



**Making Sense  
for Society**

Living Lab for  
the Internet  
of Everything

# **Sensoren in de openbare ruimte**

EEN VERKENNING

17 FEBRUARI 2017



## Inhoudsopgave

<b>1.</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>3</b>
1.1	Afbakening .....	4
1.2	Doelstelling .....	4
1.3	Methodologie voor de verkenning .....	4
<b>2.</b>	<b>Resultaten.....</b>	<b>5</b>
2.1	Deskresearch.....	5
2.2	Presentaties, diepte-interviews en cross sectorale werksessie .....	5
2.3	Ervaringen uit het Living Lab 'Smart Emission' .....	6
<b>3.</b>	<b>Bevindingen uit de verkenning.....</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Noodzaak en oplossingsrichtingen .....</b>	<b>7</b>
4.1	Registratie van Sensor als object en/of sensordata .....	7
4.2	Informatiemodel voor Sensoren .....	7
4.3	Verkenning verder voortzetten .....	8
	<b>Bibliografie .....</b>	<b>9</b>
	<b>Bijlage A – De sensor als object in bestaande informatiemodellen .....</b>	<b>10</b>
	<b>Bijlage B – Output uit de werksessies 24 januari 2017 .....</b>	<b>14</b>
	<b>Bijlage C – Smart Emission, Nijmegen .....</b>	<b>19</b>
	<b>Bijlage D – Voorbeelden ICT-Standaarden.....</b>	<b>21</b>

**Opstellers verkenning:** Hans Nouwens | Geonovum,  
Dirk Jan Venema | Geonovum  
Demi van Weerdenburg | Geonovum

**Aan de totstandkoming van deze publicatie hebben de volgende personen bijgedragen:**

Jeroen Broekhuijsen | TNO, Marien de Bakker | HAS Hogeschool, Geo Media & Design, Han Geurdes | Geurdes data science, Joost Kuckartz | Arcadis, Edward Neef | FE Consultancy BV, Peter Nieland | Locatus, Ruben van Bochove | Nobralux, Jene Van der Heide | Kadaster, Arno van der Most | Gemeente Eindhoven, Janette van Dijk | gemeente Amersfoort, Jeroen van Ravenzwaaij | Brem funderingsorganisatie en monitoring, Cor Westerbaan van der Meij | Kamer van Koophandel



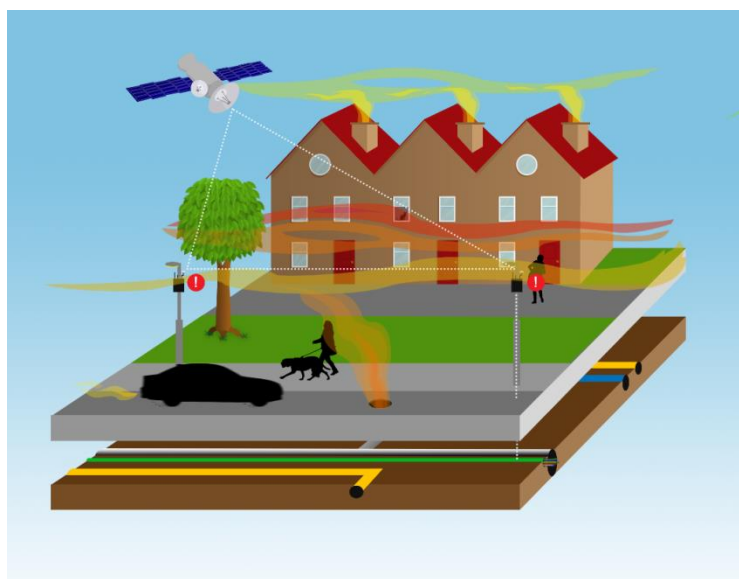
## 1. Inleiding

De razendsnelle ontwikkelingen in sensortechnologie en het *Internet of Things* (IoT) maken het mogelijk om meer te meten en te delen dan ooit tevoren. De verwachtingen over het gebruik van sensoren zijn vrijwel unaniem: er komen miljoenen sensoren bij die via het internet zullen worden ontsloten, veel nieuwe data genereren, dichterbij het object staan en tijdsintensief zijn waardoor aan de ene kant problemen gerichter en directer aan te pakken zijn en aan de andere kant betere en nieuwe diensten kunnen ontstaan. Ook zullen er steeds meer sensoren in de openbare ruimte komen: een gebied waar de overheid zorg voor draagt. Sensoren ondersteunen nu al verschillende overheidstaken. Of het gaat over het beheer van openbare ruimte, gezondheid van burgers en natuur, mobiliteitsvraagstukken of veiligheid. De metingen en observaties met sensoren krijgen ook een plek in wet- en regelgeving en informatiemodellen zoals in de Europese wet INSPIRE en bij het beheer van de ondergrond. Al deze ontwikkelingen hebben ook een effect op de Nederlandse *Spatial Data Infrastructure*, of SDI (Coleman, D.J. and J.D. McLaughlin, 1998).

Derhalve is in het voorjaar van 2014 het Platform Making Sense for Society (MS4S) gestart, een programma dat onderzoek doet naar concrete toepassingen van IoT en (sensor)data o.a. door aansluiting bij Living Labs. Living Labs bieden een realistische testomgeving aan burgers, bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen om vragen, knelpunten, toetsen en innovaties samen te adresseren. MS4S faciliteert diverse Living Labs op specifieke gebieden zoals het gebruik van open standaarden, geo-data en onderwerpen die de schaalbaarheid vergroten, ontwikkelingen die een impact kunnen hebben op het verkrijgen en het gebruik van geo-informatie. Over de bevindingen informeert MS4S de overheid is hierbij de primaire doelgroep. De verkenning naar het effect van de komst van sensoren in de openbare ruimte is een van de activiteiten die het MS4S platform uitvoert.

Het rapport '*Sensoren in de openbare ruimte*' is de uitkomst van een verkenning die begin 2016 is gestart. Deze verkenning is een eerste stap in een proces dat moet uitwijzen of nader onderzoek en activiteiten nodig zijn dan wel richting te geven aan oplossingen aan overheidsorganen die de meeste impact gaan ondervinden. In de verkenning maken we onderscheid tussen sensoren die een vaste plek monitoren en sensoren die in een mobiel object zijn gemonteerd en daardoor een steeds wisselende omgeving monitoren. Om de verkenning praktisch te houden is er voor twee voorbeeld-objecten gekozen te weten *de lichtmast* als drager van statisch geplaatste sensoren en *de auto* als mobiele drager van sensoren. Voorliggende rapportage betreft de verkenning van sensoren die data verzamelen van één locatie met als voorbeeld-object de lichtmast.

*Afbeelding 1 – Scenario met de lichtmast: milieuvervuiling*





## 1.1 Afbakening

Deze verkenning naar de impact van de komst van sensoren in de openbare ruimte richt zich op de informatie over de sensor als een object dat in de publieke ruimte wordt geplaatst. Natuurlijk zijn er raakvlakken die worden meegenomen om verder onderzoek af te bakenen. Zoals de observaties en metingen die de sensor verricht met de ICT-standaarden daarvoor en de privacyaspecten die spelen bij het plaatsen van sensoren in een openbare ruimte.

## 1.2 Doelstelling

Dit rapport is een weergave van de belangrijkste bevindingen uit de verkenning naar sensoren die een vaste locatie meten en monitoren. Het rapport tracht de noodzaak voor verder onderzoek aan te geven en scenario's te schetsen voor verder onderzoek naar het effect dat de komst van sensoren in de openbare ruimte op de Nederlandse *Spatial Data Infrastructure* heeft.

### *Aannames:*

De aannames zijn gedaan door Geonovum op basis van een vooranalyse die heeft geleid tot het starten van de verkenning naar het effect van sensoren in de openbare ruimte.

- Het gebruik van sensoren groeit, de beheersbaarheid van processen en systemen wordt complexer en inzicht in kwaliteit/actualiteit is steeds moeilijker te borgen.
- Er komen meerdere stakeholders die sensoren bezitten en/of in de openbare ruimte plaatsen.
- Een belanghebbende (o.a. burger) heeft recht om te weten wat er in de omgeving aan metingen wordt gedaan (privacy).
- De vastlegging van gegevens over de sensor als object is in meerdere systemen nodig.
- Er is minstens een probleemeigenaar te vinden die een verantwoordelijkheid heeft om beschreven problemen op te lossen.
- ICT-standaardisatie met betrekking tot sensordata is reeds gaande.

### *De verkenning is o.a. gedaan aan de hand van de volgende vragen:*

- Wat is de impact van sensoren in de openbare ruimte op de *Spatial Data Infrastructure*?
- Welke problemen signaleren mensen uit de praktijk m.b.t. het beschrijven van sensoren?
- Wat is de rol van de overheid bij het vastleggen van geo- en /of metadata over sensoren?
- In welke informatiemodellen worden sensoren benoemd en is dat op een uniforme en afdoende wijze gedaan?
- Welke scenario's zijn er die als vervolgonderzoek kunnen dienen?
- Welke instanties hebben een directe betrokkenheid bij de geconstateerde bevindingen.

## 1.3 Methodologie voor de verkenning

De methodologie gehanteerd in dit onderzoek bestaat uit:

- Deskresearch naar sensoren in nationale en internationale standaarden om te onderzoeken wat er al aanwezig is en waar eventuele lacunes lijken te zijn.
- Presentaties en discussies over dit onderwerp in netwerken:
  - OVLNL Smart Lighting (2016-2017)
  - NL-SAG Smart Cities (2016-2017)
- De diepte-interviews met personen uit het smart lighting netwerk voor openbare verlichting bij het Inter Gemeentelijk Overleg voor Openbare Verlichting (IGOV), Automotive NL, Nederlandse Standaardisatie Adviesgroep Smart Cities (NLSAG-SC) en vakspecialisten werkzaam bij/voor Geonovum.



- Cross sectorale werksessies met open inschrijving (24 januari 2017) om een praktische kijk op de inzet van sensoren en de informatiebehoefte te krijgen.
- Ervaringen uit het Living Lab in Nijmegen voor sensoren die luchtkwaliteit en geluid meten op privéterrein van burgers (2014-2016).

## 2. Resultaten

### 2.1 Deskresearch

Een onderzoek naar bestaande en missende sensor-standaarden, is gedaan door Kastelijns (2016). Enkele conclusies uit dit onderzoek zijn dat er sensorstandaarden nodig zijn die een sensor definiëren, dat deze geharmoniseerd moeten worden en dat de semantiek verder ontwikkeld dient te worden.

#### **Internationale standaarden**

Er zijn veel standaarden die impliciet of expliciet een sensor definiëren: van de fysieke sensor in ISO/IEEE-21450; het sensornetwerk in ISO 29182; sensor specifieke communicatie-protocollen zoals LoRaWAN en Bluetooth 5.0 (Bluetooth Low Energy); web-services zoals Sensor Observation Service (SOS) en SensorThings API (Application Programming Interface) beide van het Open Geospatial Consortium (OGC).

De standaardisatie voor de gegevensuitwisseling van sensoren is in een korte tijd enorm vooruitgegaan. Veel internationale organisaties werken aan standaardisatie van data uitwisseling uit sensoren. De OGC Sensor Web Enablement (SWE) standaarden maken dat allerlei soorten sensoren en data van sensoren via het web vindbaar, benaderbaar en bruikbaar zijn. Internationaal werken het OGC en W3C aan een de herziening van de ontologische standaard: het SSN (Taylor, Janowicz, Le Phuoc, & Haller, 2017), die in 2017 moet worden afgerond. Nederland kan hier gebruik van maken. Dit semantisch vraagstuk is relevant om te onderscheiden wat een sensor is en wat een actuator.

INSPIRE is een Europese kaderrichtlijn die sinds 2009 in de Nederlandse wet is verankerd. INSPIRE leidt tot een Europese *Spatial Data Infrastructure*, die een geïntegreerde aanpak van Europees milieubeleid mogelijk maakt. Binnen INSPIRE wordt er veel melding gemaakt van observaties en metingen maar wordt het object 'sensor' niet als zodanig beschreven.

#### **Nationale standaarden**

Nationaal zijn sensoren in diverse informatiemodellen impliciet of expliciet opgenomen, bijv. in: BGT, IMGeo en IMBOR, IMBRT en IMKL. Semantische afstemming en definities ontbreken echter en de beschrijving is nog onvoldoende gedetailleerd voor toepassing in de praktijk (zie bijlage A).

### 2.2 Presentaties, diepte-interviews en cross sectorale werksessie

Uit de discussies bij presentaties in de netwerken en tijdens de werksessie (zie bijlage B voor meer informatie) is gebleken dat er geen eenduidig beeld is over welke problemen acuut zijn dan wel binnen afzienbare tijd acuut worden als er geen afspraken worden gemaakt. Wat opvalt, is dat er een enorm verschil is in inzicht waar sensordata bij zou kunnen dragen aan de primaire processen van de overheid. Bij de werksessie kwam de noodzaak van een duidelijke duiding van het object sensor naar voren. Opvallend positief en eensluidend was men over de behoefte aan een afsprakenstelsel om het object 'sensor' te beschrijven en een registratie van metadata over sensoren die in de openbare ruimte geplaatst zijn.



## 2.3 Ervaringen uit het Living Lab 'Smart Emission'

Het Living Lab 'Smart Emission' (zie bijlage C) had een looptijd van 2014 tot en met 2016. Er is hier veel praktijkkennis opgedaan in het gebruik van sensoren, de data daaruit en de samenwerking tussen burgers en lokale overheid. Een van de bevindingen is het verschil tussen de meting die op een plek wordt verricht ten opzichte van de meting die een sensor verricht. Sensoren kunnen tijdens de levensduur van plek veranderen bijvoorbeeld door een update of revisie. Het niet los kunnen zien van sensor en locatie geeft beperkingen in de praktijk. In een registratiemodel is dit een belangrijk onderdeel.

Burgers bleken vrij snel hun eigen toepassingen te bedenken die mogelijk werden door het meetnetwerk voor luchtkwaliteit. Burgers hebben graag inzicht in de data, de open data benadering past hier goed bij, ze hebben behoefte aan een goede visualisatie (kaart) en informatie uit de data. Bij Smart Emission ontbrak open hardware, dit bleek van belang voor ontwikkelaars. Zij konden onvoldoende ingrijpen op de hardware. Voor bruikbare informatie uit de sensordata is een ijking van de sensoren en de bewerking van de data nodig. Een classificatie naar kwaliteit lijkt een noodzakelijk attribuut bij de beschrijving van een sensor.

Het Living Lab Smart Emission is met diverse prijzen gewaardeerd voor de opzet en uitvoering. Begin 2017 is gestart met een opschaling met een belangrijke rol voor het RIVM.

## 3. Bevindingen uit de verkenning

Op basis van deze verkenning zijn er bevindingen die de noodzaak aantonen voor een vervolgonderzoek:

- Er komen steeds meer objecten waar een sensor aan gekoppeld is. Hoewel het object sensor uniform is, worden sensoren in zeer verschillende processen ingezet die operationeel niet onder dezelfde verantwoordelijke vallen. Data van sensoren kunnen echter gebruikt worden over de operationele afdelingen heen. Dit verhoogt de noodzaak om afspraken te maken.
- Data van het object sensor en metingen en observaties door sensoren gaan in een grote diversiteit van systemen en overheidsprocessen voorkomen. Het lijkt erop dat nog veel systemen en processen daar niet klaar voor zijn. Denk aan datastromen die verwerkt gaan worden in nationale en internationale rapportages (o.a. CBS, RIVM). Sommige beheerders van objecten in de openbare ruimte lopen nu al tegen de grenzen van beheerssystemen aan, bijvoorbeeld als het gaat over de mogelijkheid om metadata van de sensor op te slaan voor het beheer van de infrastructuur van de openbare verlichting als deze wordt uitgebreid met sensoren, al dan niet voor de verlichting zelf. Een informatiemodel biedt houvast om gegevens eensluidend vast te leggen.
- Er zijn grote verschillen in de bewustwording wat sensoren in de openbare ruimte gaan betekenen en wat de impact op systemen en informatievoorziening kan zijn. Meer bekendheid geven aan de ontwikkeling creëert bewustwording en zet aan tot actie.
- Door het gebrek aan standaarden zijn er veel eigen definities en interpretaties. Er is onduidelijkheid over het object 'sensor' in betekenis en definitie. Tot welk detailniveau gaat de registratie van het object 'sensor'? Is de sensor de component dat de meting verricht dan wel de assemblage van een component met een microcontroller? Of is het een apparaat (het *device*) dat meerdere sensoren kan bevatten of is het een netwerk dat bestaat uit meerdere sensoren (de *nodes*)? Uniforme afspraken maken dat de discussies over de inhoud gaan in plaats van definities en welke geldig is.
- Huidige informatiemodellen zijn niet eensluidend en schieten te kort in de gedetailleerdere beschrijving van de sensor. De huidige informatiemodellen beschrijven meer de observaties en metingen van de sensor, niet hoe en waarmee er wordt gemeten. Het gelijktrekken en verdiepen van de beschrijving in de bestaande informatiemodellen maakt cross sectorale uitwisseling mogelijk.
- In de werksessie zijn er meer voors dan tegens geuit om een sensor informatiemodel op te zetten (zie bijlage C). Belangrijkste reden was de diversiteit van sensoren, de verscheidenheid en hoeveelheid van processen. Voorlopers in de markt voorzien problemen als er niets gedaan wordt.



- In de werksessie waren er meer voors dan tegens om een register voor sensoren op te zetten (zie bijlage C). Belangrijkste reden was de informatiebehoefte van belanghebbenden en de taak van de overheid om kenbaar te maken wat er in de openbare ruimte aanwezig is. Het wordt als een taak van de overheid gezien om informatie te kunnen verstrekken welke metingen en observaties door wie in de openbare ruimte wordt gedaan. Het ontbreekt momenteel aan een set aan afspraken en een systeem om deze informatie beschikbaar te maken.

Standaardisatie van de data uit de sensor en data-uitwisseling wordt al opgepakt in het kader van ICT-informatiemodellering binnen en tussen sectoren. In bijlage D is als indicatie van de activiteiten een lijst met ICT gerichte standaarden opgenomen.

## 4. Noodzaak en oplossingsrichtingen

De grootte van de impact van sensoren op de *Spatial Data Infrastructure* blijkt nauwelijks te overzien. Metingen en observaties door sensoren gaan een belangrijke plek innemen in veel systemen, processen en (wettelijk verplichte) rapportages die niet direct op elkaar aangesloten hoeven te zijn. Door de sensor als object en sensordata meer eenduidig te beschrijven, is het eenvoudiger om informatie over sensoren uit verschillende domeinen te delen. Het is dan ook eenvoudig om inzichtelijk te maken wat er waar hoe en door wie wordt gemeten (transparantie). Om administratieve kosten te voorkomen is er een noodzaak dat data tussen apparaten uitgewisseld kunnen worden en dat er een eenduidige vastlegging is. De afweging is daarmee meer wanneer er een vervolgstap genomen gaat worden, hoe die stap vorm gegeven wordt en wie daar verantwoordelijk is dan of het nodig is om een vervolgstap te nemen.

Hieronder beschrijven we mogelijke scenario's voor vervolgonderzoek.

### 4.1 Registratie van Sensor als object en/of sensordata

Het belang van sensoren in overheidsprocessen lijkt voldoende groot om nader te onderzoeken of een apart systeem voor registratie van sensoren met een centrale toegang haalbaar is. Bijvoorbeeld een register met meta informatie over sensoren en/of data uit de sensoren in een algemeen gedeelde informatiebron zoals OpenStreetMap of Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK).

#### Verder te onderzoeken:

- Hoe dit register opgezet kan worden
- Wat vastgelegd wordt
- Hoe dat georganiseerd kan worden
- Onderzoeken wie de registerhouder kan worden (bijvoorbeeld het Kadaster)
- Financieringsmodel van het register

### 4.2 Informatiemodel voor Sensoren

In de verschillende informatiemodellen, is de sensor niet eenduidig beschreven. Dit probleem kan op twee manieren benaderd worden:

- Door een apart informatiemodel voor het object sensor op te stellen;
- Door het nader beschrijven van het object sensor in bestaande informatiemodellen.

#### Verder te onderzoeken:

- Bij de beheerder en de gemeenschap van de onderkende informatiemodellen nagaan wat er verder nodig is voor een nadere beschrijving van het object sensor
- Welke structuur van het begrip sensor binnen informatiemodellen gewenst is en hoe deze, zoveel mogelijk, uniform te houden is in alle informatiemodellen



- Als er een apart informatiemodel voor de sensor komt, hoe dat model eruitziet c.q. het model uitwerken

### 4.3 Verkenning verder voortzetten

Natuurlijk is het ook mogelijk dat er geen opdrachtgever voor een verder onderzoek gevonden kan worden omdat de noodzaak voor een of enkele opdrachtgevers nog onvoldoende is bewezen in de verkenning. In dat geval adviseren we om het gesprek aan te gaan met mogelijke opdrachtgevers om dieper in te gaan op de problemen en de consequenties te bespreken.





## Bibliografie

Coleman, D.J. and J.D. McLaughlin (1998). *Defining Global Geospatial Data Infrastructure (GGDI): Components, Stakeholders And Interfaces*. *Geomatica*, Vol. 52, No. 2, pp. 129-143.  
[https://www.researchgate.net/profile/David\\_Coleman2/publication/291089003\\_Defining\\_global\\_geospatial\\_data\\_infrastructure\\_GGDI\\_components\\_stakeholders\\_and\\_interfaces/links/575b013208aec91374a6204c.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David_Coleman2/publication/291089003_Defining_global_geospatial_data_infrastructure_GGDI_components_stakeholders_and_interfaces/links/575b013208aec91374a6204c.pdf)

Kastelijns, M. (2016). *Making Sense of Standards: An evaluation and harmonisation of standards in the sensor web*. Opgeroepen op Februari 9, 2017, van GDMC:  
[http://www.gdmc.nl/publications/2016/Making\\_Sense\\_of\\_Standards\\_Sensor\\_Web.pdf](http://www.gdmc.nl/publications/2016/Making_Sense_of_Standards_Sensor_Web.pdf)

NEN. (2017). *Nederlandse Standaardisatie Adviesgroep Smart Cities (NLSAD-SC)*. Opgeroepen op Februari 3, 2017, van NEN: <https://www.nen.nl/Normontwikkeling/Nederlandse-Standaardisatie-AdviesGroep-Smart-Cities.htm>

OVLNL. (2016, September 18). *OVLNL netwerk "Smart Lighting"*. Opgeroepen op Februari 3, 2017, van OVLNL:  
<https://www.ovlnl.nl/netwerken/smart-lighting>

Taylor, K., Janowicz, K., Le Phuoc, D., & Haller, A. (2017). *Semantic Sensor Network Ontology*. Opgeroepen op Februari 3, 2017, van W3C: <https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/>



## Bijlage A – De sensor als object in bestaande informatiemodellen (BRO, IMGeo/BGT, IMBOR)

### Basisregistratie Ondergrond (BRO)

In de BRO zijn totaal zesentwintig registratie objecten voorzien, gestructureerd in vier gegevens categorieën en zes registratie domeinen. Deze structuur is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1 - Structuur Basisregistratie Ondergrond

Gegevenscategorie	STRUCTUUR	Registratiedomein	
	INHOUD Registratieobject		
Verkenning (resultaat)	1. Geotechnisch sondeonderzoek	Bodem- en grondonderzoek	
	2. Geo-elektrisch onderzoek		
	3. Seismisch onderzoek		
	4. Boormonsterprofiel ( <i>overige onderdelen boormonsteronderzoek volgen in een latere tranche</i> )		
	5. Profielonderzoek		
Constructie (hardware)	6. Bodemmeetnet	Bodemkwaliteit (in landelijk gebied)	
	7. Bodemsamenstellingsonderzoek	Grondwatermonitoring	
	8. Grondwatermonitoringnet		
	9. Grondwatermonitoringput		
	10. Grondwaterstandonderzoek		
	11. Grondwatersamenstellingsonderzoek ( <i>NB: was aanvankelijk gepland in tranche 1, doorgeschoven naar vervolgantranche</i> )	Mijnbouwwet	
	12. Synthese grondwaterkwaliteit		
	13. Synthese grondwaterstand		
	14. Mijnbouwwet boorgatsysteem		
	15. Mijnbouwwet booronderzoek		
	16. Mijnbouwwet putsysteem		
	17. Mijnbouwwet productiedossier		
	Gebruiksrecht (vergunning)	18. Mijnbouwwetvergunning	Grondwatergebruik
		19. Koolwaterstof Reservedossier	
20. Grondwatergebruikssysteem			
21. Grondwaterproductiedossier			
Model (interpretatie)	22. Koolwaterstofvoorkomen	Modellen	
	23. Bodem- en grondwatertrappenkaart 1: 50.000		
	24. Geomorfologische kaart 1: 50.000		
	25. REGIS (inclusief DGM)		
	26. GeoTOP		

Bron: Rijksoverheid, Basisregistratie Ondergrond (BRO)

Verkregen van: <https://bro.pleio.nl/structuur-van-de-gegevens-in-de-BRO>



De BRO en het informatiemodel IMBRO zijn momenteel in ontwikkeling. De sensor als object is niet opgenomen in de BRO, maar binnen verschillende registratie domeinen kan een sensor terugkomen onder 'meetinstrument'. Een voorbeeld is het registratie domein 'Bodem- en Grondonderzoek', of 'Grondwatermonitoring' wat metingen van de grondwaterstand betreft. Het informatiemodel zelf zegt niks welk meetinstrument gebruikt is om de grondwaterstand daadwerkelijk te meten.

## Informatiemodel Geografie (IMGeo)

Het IMGeo bevat afspraken over uitwisseling van plus- en beheertopografie en is geschikt voor uitwisseling van 3D geo-informatie. De BGT is het wettelijk verplichte deel van deze IMGeo standaard. De sensor is opgenomen als een IMGeo-object, maar is niet verplicht in de BGT (Basisregistratie Grootchalige Topografie). Het IMGeo ziet de sensor als een inrichtingselement.

Tabel 2 – De sensor als IMGeo-object

Object	BGT classificatie	Plus classificatie	Geometrie
<b>Sensor</b>		<i>Type:</i>	
	niet-bgt	camera	Punt
	niet-bgt	debietmeter	Punt
	niet-bgt	hoogtedetectieapparaat	Punt
	niet-bgt	detectielus	Lijn
	niet-bgt	weerstation	Punt
	niet-bgt	flitser	Punt
	niet-bgt	waterstandmeter	Punt
	niet-bgt	windmeter	Punt
	niet-bgt	lichtcel	Punt
	niet-bgt	GMS sensor	Punt
	niet-bgt	radar detector	Punt
	niet-bgt	waterleidingput	Punt

Bron: L. van den Brink, H. van Eekelen, M. Reuvers (2013). Basisregistratie grootschalige topografie. Gegevenscatalogus IMGeo 2.1.1. Ministerie van Infrastructuur & Milieu

De sensor kan een objecttype of een featuretype zijn in het IMGeo. De definitie is 'een apparaat voor de meting van een fysieke grootheid (bijvoorbeeld temperatuur, licht, druk of elektriciteit)'. Onder 'sensor' zijn 11 verschillende sensorobjecten onderscheiden zoals bijvoorbeeld de debietmeter. Hierin is de definitie aangegeven, of het verplicht is, een foto hoe het object te herkennen is en hoe het attribuut genoemd moet worden.

### Afbeelding 2 – Omschrijving debietmeter in IMGeo

debietmeter (niet BGT)

**Definitie:**

Een instrument dat de (afvoer)capaciteit van de volumestroom meet. (bron: definities.geostandaarden.nl)

**Verplicht?** Nee, optioneel want IMGeo-object



debietmeter

Attribute name	Attribute value
type	debietmeter

Bron: Ministerie van Infrastructuur & Milieu, Objectenhandboek BGT/IMGeo  
 Verkregen van <http://imgeo.geostandaarden.nl/def/imgeo-object/sensor>

[: camera \(niet BGT\)](#) [omhoog](#) [hoogtedetectieapparaat \(niet BGT\) >](#)



De koppeling tussen 'object' als een paal en de 'sensor' wordt in IMGEO alleen in de toelichting besproken bijvoorbeeld: '*er kunnen meerdere borden/sensoren aan een paal bevestigd zijn. Dit is niet expliciet gemodelleerd*' (Gegevenscatalogus IMGeo 2.1.1). In de plus-type van de sensor (alleen in IMGEO) wordt ook het soort sensor (IMGeo plus-populatie) aangegeven.

Tabel 3 – De sensor in IMGeo Plus

#### 8.31 TypeSensor

niet-bgt	Het object is geen BGT object. (bron: IMGEO 2.1)
----------	--

#### 8.32 TypeSensorPlus

camera	Installatie voor de registratie van beelden van situaties, waarvan directe observatie moeilijk of niet permanent mogelijk is. (bron: CROW)
debietmeter	Een instrument dat de (afvoer)capaciteit van de volumestroom meet. (bron: GWBR gegevenswoordenboek riolering)
hoogtedetectieapparaat	Een mechanisch of elektronisch waarschuwingssysteem, dat in werking treedt bij overschrijding van de aangegeven maximale doorrijhoogte. (bron: IMGEO 2.0)
detectielus	In de verharding opgenomen lusvormig onderdeel van een verkeersdetector. (bron: CROW)
weerstation	Een weerstation is een verzameling instrumenten die het weer kunnen meten. (bron: Wikipedia)
flitser	Een flitser bevat een mechanisme om een snelheidsmeting uit te voeren om snelheidsovertredingen in het verkeer te kunnen vaststellen. (bron: IMGEO 2.0)
waterstandmeter	Een meter die de waterstand, over het algemeen ten opzichte van NAP, meet. (bron: IMGEO 2.0)
windmeter	Apparatuur waarmee de snelheid en de richting van de wind kan worden gemeten. (bron: CROW)
lichtcel	Lichtcel waarmee het verlichtingsniveau naar een lager verlichtingsniveau omgeschakeld wordt (dimmen) wanneer de situatie dit toelaat. (bron: IMGEO 2.0)
GMS sensor	Gladheidsmeldsysteem (GMS) waarmee de kans op gladheid wordt voorspeld aan de hand van meting en interpretatie van de parameters die een rol spelen bij het ontstaan van gladheid. (bron: IMGEO 2.0)
radar detector	Met een radardetector wordt het verkeer gedetecteerd, bijvoorbeeld voor het beïnvloeden van verkeerslichten. (bron: IMGEO 2.0)

Bron: L. van den Brink, H. van Eekelen, M. Reuvers (2013). Basisregistratie grootschalige topografie. Gegevenscatalogus IMGEO 2.1.1. Ministerie van Infrastructuur & Milieu

## Informatiemodel Beheer Openbare Ruimte (IMBOR)

Het IMBOR dient als schakel tussen het IMGeo/BGT en producten voor het beheer van de openbare ruimte en bevat afspraken over de benamingen en definities van de beheergegevens die aan de objecten in de openbare ruimte gekoppeld kunnen worden. Ook de samenhang wordt beschreven in het IMBOR.

Het IMBOR heeft het objecttype van IMGEO 2.1 betreft sensoren overgenomen, en voegt hier 'detector' nog aan toe. Weliswaar is deze ook kandidaat voor IMGEO versie 2.2. De IMBOR heeft (nog) geen attributen onder sensoren gebracht omdat dit deel van het informatiemodel nog in ontwikkeling is.



### Afbeelding 3 – IMBOR Sensoren

**kennisplatform**  
**CROW**

**IMBOR Sensoren**  
In ontwikkeling

Sensoren

Camera	Flitser	Weerstation
Debietmeter	Hoogtedetectieapparaat	Windmeter
Detectielus	GMS-sensor	
<b>Detector</b>	Radardetector	
DRIP	Sirene	

info

Bron: IMBOR-Catalogus versie 1.0  
Verkregen van Kennisplatform CROW

## Hoe is de sensor als object opgenomen in al bestaande informatiemodellen?

Het IMGeo en IMBOR hebben de sensor opgenomen als objecttype maar deze is niet verplicht gesteld in de BGT. De definitie in het IMGeo is zeer gericht op het meten van fysieke grootheden en dus semantisch beperkt. De bijbehorende sensoren in de 'TypeSensorPlus' zijn dan ook gericht op deze fysieke grootheden waardoor de ontologie van 'sensor als object' niet volledig is. Ook de koppeling met andere objecten zoals een paal zijn beperkt en worden kort toegelicht in de attribuut toelichting.

De IMBOR-Catalogus gaat definities van het IMGeo 2.1 en 2.2 overnemen. Niet alle type sensoren worden overgenomen en sommige verschillen bijvoorbeeld DRIP (dynamisch route paneel) en sirene. De BRO heeft de sensor helemaal niet opgenomen in de registratie maar verwijst wel naar verschillende soorten metingen. Hierbij wordt niks gezegd over hoe de meting wordt verricht.

Deze inventarisatie laat zien dat de sensor, hoewel deze in sommige informatiemodellen benoemd wordt, niet volledig is (voornamelijk gericht op metingen van fysieke grootheden) en niet overeenkomt.



## Bijlage B – Output uit de werksessies 24 januari 2017

Na een oproep via het Geonovum netwerk hebben zich 67 deelnemers aangemeld voor de eerste verkennende sessie, gehouden op 24 januari 2017 in Amersfoort. De deelnemers kwamen uit een grote variëteit van organisaties, zowel vanuit de centrale als lokale overheid, het bedrijfsleven en onderwijs.

De algemene tendens uit de werksessies was dat vastlegging van sensoren al gebeurt, doch dat uniformiteit ontbreekt en het onduidelijk is wat er gebeurt bij de verwachte toename van sensoren. Het werd zelfs 'business as usual' genoemd: bedrijven en overheden weten precies waar sensoren hangen, maar andere belanghebbenden niet. Het probleem is dat enerzijds dit soort registraties niet gedeeld (kunnen worden) en anderzijds de kwaliteit van de meta data verschilt en deze niet onderling uitwisselbaar zijn. Het bleek dat er nog veel onduidelijk was betreft de sensor als object in de openbare ruimte. Al bij de drie inleidende presentaties (informatiemodellen, WOB onderzoek naar registratie van lichtmast attributen, nut van een smart city aanpak) kwamen er al veel vragen. Bij de begeleide parallelsessies ging de discussie dieper in op de kwestie door geponeerde vragen. Deze bijlage beschrijft de observaties die tijdens de verkenning zijn gemaakt.

Afbeelding 4 – 'Daar is die sensor': een deel van de deelnemers aan de werksessie



### Welk probleem lossen we op en wat hebben we er aan?

Tijdens de verkenning bleek dat het moeilijk te bevatten is wat de werkelijke impact van grote hoeveelheden sensoren in de openbare ruimte is op de rol van de overheid in relatie tot informatie over de sensor als object. Soms wordt er gedacht vanuit het perspectief dat er weinig zal veranderen, soms dat de markt zichzelf reguleert, soms dat het een aangelegenheid van de burgers is. Ook lijkt er een definitiekwestie te zijn wat nu eigenlijk een sensor is.

Bij de inventarisatie welke systemen baat hebben bij de inzet van sensoren werden er vele primaire en secundaire systemen met bijbehorende processen voor de overheid genoemd. Onderstaand overzicht geeft een goed inzicht hoe breed men verwacht dat sensoren kunnen ingezet worden.





Tabel 4 – Mogelijke systemen en processen om een sensor te gebruiken

<b>Systemen en processen</b>	
▪	<b>Veiligheid</b> overlast, inbraak preventie, alarmering op buurt of wijkniveau, branddetectie, politie, dijkpreventie, huis
▪	<b>Beheer van de openbare ruimte</b> Afval, riolering, gladheidsbeschrijving en bestrijding, hondenpoep overlast, leefbaarheid, zwerfafval monitoring, dimmer openbare verlichting
▪	<b>Crowd control</b> bijvoorbeeld tijdens evenementen, gebruikers statistieken, spreiden van toeristen
▪	<b>Infrastructuur &amp; verkeer</b> mobiliteitsoptimalisatie (doorstroming), onderhoud, parkeren, logistiek, vervoer en transport
▪	<b>Milieu en gezondheid</b> stralingsmeting, emissiemeting, luchtkwaliteit, waterkwaliteit, faunabeheer, landbouw emissies, vogeltellingen
▪	<b>Overig</b> energie verbruik, financiën, maaltijdsbezorging, onderhoudsstatus, recreatie, schade afhandeling, sport, stormschade, vastgoed, peilbuis meting

Afkomstig uit verkennende sessie 24 januari 2017

De techniek in sensoren is dusdanig ver dat sensoren inmiddels als onmisbare instrumenten worden beschouwd voor het verzamelen van relevante data over de openbare ruimte. Deze technieken zijn gericht op efficiëntie - maar roepen ook vraagstukken op het gebied van privacy, techniek, locatie, zeggenschap en eigenaarschap van data op. Data mag niet zomaar geleverd worden aan derden vanwege anonimiteit en doelbinding. Daardoor stellen gemeentes als Eindhoven dat ze moeite hebben met de bewustmaking van het publiek over sensoren.

Er is een nuanceverschil tussen particuliere sensors en sensoren in de openbare ruimte. Uit de sessies bleek dat het relevant is om sensoren in kaart te brengen die in het belang staan van de faciliterende rol van de overheid in de openbare ruimte, bijvoorbeeld geluidsoverlast. Het gaat in dit geval om een publiek belang, waar de overheid tijdig bij dient te zijn om dit belang te beschermen. De sensor is dikwijls een 'black-box' en om vragen vanuit beheerders, burgers of anderen te kunnen beantwoorden zou meer transparantie gewenst zijn. Overheden moeten gegevens als waar, wie, wat, controle, toegang en beheer kunnen opslaan, ongeacht of het de overheid is die de sensor in de openbare ruimte plaatst. Waar hangen sensoren en wat wordt gemeten? Transparantie zou er voor zorgen dat overheden sensoren kunnen vinden voor gebruik van verschillende doeleinden. Hierbij is het belangrijk dat de privacy van burgers geborgd wordt en dat gevoelige informatie beschermd blijft.

Betreft het particuliere sensoren dan zijn de meningen verdeeld of het vastleggen van informatie. In het algemeen worden particuliere sensoren gezien als onbetrouwbaar(der) vanwege eigen selectie/goedkopere varianten/onbekende precisie, meer 'gedoe' vanwege schaalverschillen en registeren zal beperkend werken. De tendens is: laat dit maar gebeuren en pleit voor samenwerking met particulieren die willen aanhaken aan meer officiële netwerken. Voor die samenwerking kunnen dan eisen gesteld worden.

Het registreren van sensoren in de openbare ruimte lijkt niets nieuws onder de zon, al gebeurt dit los van elkaar en lijkt het creëren van een informatiemodel richting te kunnen geven aan problemen omtrent techniek, locatie, privacy, zeggenschap en eigenaarschap. Voor overheden is het van belang om bewustmaking te creëren en kenbaarheid te scheppen over sensoren in de openbare ruimte. Registratie wordt dan gedaan voor beheer, voor vindbaarheid en voor gebruik van sensoren.



## Oplossingsrichting: wat waar vast te leggen?

In de tweede ronde van de parallelsessies zijn concreet vragen gesteld in hoeverre vastlegging van sensoren nodig is. Opvallend was dat er meer voordelen werden genoemd voor zowel een uniform informatiemodel als een centrale plek waar informatie te vinden is. Het kenbaar kunnen maken van gegevens wat er in de openbare ruimte wordt gemonitord werd algemeen onderschreven als een taak voor de overheid.

### Een informatiemodel?

Een informatiemodel voor sensoren lijkt onder de discussiegroepen ten goede te komen voor kwaliteitsbeheersing en de uitwisselbaarheid van sensor object data. De betrouwbaarheid en de kwaliteit van de metingen worden gezien als cruciaal vanwege onderlinge verschillen in sensoren voor het belang van de uitkomsten van data. Een uitdaging voor dit informatiemodel kan zijn dat het model voor meerdere doelen en faciliteiten gebruikt moet worden, en sensoren onderling kunnen variëren. Gehoorde nadelen zijn de kosten, administratieve en beheerders lasten, te gedetailleerd en te beperkend voor innovatie binnen de ontwikkeling van sensoren (zie tabel 5).

Aansluitend op de discussie dat niet alle sensoren relevant zijn voor de overheid en de openbare ruimte en dus niet geregistreerd hoeven worden, hoort de discussie welke systemen en processen wel relevant zijn voor vastlegging. Dit zijn voornamelijk systemen en processen die gezien worden als 'basistaak' voor de overheid. Deze zijn ondergebracht onder verschillende thema's als 'Veiligheid', 'Beheer van de Openbare Ruimte', 'Crowd Control', 'Infrastructuur & Verkeer' en 'Milieu en Gezondheid'.

Tabel 5 - Voor- en tegenargumenten voor een informatiemodel van sensoren

Voor	Zowel voor als tegen	Tegen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overzichtelijk (eenduidig)</li> <li>• Kwaliteitsbeheersing</li> <li>• Uitwisselbaar</li> <li>• Vergelijkbaar (uniform)</li> <li>• Overdraagbaar</li> <li>• Verantwoording</li> <li>• Continuïteit</li> <li>• Toegankelijkheid</li> <li>• Kwaliteitscontrole</li> <li>• Kostenbeheersing</li> <li>• Big data</li> <li>• Duidelijkheid ontwikkelaars</li> <li>• Werkgelegenheid</li> <li>• Voorbeeld: veiligheid, ik wil graag weten welke sensoren er zijn, of ze het doen en wat de status is</li> <li>• Niets nieuws, dus hergebruik mogelijk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenaarschap/ data</li> <li>• Data model moet gebruikt worden voor meerdere doelen en faciliteiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten</li> <li>• Administratieve last</li> <li>• Is te gedetailleerd, is te veel werk</li> <li>• Te beperkend: beperkt ontwikkeling en innovatie</li> <li>• Verspilde moeite: het gaat niet lukken</li> <li>• Het model moet beheerd worden</li> </ul>

Afkomstig uit verkennende sessie 24 januari 2017





### **Een centraal register?**

Een vaak genoemd voordeel van een centraal register is het geven van overzicht waar sensoren zijn en wat een sensor doet (zie tabel 6). Een register zou helpen in de consistentie van vastlegging dan wel de een nationaal dekkende presentatie van gegevens. Kenbaarheid, dus het laten zien wat er is lijkt hier een belangrijk aspect in te zijn. Registratie is niks nieuws maar omdat het sensoren in de publieke ruimte betreft moet dit kenbaarheid gemaakt worden voor de gebruikers. Een register zou algemeen inzicht kunnen geven over de metadata van sensor objecten. Een genoemd voorbeeld zou een centrale inzage kaart zijn, waar decentraal data aan toegevoegd wordt.

De vraag is hoe precies een register zou moeten zijn. Omdat de scope van sensoren breed is - moet een register betrekking hebben op de meest 'kritieke' sensoren en de sensoren die in het belang van de overheid staan met bijbehorende attributen (zie tabel 7). Wanneer sensoren gebruikt worden door overheden en formeel een taak vervullen, wordt geacht dat de overheid op de hoogte is van het functioneren van de sensor en bij wie gebreken kunnen worden gemeld. Dit moet zo 'simpel' mogelijk. Dit staat in lijn met genoemde nadelen als beheerskosten, administratielast vanwege te maken uniforme regelgeving en privacy.

Gezien de hoeveelheid systemen die onder verschillende verantwoordelijkheden vallen volgt vanzelf de vraag welke afspraken er nodig zijn om de metadata van een sensor als object vast te kunnen leggen zodat systemen hiermee kunnen werken en er een voldoende uitwisselbaarheid van data tussen de systemen is. Als probleem zien we dat het onduidelijk is voor welke informatie over sensoren in de openbare ruimte de overheid verantwoordelijk is, in welke processen de metadata van de sensor essentieel is en welke kosten er komen als er geen duidelijke afspraken worden gemaakt over het vastleggen van data over sensoren.



Tabel 6 - Voor- en tegenargumenten voor een centraal register van sensoren

Voor	Zowel voor als tegen	Tegen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenbaarheid van sensoren: geeft een overzicht wat en waar</li> <li>• Register van sensoren is een soort gouden gids</li> <li>• Als er sensoren zijn in de openbare ruimte, <u>moet</u> dat bekend zijn voor gebruikers van de ruimte</li> <li>• Één leidende bron (consistentie in de vastlegging)</li> <li>• Laat zien wat er is; maar standaardisatie hoeft nog niet</li> <li>• Landelijke analyse: <u>nationale</u> data wordt toegankelijk</li> <li>• Vinden = gebruiken</li> <li>• Voor 'kritieke' sensoren: dus een register dat zo simpel mogelijk is</li> <li>• Geen dubbel werk: niet weten is mogelijk opnieuw installeren</li> <li>• Veiligheid</li> <li>• Wat wordt er gemeten</li> <li>• Sensoren die data en personen registreren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Verplichting gesteld aan partijen</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Beheerskosten</i></li> <li>• <i>Vraagt uniforme regelgeving</i></li> <li>• <i>Administratielast</i></li> <li>• <i>Privacy</i></li> <li>• <i>Hoe precies moet de data zijn? Heel NL versus stad</i></li> </ul>

Afkomstig uit verkennende sessie 24 januari 2017

Tabel 7 - Attributen voor in het centraal register

<b>Attributen voor in het centraal register</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• X, Y, Z als locatie data</li> <li>• Datum van aanschaf, installatie, plaatsing, controle en reparatie</li> <li>• Actief (ja of nee)</li> <li>• Beheerder en eigenaar</li> <li>• Firmware versie</li> <li>• Leverancier</li> <li>• Hoofdfunctie, type sensor (camera, geluid etc.)</li> <li>• Sub functie</li> <li>• Precisie, klasse, kwaliteitskenmerken</li> <li>• Meeteenheid, nauwkeurigheid, betrouwbaarheid, frequentie en historie</li> <li>• Tijd</li> <li>• Uptime en status van de sensor, in verband met aansprakelijkheid van de overheid</li> <li>• Referentie (naam)</li> <li>• Link data tot plek</li> </ul>

Afkomstig uit verkennende sessie 24 januari 2017



## Bijlage C – Smart Emission, Nijmegen

In de verkenning naar een eventuele basisregistratie en standaardisatie van sensoren in de openbare ruimte kan gekeken worden naar eerder werk vanuit het Making Sense For Society platform, namelijk het Smart Emission pilot-project, een *living lab* in Nijmegen, een samenwerking van de Radboud Universiteit, de gemeente Nijmegen, het RIVM en bedrijven Intemo en CityGIS. Hoe is in dit project gekeken naar de *Spatial Data Infrastructure*?

“Het Smart Emission project draait om het in kaart brengen van luchtkwaliteit, geluid, trillingen en meteorologische indicatoren in de stad (Nijmegen) op een fijnmazig schaalniveau, door inwoners met zogenoemde burger sensor-netwerken” - Website Smart Emission (<http://smartemission.ruhosting.nl>)

Het project, wat afliep in december 2016, test of de sensor-data afkomstig van burger-sensor-netwerken aanvullend is aan professionele metingen van het RIVM. Smart Emission keek naar de (geo) infrastructuur en de visualisatie van data ten behoeve van de dialoog tussen onderzoekers en lokale bewoners, waardoor kenbaarheid heel belangrijk is. Uit het onderzoek van Kerssemakers (2016) blijkt dat een van de kernvoorwaarden van een living lab openheid is, en deze zeer belangrijk is gebleken binnen dit project voor verdere samenwerking en het netwerk. Smart Emission is een project geworden waar burgers data verzamelen, data interpreteren en actie ondernemen naar aanleiding van data (faciliteren, raadplegen en adviseren). Kenbaarheid en visualisatie van data spelen hierbij een belangrijke rol. Het projectteam pakte de data analyse op en nam dus een meer regisserende en stimulerende rol op zich. Dankzij het gebruik van verschillende internationale standaarden in API (*application programming interface*) op het gebied van data en communicatie (zie hieronder), is data ontsloten in visualisatie. De technische documentatie is door Geonovum ontwikkeld en draait binnen het Fiware Lab NL.

De data visualisatie gaat verder dan het weergeven waar sensoren hangen; de applicaties geven ook meetgegevens betreft meteo, lucht en geluid. De bovenstaande standaarden zijn gebruikt om zo open data te genereren. De SmartApp is speciaal voor de deelnemende bewoners ontwikkeld waarin de laatste meetgegevens opgevraagd kunnen worden per sensor (afbeelding 5) Andere viewers zijn:

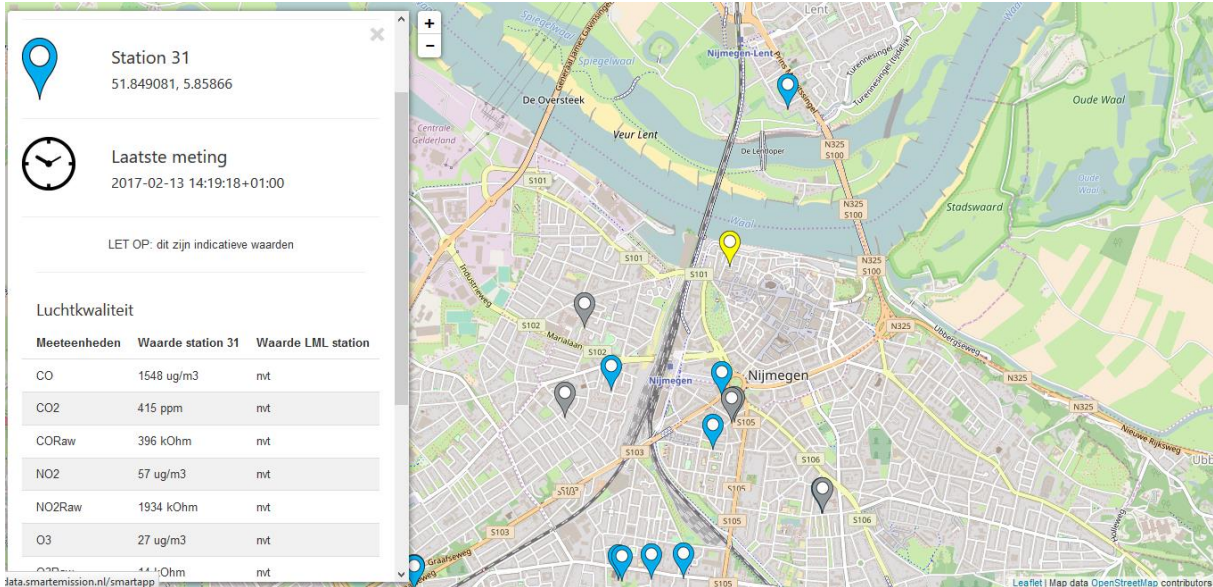
- *Heron viewer*: verwerkt één sensorwaarde voor de gehele stad. In deze viewer worden plug-ins ontwikkeld die gestandaardiseerd selecties kunnen maken.  
<http://smartemission.nl/heron/>
- *Whale viewer*: bevat ruwe, onverwerkte data.  
<http://whale.citygis.nl/sensorviewer2>

Dankzij de open gegevens van Smart Emission, zijn ook andere apps gemaakt door derden (aangesloten op de SE API's) bijvoorbeeld TNO, Imagem (afbeelding 6) en de gemeente Utrecht. Kenbaarheid, open data en gestandaardiseerde visualisatie leiden tot gebruik en implementatie van data uit het Smart Emission project en daarmee aan democratisering van kennis, meer actievare burgers en 'bottom-up' planningsprocessen.

Meer informatie over het project is te vinden op <http://smartemission.ruhosting.nl> en <http://www.geonovum.nl/onderwerpen/locatielab/smart-emission>

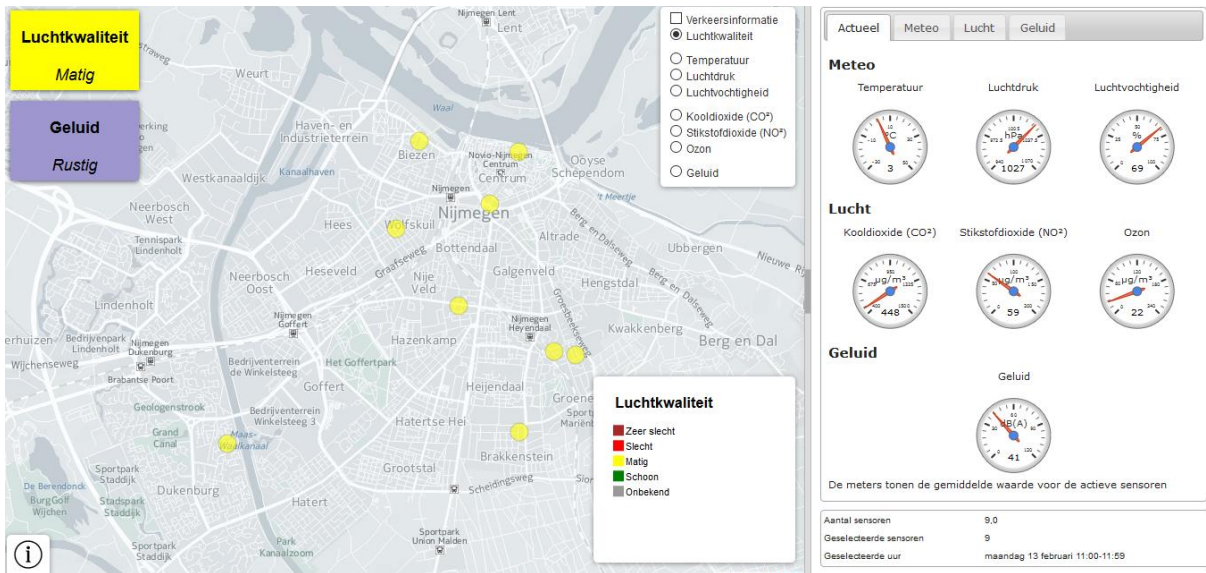


Afbeelding 5 – SmartApp Viewer



Verkregen van: <http://smartermission.nl/smartaapp/>

Afbeelding 6 – Smart M-App (Imagem)



Verkregen van: <http://apollo.imagem.nl/SensorSmartMapp>



## Bijlage D – Voorbeelden ICT-Standaarden

*Om een indruk te geven welke ICT-standaarden er zijn, is een overzicht gezocht dat hier een indruk over kan geven. Voor betrokken personen is het tevens een naslagwerk voor de uitvoering van hun werkzaamheden.*

### **An overview of protocols involved in Internet of Things devices and applications. Help clarify with IoT layer technology stack and head-to-head comparisons**

**Bron:** Postscapes – Internet of Things Protocols. Verkregen van: <http://www.postscapes.com/internet-of-things-protocols/>

The Internet of Things covers a huge range of industries and use cases that scale from a single constrained device up to massive cross-platform deployments of embedded technologies and cloud systems connecting in real-time. Tying it all together are numerous legacy and emerging communication protocols that allow devices and servers to talk to each other in new, more interconnected ways.

At the same time, dozens of alliances and coalitions are forming in hopes of unifying the fractured and organic IoT landscape.

#### **The following Channel Guide:**

- Provides overview list of popular protocols and standards helping power IoT devices, apps and applications
- Drill down on specific layers or industry specific protocols
- List head-to-head comparisons of popular protocols (ie: mqtt vs xmpp)

#### **Protocols**

Rather than trying to fit all of the IoT Protocols on top of existing architecture models like [OSI Model](#), we have broken the protocols into the following layers to provide some level of organization:

1. **Infrastructure** (ex: 6LoWPAN, IPv4/IPv6, RPL)
2. **Identification** (ex: EPC, uCode, IPv6, URIs)
3. **Comms / Transport** (ex: Wifi, Bluetooth, LPWAN)
4. **Discovery** (ex: Physical Web, mDNS, DNS-SD)
5. **Data Protocols** (ex: MQTT, CoAP, AMQP, Websocket, Node)
6. **Device Management** (ex: TR-069, OMA-DM)
7. **Semantic** (ex: JSON-LD, Web Thing Model)
8. **Multi-layer Frameworks** (ex: Alljoyn, IoTivity, Weave, Homekit)

#### **Infrastructure**

[IPv6](#) - "IPv6, is an Internet Layer protocol for packet-switched internetworking and provides end-to-end datagram transmission across multiple IP networks.

[6LoWPAN](#) - "6LoWPAN is an acronym of IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks. It is an adaption layer for IPv6 over IEEE802.15.4 links. This protocol operates only in the 2.4 GHz frequency range with 250 kbps transfer rate."

[UDP](#) (User Datagram Protocol) - A simple OSI transport layer protocol for client/server network applications based on Internet Protocol (IP). UDP is the main alternative to TCP and one of the oldest network protocols in existence, introduced in 1980. UDP is often used in applications specially tuned for real-time performance.

- [QUIC](#) (Quick UDP Internet Connections, pronounced quick) supports a set of multiplexed connections between two endpoints over User Datagram Protocol (UDP), and was designed to provide security protection equivalent to TLS/SSL, along with reduced connection and transport latency, and bandwidth estimation in each direction to avoid congestion.

- [Aeron](#) - Efficient reliable UDP unicast, UDP multicast, and IPC message transport.

[uIP](#) - The uIP is an open source TCP/IP stack capable of being used with tiny 8- and 16-bit microcontrollers. It was initially developed by Adam Dunkels of the "Networked Embedded Systems" group at the Swedish Institute of Computer Science, licensed under a BSD style license, and further developed by a wide group of developers.



[DTLS](#) (Datagram Transport Layer) - "The DTLS protocol provides communications privacy for datagram protocols. The protocol allows client/server applications to communicate in a way that is designed to prevent eavesdropping, tampering, or message forgery. The DTLS protocol is based on the Transport Layer Security (TLS) protocol and provides equivalent security guarantees."

[ROLL](#) / RPL (IPv6 routing for low power/lossy networks)

[NanoIP](#)

"NanoIP, which stands for the nano Internet Protocol, is a concept that was created to bring Internet-like networking services to embedded and sensor devices, without the overhead of TCP/IP. NanoIP was designed with minimal overheads, wireless networking, and local addressing in mind."

[Content-Centric Networking](#) (CCN) - [Technical Overview](#)

"Next-gen network architecture to solve challenges in content distribution scalability, mobility, and security. CCN directly routes and delivers named pieces of content at the packet level of the network, enabling automatic and application-neutral caching in memory wherever it's located in the network. The result? Efficient and effective delivery of content wherever and whenever it is needed. Since the architecture enables these caching effects as an automatic side effect of packet delivery, memory can be used without building expensive application-level caching services."

[Time Synchronized Mesh Protocol](#) (TSMP)

A communications protocol for self-organizing networks of wireless devices called motes. TSMP devices stay synchronized to each other and communicate in timeslots, similar to other TDM (time-division multiplexing) systems.

Discovery

[mDNS](#) (multicast Domain Name System) - Resolves host names to IP addresses within small networks that do not include a local name server.

[Physical Web](#) - The Physical Web enables you to see a list of URLs being broadcast by objects in the environment around you with a Bluetooth Low Energy (BLE) beacon.

[HyperCat](#) - An open, lightweight JSON-based hypermedia catalogue format for exposing collections of URIs.

[UPnP](#) (Universal Plug and Play) - Now managed by the Open Connectivity Foundation is a set of networking protocols that permits networked devices to seamlessly discover each other's presence on the network and establish functional network services for data sharing, communications, and entertainment.

Data Protocols

[MQTT](#) (Message Queuing Telemetry Transport)

"The MQTT protocol enables a publish/subscribe messaging model in an extremely lightweight way. It is useful for connections with remote locations where a small code footprint is required and/or network bandwidth is at a premium."

### **Additional resources**

[MQTT-SN](#) (MQTT For Sensor Networks) - An open and lightweight publish/subscribe protocol designed specifically for machine-to-machine and mobile applications

- [Mosquitto](#): An Open Source MQTT v3.1 Broker

- [IBM MessageSight](#)

[CoAP](#) (Constrained Application Protocol)

"CoAP is an application layer protocol that is intended for use in resource-constrained internet devices, such as WSN nodes. CoAP is designed to easily translate to HTTP for simplified integration with the web, while also meeting specialized requirements such as multicast support, very low overhead, and simplicity. The CoRE group has proposed the following features for CoAP: RESTful protocol design minimizing the complexity of mapping with HTTP, Low header overhead and parsing complexity, URI and content-type support, Support for the discovery of resources provided by known CoAP services. Simple subscription for a resource, and resulting push notifications, Simple caching based on max-age."

[-Additional resources](#)

- [SMCP](#) — A C-based CoAP stack which is suitable for embedded environments. Features include: Support draft-ietf-core-coap-13, Fully asynchronous I/O, Supports both BSD sockets and UIP.

[STOMP](#) - The Simple Text Oriented Messaging Protocol

[XMPP](#) (Extensible Messaging and Presence Protocol)

"An open technology for real-time communication, which powers a wide range of applications including instant





messaging, presence, multi-party chat, voice and video calls, collaboration, lightweight middleware, content syndication, and generalized routing of XML data."

- [XMPP-IoT](#)

"In the same manor as XMPP silently has created people to people communication interoperable. We are aiming to make communication machine to people and machine to machine interoperable."

[Mihini/M3DA](#)

"The Mihini agent is a software component that acts as a mediator between an M2M server and the applications running on an embedded gateway. M3DA is a protocol optimized for the transport of binary M2M data. It is made available in the Mihini project both for means of Device Management, by easing the manipulation and synchronization of a device's data model, and for means of Asset Management, by allowing user applications to exchange typed data/commands back and forth with an M2M server, in a way that optimizes the use of bandwidth"

[AMQP](#) (Advanced Message Queuing Protocol)

"An open standard application layer protocol for message-oriented middleware. The defining features of AMQP are message orientation, queuing, routing (including point-to-point and publish-and-subscribe), reliability and security."

- [Additional Resources](#)

[DDS](#) (Data-Distribution Service for Real-Time Systems)

"The first open international middleware standard directly addressing publish-subscribe communications for real-time and embedded systems."

JMS (Java Message Service) - A Java Message Oriented Middleware (MOM) API for sending messages between two or more clients.

[LLAP](#) (lightweight local automation protocol)

"LLAP is a simple short message that is sent between intelligent objects using normal text, it's not like TCP/IP, bluetooth, zigbee, 6lowpan, WiFi etc which achieve at a low level "how" to move data around. This means LLAP can run over any communication medium. The three strengths of LLAP are, it'll run on anything now, anything in the future and it's easily understandable by humans."

[LWM2M](#) (Lightweight M2M)

"Lightweight M2M (LWM2M) is a system standard in the Open Mobile Alliance. It includes DTLS, CoAP, Block, Observe, SenML and Resource Directory and weaves them into a device-server interface along with an Object structure."

[SSI](#) (Simple Sensor Interface)

"a simple communications protocol designed for data transfer between computers or user terminals and smart sensors"

[Reactive Streams](#)

"A standard for asynchronous stream processing with non-blocking back pressure on the JVM."

[ONS 2.0](#)

[REST](#) (Representational state transfer) - RESTful HTTP

-[Additional Resources in context of IoT](#)

[HTTP/2](#) - *Enables a more efficient use of network resources and a reduced perception of latency by introducing header field compression and allowing multiple concurrent exchanges on the same connection.*

[SOAP](#) (Simple Object Access Protocol), JSON/XML, [WebHooks](#), [Jelastic](#), [MongoDB](#)

[Websocket](#)

The WebSocket specification—developed as part of the HTML5 initiative—introduced the WebSocket JavaScript interface, which defines a full-duplex single socket connection over which messages can be sent between client and server. The WebSocket standard simplifies much of the complexity around bi-directional web communication and connection management.

[JavaScript / Node.js IoT projects](#)

A list of IoT software projects like Contiki, Riot OS, etc can be found [here](#).

Communication / Transport layer

[Ethernet](#)

[WirelessHart](#)

"WirelessHART technology provides a robust wireless protocol for the full range of process measurement, control, and asset management applications."



#### [DigiMesh](#)

"DigiMesh is a proprietary peer-to-peer networking topology for use in wireless end-point connectivity solutions.

#### [ISA100.11a](#)

"ISA100.11a is a wireless networking technology standard developed by the International Society of Automation (ISA). The official description is "Wireless Systems for Industrial Automation: Process Control and Related Application"

#### [IEEE 802.15.4](#)

IEEE 802.15.4 is a standard which specifies the physical layer and media access control for low-rate wireless personal area networks (LR-WPANS). It is maintained by the IEEE 802.15 working group. It is the basis for the ZigBee, ISA100.11a, WirelessHART, and MiWi specifications, each of which further extends the standard by developing the upper layers which are not defined in IEEE 802.15.4. Alternatively, it can be used with 6LoWPAN and standard Internet protocols to build a wireless embedded Internet.

#### [NFC](#)

Based on the standard ISO/IEC 18092:2004, using inductive coupled devices at a center frequency of 13.56 MHz. The data rate is up to 424 kbps and the range is with a few meters short compared to the wireless sensor networks.

#### [ANT](#)

ANT is a proprietary wireless sensor network technology featuring a wireless communications protocol stack that enables semiconductor radios operating in the 2.4 GHz Industrial, Scientific and Medical allocation of the RF spectrum ("ISM band") to communicate by establishing standard rules for co-existence, data representation, signalling, authentication and error detection.

#### [Bluetooth](#)

Bluetooth works in the 2.4 GHz ISM band and uses frequency hopping. With a data rate up to 3 Mbps and maximum range of 100m. Each application type which can use Bluetooth has its own profile.

[Eddystone](#) - A protocol specification that defines a Bluetooth low energy (BLE) message format for proximity beacon messages.

#### [ZigBee](#)

The ZigBee protocol uses the 802.15.4 standard and operates in the 2.4 GHz frequency range with 250 kbps. The maximum number of nodes in the network is 1024 with a range up to 200 meter. ZigBee can use 128 bit AES encryption.

#### [EnOcean](#)

EnOcean is an energy harvesting wireless technology which works in the frequencies of 868 MHz for Europe and 315 MHz for North America. The transmit range goes up to 30 meter in buildings and up to 300 meter outdoor.

#### [WiFi](#)

#### [WiMax](#)

WiMax is based on the standard IEEE 802.16 and is intended for wireless metropolitan area networks. The range is different for fixed stations, where it can go up to 50 km and mobile devices with 5 to 15 km. WiMax operates at frequencies between 2.5 GHz to 5.8 GHz with a transfer rate of 40 Mbps.

### **LPWAN**

#### [Weightless](#)

Weightless is a proposed proprietary open wireless technology standard for exchanging data between a base station and thousands of machines around it (using wavelength radio transmissions in unoccupied TV transmission channels) with high levels of security.

[NB-IoT](#) (Narrow-Band IoT) A technology being standardized by the 3GPP standards body

[LTE-MTC](#) (LTE-Machine Type Communication) - Standards-based family of technologies supports several technology categories, such as Cat-1 and CatM1, suitable for the IoT.

[EC-GSM-IoT](#) (Extended Coverage-GSM-IoT) - Enables new capabilities of existing cellular networks for LPWA (Low Power Wide Area) IoT applications. EC-GSM-IoT can be activated through new software deployed over a very large GSM footprint, adding even more coverage to serve IoT devices.

[LoRaWAN](#) - Network protocol intended for wireless battery operated Things in regional, national or global network.





[RPMA](#) (Random phase multiple access) A technology communication system employing direct-sequence spread spectrum (DSSS) with multiple access.

**Cellular:**

GPRS/2G/3G/4G cellular

- View a more complete overview of IoT communication and technologies [here](#).

Semantic

[IOTDB](#)

"JSON / Linked Data standards for describing the Internet of Things"

[SensorML](#)

"SensorML provides standard models and an XML encoding for describing sensors and measurement processes."

[Semantic Sensor Net Ontology](#) - W3C

"This ontology describes sensors and observations, and related concepts. It does not describe domain concepts, time, locations, etc. these are intended to be included from other ontologies via OWL imports."

[Wolfram Language - Connected Devices](#) - "A symbolic representation of each device. Then there are a standard set of Wolfram Language functions like DeviceRead, DeviceExecute, DeviceReadBuffer and DeviceReadTimeSeries that perform operations related to the device."

[RAML](#) (RESTful API Modeling Language) - Makes it easy to manage the whole API lifecycle from design to sharing. It's concise - you only write what you need to define - and reusable.

[SENML](#) (Media Types for Sensor Markup Language) - A simple sensor, such as a temperature sensor, could use this media type in protocols such as HTTP or CoAP to transport the measurements of the sensor or to be configured.

[LsDL](#) (Lemonbeat smart Device Language) - XML-based device language for service oriented devices  
Multi-layer Frameworks

[Alljoyn](#) - An open source software framework that makes it easy for devices and apps to discover and communicate with each other.

[IoTivity](#) is an open source project hosted by the Linux Foundation, and sponsored by the OIC.

[IEEE P2413](#) - Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)

[Thread](#) - Built on open standards and IPv6 technology with 6LoWPAN as its foundation.

[IPSO Application Framework](#) (PDF)

"This design defines sets of REST interfaces that may be used by a smart object to represent its available resources, interact with other smart objects and backend services. This framework is designed to be complementary to existing Web profiles including SEP2 and oBIX."

[OMA LightweightM2M v1.0](#)

"The motivation of LightweightM2M is to develop a fast deployable client-server specification to provide machine to machine service.

LightweightM2M is principally a device management protocol, but it should be designed to be able to extend to meet the requirements of applications. LightweightM2M is not restricted to device management, it should be able transfer service / application data."

[Weave](#) - A communications platform for IoT devices that enables device setup, phone-to-device-to-cloud communication, and user interaction from mobile devices and the web.

[Telehash](#) - JSON+UDP+DHT=Freedom

A secure wire protocol powering a decentralized overlay network for apps and devices.

Security

[Open Trust Protocol](#) (OTrP) - A protocol to install, update, and delete applications and to manage security configuration in a Trusted Execution Environment (TEE).

[X.509](#) - Standard for public key infrastructure (PKI) to manage digital certificates and public-key encryption. A key part of the Transport Layer Security protocol used to secure web and email communication.

Vertical Specific

[IEEE 1451](#):

The IEEE 1451, a family of Smart Transducer Interface Standards, describes a set of open, common, network-independent communication interfaces for connecting transducers (sensors or actuators) to microprocessors, instrumentation systems, and control/field networks.

[IEEE 1888.3-2013](#) - "IEEE Standard for Ubiquitous Green Community Control Network: Security"

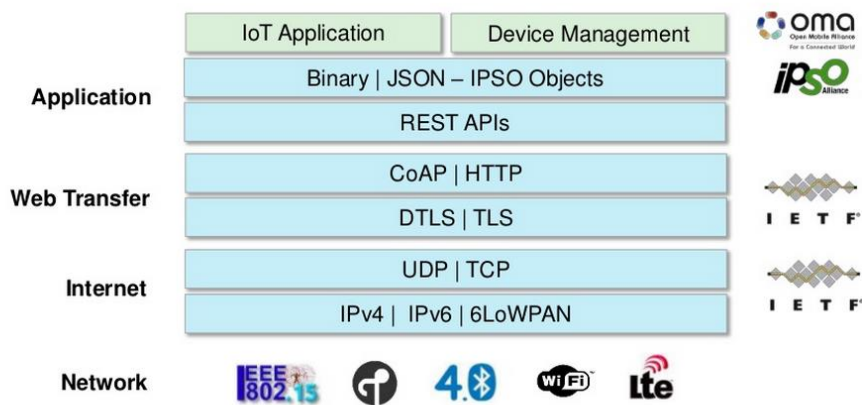
[IEEE 1905.1-2013](#) - "IEEE Standard for a Convergent Digital Home Network for Heterogeneous Technologies"



- [IEEE 802.16p-2012](#) - "IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems"
- [IEEE 1377-2012](#) - "IEEE Standard for Utility Industry Metering Communication Protocol Application Layer"
- [IEEE P1828](#) - "Standard for Systems With Virtual Components"
- [IEEE P1856](#) - "Standard Framework for Prognostics and Health Management of Electronic Systems"

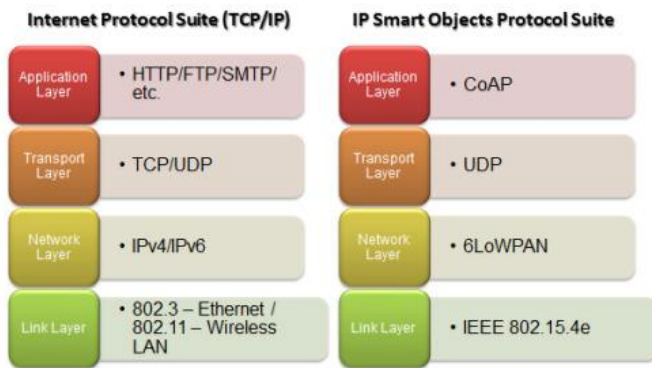
**Architectures / Graphics**

Remember the I in IoT!



28

Credit: [Simon Ford - Director of IoT Platforms ARM](#)



**Figure 1 TCP/IP Stack and IP Smart Objects Protocol Stack**

Graphic via [Ronak Sutaria](#) and [Raghnath Govindachari](#) from [Mindtree Labs](#) in "[Making sense of interoperability: Protocols and Standardization initiatives in IOT](#)"



IoT Communication stack from [IoT-A Initiative](#)

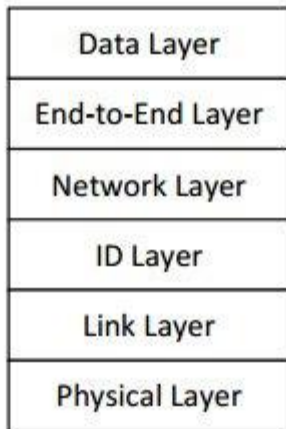
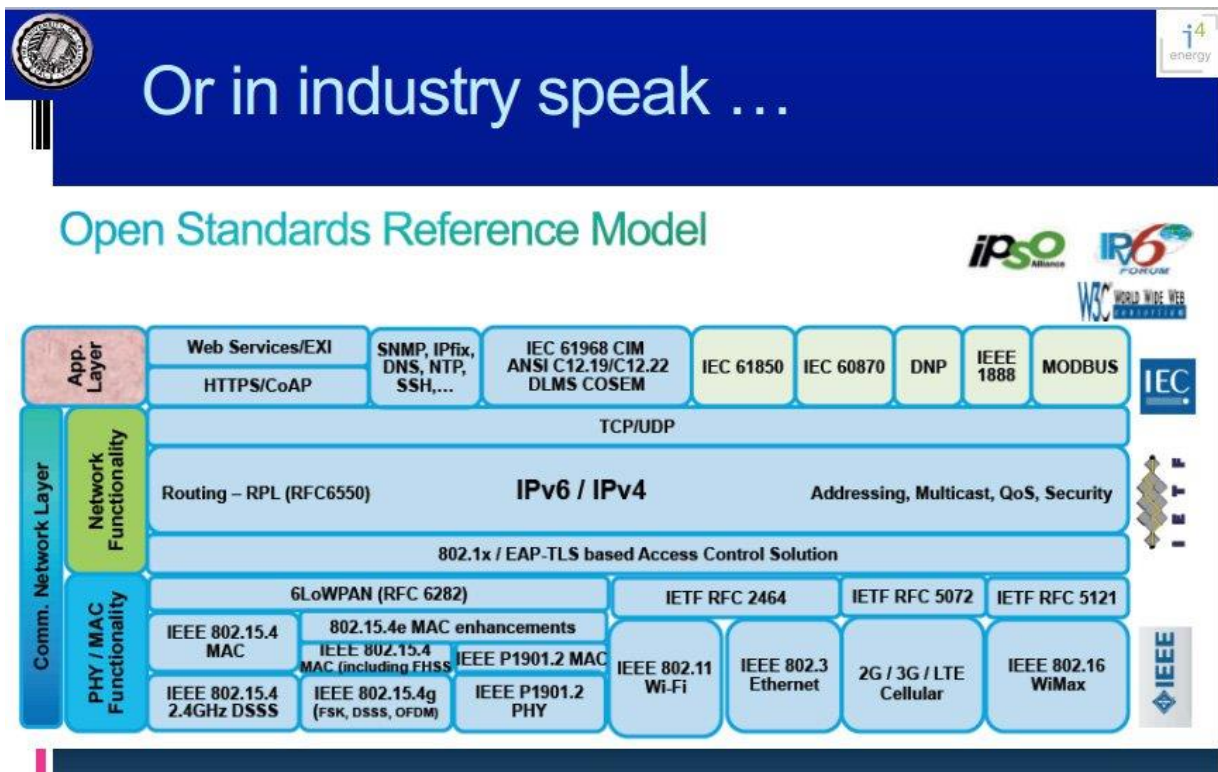


Figure 9 – IoT Communication stack

**IoT-A Communication Stack**

"The communication model aims at defining the main communication paradigms for connecting entities, as defined in the domain model. We provide a reference communication stack, together with insight about the main interactions among the actors in the domain model. We developed a communication stack similar to the ISO OSI 7-layer model for networks, mapping the needed features of the domain model unto communication paradigms. We also describe how communication schemes can be applied to different types of networks in IoT."

- The full reference model presentation can be found [here](#) (PDF).

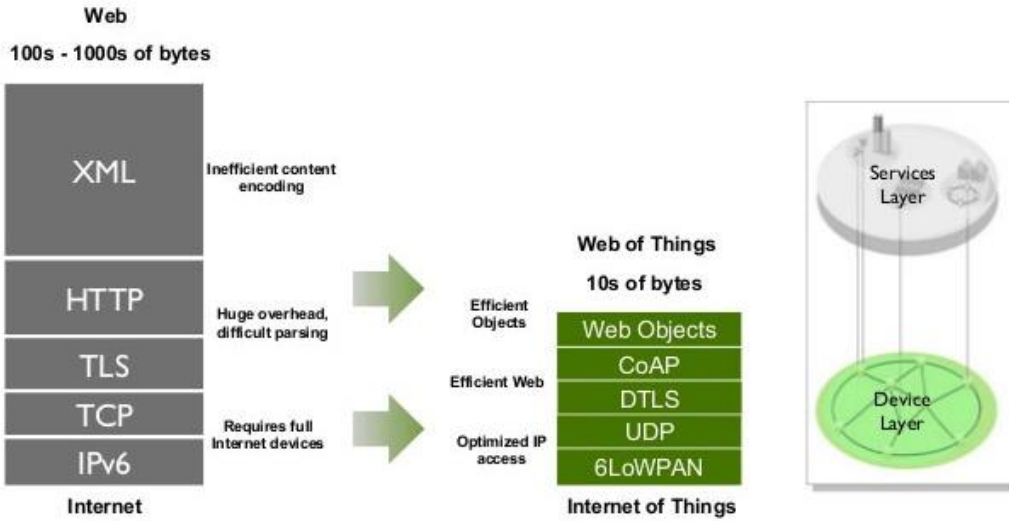


David E Culler Open Standards Reference Model

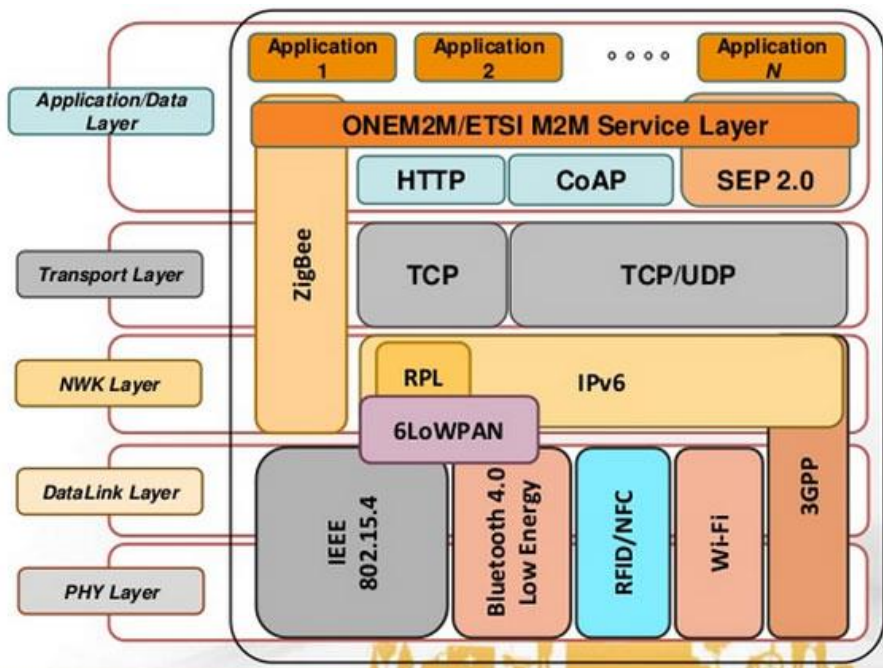
Above Graphic: [David E. Culler](#) - The Internet of Every Thing - steps toward sustainability CWSN Keynote, Sept. 26, 2011 ([Download PPT](#))



# Is the Internet Protocol enough?



Graphic: [Sensinode](#): - [Zach Shelby](#): Is the Internet Protocol enough? ([Full Presentation](#))



Graphic: [EU Butler Project - Communication Issues](#)



## Alliances and Organizations

### Organizations:

[ETSI](#) (European Telecommunications Standards Institute)

- [Connecting Things Cluster](#)

[IETF](#) (Internet Engineering Task Force)

- [CoRE working group](#) (Constrained RESTful Environments)

- [6lowpan working group](#) (IPv6 over Low power WPAN)

- [ROLL working group](#) (Routing Over Low power and Lossy networks)

[IEEE](#) (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

- [IoT "Innovation Space"](#)

[OMG](#) (Object Management Group)

- [Data Distribution Service Portal](#)

[OASIS](#) (Organization for the Advancement of Structured Information Standards)

- [MQTT Technical Committee](#)

[OGC](#) (Open Geospatial Consortium)

- [Sensor Web for IoT Standards Working Group](#)

### IoT-A

"The European Lighthouse Integrated Project addressing the Internet-of-Things Architecture, proposes the creation of an architectural reference model together with the definition of an initial set of key building blocks."

### OneM2M

"The purpose and goal of oneM2M is to develop technical specifications which address the need for a common M2M Service Layer that can be readily embedded within various hardware and software, and relied upon to connect the myriad of devices in the field with M2M application servers worldwide."

### OSIOT

"An organization with the single focus to develop and promote royalty-free, open source standards for the emerging Internet of Things."

[IoT-GSI](#) (Global Standards Initiative on Internet of Things)

[ISA](#) International Society of Automation

### W3C

- [Semantic Sensor Net Ontology](#)

- [Web of Things Community Group](#)

### EPC Global

[The IEC \(International Electrotechnical Commission\), and ISO \(International Organization for Standardization\), through the JTC \(Joint Technical Committee\)](#). Committee [Page](#)

[RRG](#) (Routing research group)

[HIPRG](#) (Host identity protocol research group)

### Eclipse Paho Project

"The scope of the Paho project is to provide open source implementations of open and standard messaging protocols that support current and emerging requirements of M2M integration with Web and Enterprise middleware and applications. It will include client implementations for use on embedded platforms along with corresponding server support as determined by the community."

### OpenWSN

"Serves as a repository for open-source implementations of protocol stacks based on Internet of Things standards, using a variety of hardware and software platforms."

### CASAGRAS

"We are a key group of international partners representing Europe, the USA, China, Japan and Korea who has joined a strategic EU funded 7th Framework initiative that will look at global standards, regulatory and other issues concerning RFID and its role in realising an "Internet of Things."

### Alliances:

#### [AllSeen Alliance](#)

"The AllSeen Alliance is a nonprofit consortium dedicated to enabling and driving the widespread adoption of products, systems and services that support the Internet of Everything with an open, universal development framework supported by a vibrant ecosystem and thriving technical community"





### [IPSO](#)

"The Alliance is a global non-profit organization serving the various communities seeking to establish the Internet Protocol as the network for the connection of Smart Objects by providing coordinated marketing efforts available to the general public."

### [Wi-SUN Alliance](#)

The Wi-SUN Alliance seeks to "advance seamless connectivity by promoting IEEE 802.15.4g standard based interoperability for global regional markets."

### [OMA \(Open Mobile Alliance\)](#)

"OMA is the Leading Industry Forum for Developing Market Driven, Interoperable Mobile Service Enablers" - [OMA LightweightM2M v1.0](#)

### [Industrial Internet Consortium](#)

"Founded in 2014 to further development, adoption and wide-spread use of interconnected machines, intelligent analytics and people at work"

## **Additional resources**

### **General:**

["Making Sense of Interoperability: IoT Protocols and Standardization Initiatives"](#), (2013) Sutaria. R. and Govindachari, R

"A number of different standardization bodies and groups are actively working on creating more inter-operable protocol stacks and open standards for the Internet of Things. As we move from the HTTP, TCP, IP stack to the IOT specific protocol stack we are suddenly confronted with an acronym soup of protocols- from the wireless protocols like ZigBee, RFID, Bluetooth and BACnet tonext generation protocol standards such as 802.15.4e, 6LoWPAN, RPL, CoAP etc. which attempt to unify the wireless sensor networks and the established internet."

["Architecture and protocols for the Internet of Things"](#), (2010) A case study by A P Castellani, N Bui, P Casari, M Rossi, Z Shelby, M Zorzi

["Standardized Protocol Stack For The Internet Of \(Important\) Things"](#), (2012) Maria Rita Palattella, Nicola Accettura, Xavier Vilajosana, Thomas Watteyne, Luigi Alfredo Grieco, Gennaro Boggia and Mischa Dohler.

["Lightweight IPv6 Stacks for Smart Objects: the Experience of Three Independent and Interoperable Implementations"](#) Internet Protocol for Smart Objects (IPSO) ABy Julien Abeillé, Mathilde Durvy, Jonathan Hui, Stephen Dawson-Haggerty

["Smart Objects Demand a New Approach to Internet Engineering"](#) By Carolyn Duffy Marsan IETF Journal March 2012

["Beyond Interoperability – Pushing the Performance of Sensor Network IP Stacks"](#) By JeongGil Ko, Joakim Eriksson, Nicolas Tsiftes, Stephen Dawson-Haggerty, Jean-Philippe Vasseur, Mathilde Durvy, Andreas Terzis, Adam Dunkels and David Culle

[Why IP for Smart Objects?](#) Jean-Philippe Vasseur & Adam Dunkels

[Beyond MQTT: A Cisco View on IoT Protocols](#) - Cisco

[Network Congestion & Lightweight Protocols](#) - Telit

[The Choice Of Protocol For Iot And M2M Will Dictate The Emergence And Success Of The Market](#) - Michael Holdmann

[Standards Drive the Internet of Things](#) - Zach Shelby

[Understanding The Internet Of Things](#) - Ronak Sutaria & Raghunath Govindachari | Electronic Design

[Understanding The Protocols Behind The Internet Of Things](#) (MQTT, XMPP, DDS, AMQP) - Electronic Design

[Messaging Technologies: A Comparison Between DDS, AMQP, MQTT, JMS and REST](#) (PDF) PrismTech

[What a Mesh! Part 2-Networking Architectures and Protocols](#)

[MQTT and CoAP, IoT Protocols](#) - Toby Jaffey

## **Background Articles**

Semiconductor Engineering: [Where Are The IoT Industry Standards?](#) (10/16)

### **MQTT:**

[MQTT and DDS for M2M: Disparate Approaches to the Internet of Things](#) - RTJ

[Building the Internet of Things - DDS vs MQTT](#) Angelo Corsaro

[MQTT Will Enable The Internet Of Things](#) - Andy Stanford-Clark in Electronic Design

[Comparison of MQTT and DDS as M2M Protocols for the Internet of Things](#) - Real Time Innovations



[QEST](#) is a stargate between the universe of devices which speak MQTT, and the universe of apps which speak HTTP and REST.

[Using MQTT to connect Arduino to the Internet of Things](#) - Chris Larson

[Introduction to MQTT](#) (PDF) - Dave Locke

[MQTT and the language of the Internet of Things](#) - Housahedron

[Exploring the Protocols of IoT](#) (MQTT & CoAP) - SparkFun

#### **CoAP:**

[Introduction to CoAP the REST protocol for M2M](#) - By [Julien Vermillard](#)

[CoAPing with the REST of the Internet of Things](#) - Embedded Software store

[CoAP Tutorial](#) - Zach Shelby

[Wireless Sensor Network Node with REST Advantages: CoAP Protocol](#) - WSN Magazine

[CoAP Course for m2m and Internet of Things scenarios](#) - Carlos Ralli

#### **XMPP:**

[Unify to bridge gaps: Bringing XMPP into the Internet of Things](#) (PDF)- Michael Kirsche, Ronny Klauck

[XMPP Service Discovery extensions for M2M and IoT](#) - Servicelab

[A Service Infrastructure for the Internet of Things based on XMPP](#) (PDF) - Sven Bendel, Thomas Springer, Daniel Schuster, Alexander Schill, Ralf Ackermann, Michael Ameling

[Working In The Real World With IoT And XMPP](#)- Rdm For Hvac - Michael Holdmann

#### **AMQP**

[Integrating the Internet of Things with AMQP](#) (PDF) - RedHat

[AMQP and one possible future for messaging](#) - David Goehrig

#### **RESTful HTTP:**

[RESTful HTTP in practice](#) - Infoq

[Event Models for RESTful APIs](#) - [Michael Koster](#)

[The Internet of Things for the REST of us](#) - Bosch

[In Search of an Internet of Things Service Architecture:REST or WS-\\*? A Developers' Perspective](#) (PDF) - [Dominique Guinard](#), [Iulia Ion](#), and [Simon Mayer](#)

#### **LwM2M**

[Manage all the things, small and big, with open source LwM2M implementations](#) - Benjamin Cabé



### **Making Sense for Society**

Making Sense for Society is een open platform waar bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen gezamenlijk vragen en knelpunten oppakken en zo zorgen voor innovatie. Het platform organiseert verschillende werk- en inspiratie bijeenkomsten in het land. Vanuit living labs wordt praktijkervaring ingebracht. Geonovum ondersteunt het netwerk dat actief is in het platform Making Sense for Society.

Het platform Making Sense for Society wordt mogelijk gemaakt door:

Geonovum | gemeente Eindhoven | gemeente Den Haag | gemeente Nijmegen | gemeente Zwolle | Kadaster | Ministerie van Infrastructuur en Milieu | Ministerie van Economische Zaken | Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu | Rijkswaterstaat | TNO