack vare sina goda egenskaper för stark interoperabilitet bland webbtjänster har förblivit ett av de dominerande applikationsprotokollen på webben sedan 1990-talet. Data som det i sin tur kräver att system förser det med är en URL för varje session, en "metod" som motsvarar ett sorts kommando som skickas med varje meddelande, och olika sorters attribut, som ger mottagaren ett meddelande med tillhörande information om hur det ska bearbetas.



Figur 11:1 Alla protokoll är associerade med en mängd sekundärdata, som en protokoll-klient behöver konsumera för att fylla sin funktion.

Först när dessa extra data tillgodoses av respektive system så kan protokollet bära över systemets egna data. Så även om ett protokoll är nödvändigt för interoperabilitet, så medför det krav och ömsesidiga anpassningar.

Det är alltså oundvikligt att netto-mängden data ökar, och ansträngningar för att öka interoperabilitet måste därför inkludera en strategi för att hantera den tekniska tyngden av all sekundära data.

## 11.3 Databaser

En annan oundviklig komponent i plattformar som lagrar data över tid är databaser. Databaser bygger på att data lagras i ett kompakt, enhetligt format som är anpassat för snabb läsning och skrivning. Den interaktion som ett system har mot en databas har många likheter med ett protokoll i att det krävs anpassningar och sekundärdata. Inte sällan så kräver det även en konvertering av primärdata som lagras, vilket också ökar den tekniska tyngden. Med detta sagt så utgör databaser främst interna beroenden, vilka en aktör har avsevärt mer kontroll över än vid integration mot en extern tredje part.

## 11.4 API:er och interface

När två olika system kopplas ihop så görs det typiskt mot ett mellanliggande interface, och i många fall innebär det ett API.

Ett API (eller Application Programming Interface) kan uttrycka sig på flera olika sätt, men de två allra vanligaste kategorierna exponerar ett bibliotek av funktioner som ett program kan anropa, eller ett interface som hanterar ena änden av ett protokoll.

Utformningen på API:et är mycket viktigt för att främja interoperabilitet, och att hitta ett gemensamt gångbart API kan variera i svårighet beroende på vilka sorts system som är inblandade. Av sin natur så

implementerar API:er alltid (direkt eller indirekt) en datamodell, som avgör vilken primärdata och sekundärdata som kan hanteras (och hur mycket).

Generellt sett så kräver REST-API:er (mycket tack vare sin roll som funktionella, domänspecifika gränssnitt) mer sekundärdata än t.ex. MQTT, som ofta används i rent datadelningssyfte. MQTT har av experter pekats ut som en hörnsten hos de flesta IoT-plattformar, men trots detta så har man uppskattat att REST-API:er fortfarande utgör en majoritet av utvecklingsbördan. En del av detta härrör till svårigheter i att kunna återanvända REST-API:er, vilket innebär att de behöver byggas om för varje ny integration.

## 11.5 Datamodeller

Allt som beskriver hur data ska formateras, struktureras eller hanteras, kan sägas vara en datamodell. När man pratar om kommunikation mellan olika plattformar över internet så innebär en datamodell ofta en specifikation av vilka data som kan förekomma i protokoll, databaser, API:er – och i grundläggande funktionalitet som dessa byggts att tillfredsställa.

För en plattform som lagrar data om sensorer så behövs flera lager av data. Det första lagret kan vara vilka konton och användare som plattformen beviljar tillträde, och vilka olika funktionella regler som påverkar tillträde eller ägarskap. Ett annat kan vara vilka sensorer som är registrerade, och vilka konton de tillhör. Datamodellen definierar också ofta vilka attribut och egenskaper som en sensor tillåts ha, samt vilka av dessa som är obligatoriska för att t.ex. registret ska kunna länka varje sensor med ett konto. Utöver det så tillkommer den bredare ontologin som ger struktur åt all kontextuell information.

NGSI-LD (Next Generation Service Interface Linked Data) är en standard för datamodeller och informationsutbyte som utformats för att hantera kontextuell information i smarta miljöer. Standarden bygger på Linked Data-principer och syftar till att ge en enhetlig metod för att beskriva entiteter, relationer och attribut, vilket gör det möjligt att skapa en semantiskt rik datamodell. NGS-LD utökar den traditionella NGS-standarderna genom att integrera semantisk information, vilket underlättar interoperabilitet mellan olika system och plattformar. En central komponent i NGS-LD och dess struktur använder RDF (Resource Description Framework) för att representera relationer mellan entiteter, vilket möjliggör komplexa och dynamiska dataflöden.

### 11.5.1 Systemintegration

När plattformen ska integreras med en annan plattform, krävs att somliga data anpassas till datamodellen i den plattformen som det importeras till – förutsatt att detta är möjligt.

Eftersom många system med liknande funktion kan förväntas ha behov av liknande data, så finns det ändå vissa garantier att det är teoretiskt möjligt att anpassa data. Att integrera plattformar som implementerar samma sorts delsystem (protokoll, databas, etc.) är därför lättare då de delar stora mängder sekundärdata som kräver mindre anpassning.

Integrationen mellan Yggio Server och IoT Open Server har gagnats av att båda servrar haft gemensamma komponenter och funktionalitet. De har dock haft olika datamodeller för många av sina delsystem, och arbetet med att möjliggöra datautbyte mellan plattformarna har belyst flera utmaningar och tekniska faktorer som framtida arbeten bör ta i beaktning i strävan mot högre interoperabilitet.

### 11.5.2 Interoperabilitetsutmaningar

Det är användbart ur modelleringssynpunkt att kunna bygga strukturerade datamängder, men strukturen medför också en ökad teknisk tyngd. I de fall som ett objekt har stora mängder metadata kan komplexiteten i dess struktur bli omständigt för ett tredjepartssystem att hantera.

I takt med att mängden metadata ökar blir det mer utmanande för applikationer, som endast behöver tillgång till individuella fält, att dekonstruera objektet och hitta rätt i strukturen. Detta kan bli särskilt utmanande över tid, om ett objekt förändras eller berikas med mer metadata.

Mängden utveckling ökar också på klientsidan, där okända eller föränderliga strukturer kan innebära en ökad teknisk börda som återkommer för varje ny integration. Problemet blir än svårare om delar av strukturen är privilegierad eller konfidentiell information.

En utmaning som också pekats ut under projektets gång är att NGS-LD, som bygger på riktade referenser, tillåter cirkulära beroenden i definitionen av entiteter. Detta gör det utmanande att hantera för system som inte är designade att fånga denna sorts rekursivitet, och kan leda till minnesproblem vid exekvering (runtime).

### 11.5.3 Standardisering på sensor- och ställdonsnivå

En utmaning som IoT-plattformar generellt stöter på är att många av enheterna som installeras i plattformarna saknar en homogen utformning av data som sensorerna levererar. Ett typfall som identifierats under projektets gång är LoRaWAN-baserad data. Varje sensor överför data till en ansluten gateway i form av en platt data-buffer som motsvarande server tillämpar en dekoder på för att bryta ned den i individuella fält.

Dekodrar skraddarsys i regel för specifika sensorer, och data som dekodern utvinnet är inte heller konform till någon allmänt vedertagen datamodell. Framtagningen av en standard för output hos LoRaWAN-dekodning skulle därför kunna möjliggöra en generalisering av både mjukvarukomponenter och sensordata, vilket inte bara skulle öka interoperabilitet i LoRaWAN-nät utan också förbättra förutsättningarna för datahanteringen genom resten av livscykeln.

Detta kräver dock att en viss frihet lämnas åt sensortillverkare att fortsatt definiera sina egna överföringsformat för att inte hämma innovationen på området, och att eventuell standardisering fokuserar på gränssnittet som en dekoders output levereras genom.

### 11.5.4 Livscykelperspektiv hos data

En viktig del i datadrivna verksamheter är förmågan att återanvända data, och att kunna säkerställa dess korrekthet och äkthet genom hela dess livscykel. Ju mer en datamängd behöver bearbetas eller anpassas när den delas, desto mer kostsam blir den genom sin totala livscykel. Detta utgör i grunden ett ekonomiskt problem, och kommer i längden att begränsa den nytta som data kan generera. I brist på tillförlitliga strategier som kan tillåta plattformars ägarskap av data att minimera nödvändig anpassning till heterogena datamängder kommer integrationströsklarna att förbli ett centralt problem. Plattformägare bör därför tillämpa ett långsiktigt perspektiv för interoperabilitet, både för egen data och tredjepartsdata när nya lösningsarkitekturer designas. Erfarenheterna från detta projekt pekar också mot att enkelhet möjliggör lättare integration, vilket kan beaktas i framtida arbeten mot förbättrad interoperabilitet.

### 11.5.5 Dataförvaltningsakten och Dataakten

Dataförvaltningsakten (Data Governance Act<sup>1</sup>), som trädde i kraft den 23 juni 2022, syftar till att underlätta datautbyte genom att skapa en ram för dataförvaltning. Lagen reglerar delning av data mellan offentliga organ, privata företag och medborgare, och främjar säker hantering av känslig data. Detta är inte bara en viktig fråga för skydd av personliga data från otillåten åtkomst, utan blir högst relevant även för livscykelhantering av data. "Säker hantering" omfattar även skyddet av data från oavsiktlig mutation vid konvertering mellan

<sup>1</sup> <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-governance-act-explained>

olika format. För hantering och bearbetning av mätdata så utgör ISO/IEC 30178 därför en möjlighet att säkra framtida värdekedjor från konverteringsfel och att öka interoperabiliteten.

Dataakten (Data Act<sup>2</sup>), som kompletterar Dataförvaltningsakten, är en EU-förordning som syftar till att reglera åtkomst till och användning av data som genereras inom EU. Den lägger stort fokus på dataskydd och tillgänglighet - men även om dess huvudsakliga fokus ligger på att minska asymmetrin i tillgången till data mellan stora och små företag<sup>3</sup> så får den också betydelse för interoperabilitet.

När mängden aktörer på datamarknaden ökar så kommer detta ställa högre krav på att data som delas har låga integrationströsklar, och att återanvändbarheten drastiskt måste öka. Detta är som viktigast för mindre aktörer, som har begränsad förmåga att konkurrera med stora tekniska kostnader som minskar marginalvärdet hos den data som delas.

Standardisering används ofta som ett verktyg för att öka interoperabilitet genom att främja homogenitet hos data och API:er. Denna strategi kan dock i vissa fall hämma innovation genom att ställa kostsamma krav på förhållandevis små integrationer om de standarder som tillämpas är för omfattande eller inte överlappar väl med tillämpningsbehoven. För att Sverige och Europa i stort ska kunna konkurrera i den digitala industrin så behöver hänsyn tas till att främja metoder och arbetssätt som gynnar tillämpnings-agnostisk interoperabilitet till en låg kostnad.

## 11.6 Definiera en 30178-modell i NGSI-LD

Underlagsarbetet med att undersöka värdet av interoperabilitet hos ISO/IEC 30178 har gett lovande resultat – och slutsatser från projektet har dessutom gett tekniska experter hos IEC många nyttiga insikter som bidragit till det internationella standardiseringsarbetet. Det har även bidragit till att reflektera förhållanden hos svensk verksamhet i debatten om interoperabilitet, vilket på sikt kommer att gynna svenskt näringsliv.

Ett fortsatt arbete skulle omfatta att undersöka möjligheterna att förena NGSI-LD och ISO/IEC 30178 i en gemensam datamodell. Då båda teknologier har unika styrkor så kan de i teorin komplettera varandra väl – men detta behöver först styrkas av ett rigoröst mappningsarbete för att se att det kan hålla även vid praktiska tillämpningar.

## 11.7 Standardisering av output från LoRaWAN-dekodrar

Det finns i dag många olika de-facto standarder för hur LoRaWAN-dekodrar implementeras – både på grund av variationen bland sensortyper och på grund av designbeslut tagna av tillverkarna. Denna variabilitet är svår nog för IoT-plattformar att hantera, men det större problemet med interoperabilitet blir hur output från varje dekodrar kan integreras enhetligt i samma livscykel.

Ett framtida arbete kan därför studera variationen bland hur sådana dekodrar integreras i IoT-plattformar, och utveckla en strategi för att minimera kostnaden för plattformarna och samtidigt homogenisera den data som de levererar. Eftersom båda av dessa problem idag utgör en onödig merkostnad var för sig så kan en satsning på att lösa dem gemensamt vara av ytterst stor nytta. Med ett bredare samarbete bland både plattformsägare och sensortillverkare så kan dessutom marknaden stärkas av minskade produktionsomkostnader.

<sup>2</sup> <https://digital-strategy.ec.europa.eu/sv/policies/data-act>

<sup>3</sup> <https://digital-strategy.ec.europa.eu/sv/factpages/data-act-explained>



## 11.8 Tekniska kostnadsfaktorer hos data och interface

I dagsläget finns ytterst lite allmän vägledning kring vad i en datamodell eller ett API som ökar kostnaden i tillämpningar och integrationer. Det är allmänt känt att komplexitet i mjukvarusystem ofta genererar teknisk skuld, som begränsar skalbarhet och avsevärt minskar lönsamheten. Sambandet mellan utformningen hos datamodeller och den komplexitet de påför ett digitalt system är inte helt klarlagt.

Även om IMP-projektet har identifierat vissa generella faktorer hos IoT-plattformar så behöver ett arbete genomföras som kartlägger fler ekonomiska sanningar med gedigna tekniska resonemang till grund. Detta skulle kräva ett brett samarbete genom hela näringslivet, och fordra ett sätt att jämföra kostnaden mellan olika tekniska lösningar kontra det mervärde de genererar.

## 12. Reflections on MIMs

### What is a context?

In NGSI-LD (Next Generation Service Interface for Linked Data), context information refers to additional metadata or context that can be associated with entities. This contextual information enriches the understanding of the data, providing a more comprehensive view of the entities and their attributes. The context is represented using a set of key-value pairs and is associated with both entities and their attributes.

```
{  
  "id": "urn:ngsi-ld:Vehicle:123",  
  "type": "Vehicle",  
  "brand": "XYZ",  
  "location": {  
    "type": "Point",  
    "coordinates": [12.9714, 77.5946]  
  }  
}
```

In this example, the context key "location" is associated with the coordinates of the vehicle.

```
{  
  "id": "urn:ngsi-ld:Sensor:456",  
  "type": "Sensor",  
  "value": 25,  
  "timestamp": "2024-01-17T12:30:00Z"  
}
```

So context is at the entity level, by this definition not at the relational level.

### Can a link to another entity be a part of the context?

In NGSI-LD (Next Generation Service Interface for Linked Data), links are not typically considered part of the context information associated with entities. Context information in NGSI-LD usually refers to additional metadata or contextual details that provide more information about the entity or its attributes. This context includes things like timestamps, locations, units of measurement, privacy settings, and other metadata that enrich the understanding of the data.

Links, on the other hand, are used to establish relationships between entities, indicating associations or connections between them. While links provide valuable information about the relationships between entities, they are distinct from context information as they represent the structure of the data rather than metadata about the data itself.

However, it's worth noting that the distinction between context information and links can sometimes blur depending on the specific use case and interpretation. In some scenarios, links could be considered as part of the broader context of the data, especially when they provide essential contextual information about the entities' relationships.

In summary, while links are crucial for modeling relationships between entities in NGSI-LD, they are typically treated separately from context information, which focuses more on metadata and additional details about the entities and their attributes.

## What is a uniformed API?

A "uniformed API" is not a standard term in the context of software development or technology. It appears to be a combination of the terms "uniform" and "API," possibly referring to an API that follows certain principles of uniformity or standardization.

If we interpret "uniformed API" as referring to an API that adheres to uniform principles or standards, it might imply an API that follows standard conventions, such as RESTful principles or specific design patterns like GraphQL. These principles aim to make APIs more predictable, consistent, and easier to use by developers.

Here are some characteristics that might be associated with a "uniformed API":

**Consistent Resource Naming:** Resources are named consistently using descriptive and meaningful identifiers.

**Standardized Endpoint Structure:** API endpoints follow a standardized structure and naming convention, making it easier for developers to understand and navigate the API.

**Uniform Data Formats:** The API uses uniform data formats, such as JSON or XML, for representing resource payloads.

**Predictable Error Handling:** Error responses follow a predictable format and provide meaningful error messages to developers.

**Standardized Authentication and Authorization:** The API uses standardized mechanisms for authentication and authorization, such as OAuth 2.0 or JWT (JSON Web Tokens).

**Adherence to API Design Best Practices:** The API follows established best practices for API design, such as versioning, pagination, and rate limiting.

Overall, a "uniformed API" would likely emphasize consistency, standardization, and adherence to best practices in its design and implementation. These qualities contribute to a better developer experience and facilitate integration with other systems and applications.

## What is context management?

In NGS-LD (Next Generation Service Interface for Linked Data), context management refers to the handling and manipulation of contextual information associated with entities. Contextual information provides additional metadata or details about entities, enriching the understanding of the data and its relationships.

Context management in NGS-LD involves various operations, including setting, updating, retrieving, and managing context information. This metadata can include timestamps, locations, units of measurement, privacy settings, and other relevant information.

Examples of context management in NGS-LD include:

### Setting Context Information

**Example:** An IoT sensor sends temperature data to a NGS-LD-compliant system. Along with the temperature readings, the sensor includes metadata specifying the timestamp of each reading, the sensor's location, and the unit of measurement (e.g., Celsius).

### Updating Context Information

**Example:** A smart building management system updates the occupancy status of rooms based on sensor data. Whenever occupancy changes occur, the system updates the context information associated with each room to reflect the current occupancy status.

### Retrieving Context Information

**Example:** A mobile application retrieves the latest weather forecast data from a NGSI-LD-compliant weather service. The application retrieves context information such as the forecasted temperature, humidity, wind speed, and precipitation probability for a specific location and time period.

### Managing Privacy Settings

**Example:** A healthcare application manages patient data privacy settings. Patients can specify their privacy preferences, such as who can access their medical records and under what circumstances. The application uses context management to enforce these privacy settings and control data access accordingly.

### Temporal Context Handling

**Example:** An environmental monitoring system tracks air quality data over time. The system maintains temporal context information for each data point, including the timestamp indicating when the measurement was taken. This temporal context enables historical analysis and trend identification.

### Location Context Management

**Example:** A smart city platform tracks the location of public transportation vehicles in real-time. The platform updates the context information associated with each vehicle to reflect its current GPS coordinates. This location context enables services such as real-time vehicle tracking and route optimization.

Overall, context management in NGSI-LD plays a crucial role in providing comprehensive and meaningful data representations. By effectively managing contextual information, NGSI-LD systems can facilitate interoperability, data integration, and advanced data analytics across diverse domains and applications.