

Web Semantico - Relazione 1

L'ontologia SAREF

Federico Mazzini
federico.mazzini3@studio.unibo.it

Aprile 2022

Contents

1	Introduzione all'IOT e ambito del progetto	3
2	Introduzione a SAREF	3
3	Descrizione dell'ontologia	4
3.1	Panoramica	4
3.2	Device	4
3.3	Function	6
3.4	Command	7
3.5	State	7
3.6	Service	8
3.7	Profile	8
3.8	Measurement	9
4	Estensioni del progetto	10
4.1	Sistemi - SAREF4SYST	10
4.2	Energia - SAREF4ENER	11
4.3	Ambiente - SAREF4ENVI	12
4.4	Edifici - SAREF4BLDG	13
4.5	Smart city - SAREF4CITY	13
4.6	Industria e manifattura - SAREF4INMA	15
4.7	Agricoltura e Food - SAREF4AGRI	16
4.8	Healthcare - SAREF4EHAW	17
4.9	Wearable - SAREF4WEAR	18
4.10	Acqua - SAREF4WATR	19
5	Casi d'uso e progetti	21
5.1	Web of Things (WoT)	21
5.1.1	Architettura WOT	21
5.1.2	Thing description	23

1 Introduzione all'IOT e ambito del progetto

Tra le tante definizioni di IOT presenti in letteratura, la seguente (sebbene molto semplicistica e non tecnica) espone la principale sfida e ne sottende altre che l'internet delle cose si ritrova a fronteggiare.

IOT is what we get when we connect things to the internet which are not operated by humans.[19]

L'obiettivo è quello di creare una rete di dispositivi interconnessi tra loro, che comunicano e si organizzano autonomamente al fine di dotare il mondo reale di nuove funzioni e applicazioni.

Tipicamente un dispositivo IOT è quindi un dispositivo connesso alla rete internet, il quale interagisce con l'ambiente fisico, comunica con altri dispositivi e fornisce un servizio.

In un progetto IOT, la principale sfida iniziale che si affronta è l'eterogeneità nel panorama delle tecnologie, derivanti dai diversi sistemi che sviluppatori e vendor mettono a disposizione. Questo causa un problema di interoperabilità che tocca tutti gli ambiti della progettazione e dello sviluppo, la difficoltà più grande però, è quella di far comunicare i dispositivi tra loro autonomamente.

2 Introduzione a SAREF

L'ontologia Smart Applications REference (SAREF) ha lo scopo di definire un modello semantico per la descrizione del dominio IOT, in modo da consentire l'interoperabilità tra le soluzioni di diversi fornitori.

L'iniziativa SAREF è iniziata dallo studio "Available Semantics Assets for the Interoperability of Smart Appliances: Mapping into a Common Ontology as a M2M Application Layer Semantics", bandito dalla Commissione Europea e condotto da TNO. [15]

I sistemi IOT necessitano di interfacce standardizzate per garantire l'interoperabilità, pertanto l'obiettivo di SAREF è porsi come ontologia di riferimento per descrivere semanticamente i dispositivi (*smart thing*) e permettere anche alle macchine di comprendere e sfruttare le funzionalità di questi.

SAREF è il frutto della raccolta di circa 50 asset semantici differenti (ovvero standard, protocolli, modelli di dati, ontologie) che descrivono applicazioni in ambito IOT. A partire da questi, sono stati estratti e definiti 20 concetti ricorrenti per creare l'ontologia.

Essa è stata definita seguendo quattro principi fondamentali:

- **Riutilizzo** di concetti e relazioni definiti negli asset esistenti
- **Modularità** per consentire la separazione e la ricombinazione di diverse parti dell'ontologia a seconda di specifiche esigenze
- **Estendibilità** per consentire all'ontologia di essere estesa
- **Manutenibilità** per facilitare il processo di identificazione e correzione dei difetti, accogliere nuovi requisiti e far fronte ai cambiamenti

3 Descrizione dell'ontologia

3.1 Panoramica

Di seguito si riportano i principali concetti di SAREF e le relative classi e proprietà associate. SAREF è stato definito inizialmente per scenari domestici, uffici, o tutte quelle strutture in cui vi è la presenza di componenti e device (*thing*) dotati di software che interagiscono con l'ambiente. La prima versione di SAREF, definita SAREF core, raggruppa i principali concetti, ma non va nel dettaglio di nessun campo d'utilizzo. Dall'introduzione dell'ontologia ad oggi però, SAREF è stata estesa al fine di poter descrivere al meglio i principali domini coperti dall'IOT (agriculture, smart city, wearables etc), vedi sezione 4.

3.2 Device

Il concetto core dell'ontologia è `saref:Device`. Un device è un oggetto fisico, chiamato anche dispositivo o *thing*, il quale è progettato per interagire con l'environment al fine di svolgere un particolare task. Un device persegue il/i task per cui è progettato eseguendo una o più funzioni (`saref:Function`). Di seguito è riportata la classe `saref:Device` e le sue principali proprietà.

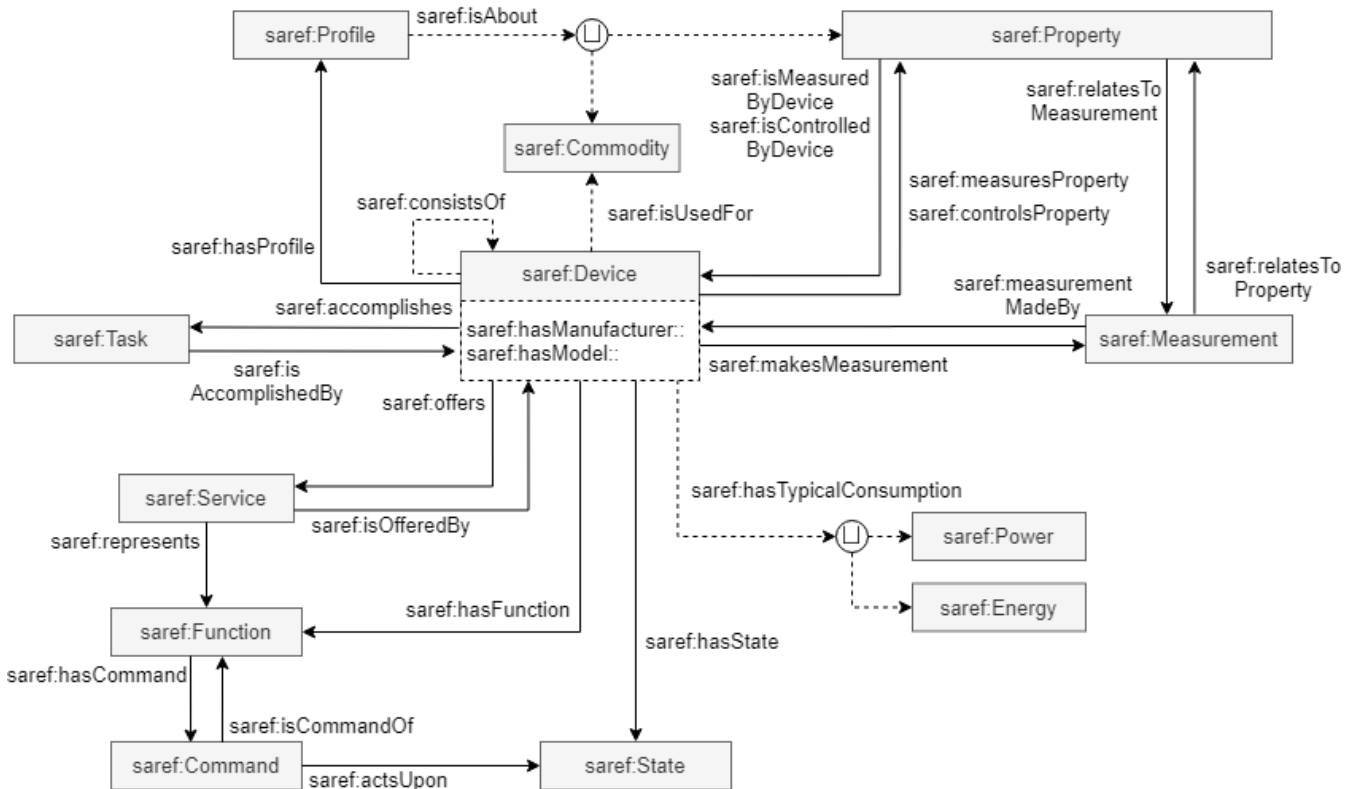


Figure 1: La classe `saref:Device` e le sue proprietà

Un saref:Device

- può essere contraddistinto dal suo produttore (saref:hasManufacturer) e dal suo modello (saref:hasModel)
- ha sempre almeno una funzione (saref:hasFunction min 1 saref:Function) al fine di perseguire il suo scopo.
- persegue uno o più task (saref:accomplishes saref:Task)
- offre uno o più servizi (saref:offers saref:Function), proprietà molto importante che permette al device di essere rilevato all'interno di una rete e offrire servizi ad altri device
- può essere utilizzato al fine di offrire una commodity (saref:isUsedFor saref:Commodity)
- può effettuare misurazioni relative all'ambiente in cui è immerso (saref:MakesMeasurement saref:Measurement)
- può essere composto da altri device (saref:consistsOf)

A primo impatto saref:Task e saref:Service sembrano equivalenti, i loro scopi però sono differenti. Un device ha almeno un task e, in base a una sua logica interna, svolge operazioni (saref:Function) che gli permettono di raggiungere quel determinato task. Un servizio (saref:Service) invece, non ha a che vedere con il goal di un device, ma con ciò che il dispositivo mette a disposizione di altri dispositivi o applicazioni. Tramite un servizio quindi, un dispositivo si mette a disposizione di altri per svolgere una determinata funzionalità.

Inoltre un device può essere di diversi tipi, di seguito si riportano i principali di SAREF core, ne esistono però molti altri, definiti dalle estensioni di SAREF per domini specifici.

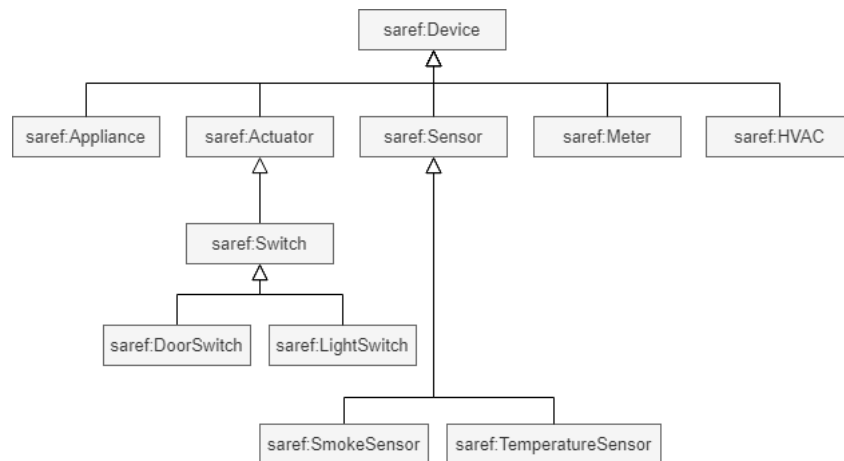


Figure 2: I principali tipi di device

3.3 Function

Una funzione (saref:Function) è necessaria per interagire con l'ambiente esterno e svolgere il task per il quale è progettato il device, esistono diverse funzioni a seconda del tipo di quest'ultima.

Una funzione deve avere sempre almeno un comando associato (saref:hasCommand min 1 saref:Command). Una funzione descrive il cosa, mentre un comando descrive nello specifico l'azione eseguita. Di seguito si riportano le principali classi e sottoclassi di saref:Function.

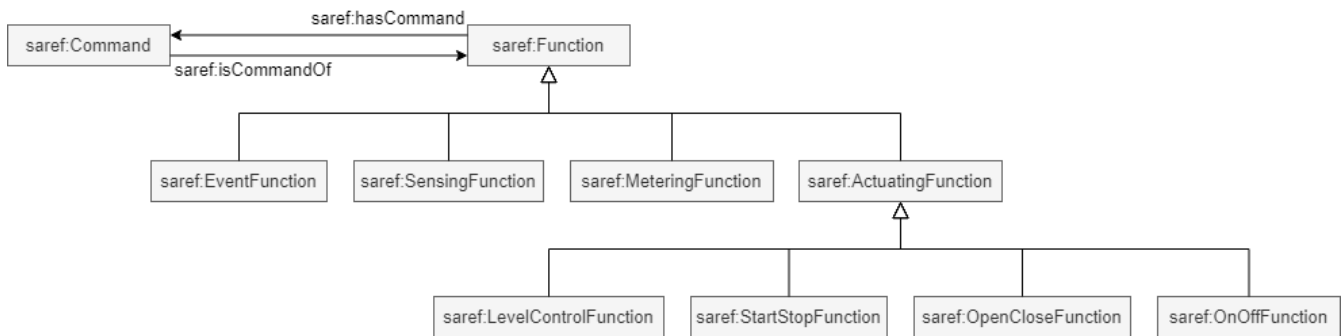


Figure 3: Le funzioni di un device

- la funzione **saref:ActuatingFunction** si applica ad attuatori e device che interagiscono direttamente e fisicamente con l'ambiente, come ad esempio
 - funzioni di spegnimento e accensione (**saref:OnOffFunction**)
 - funzioni di apertura e chiusura (**saref:OpenCloseFunction**)
 - funzioni di start e stop (**saref:StartStopFunction**)
 - funzioni di controllo di regolazioni del livello (**saref:LevelControlFunction**)
- la funzione **saref:SensingFunction** si applica a sensori e descrive il monitoraggio di una certa proprietà nell'ambiente
- **saref:MeteringFunction** permette di ottenere dati da un device che effettua misurazioni
- **saref:EventFunction** descrive la notifica ad un certo dispositivo di un certo evento, come ad esempio il superamento di una soglia.

3.4 Command

Come precedentemente affermato, un comando (saref:Command) è associato ad una funzione (saref:Function) per un device. Una funzione deve avere almeno un comando associato. Di seguito si riportano i principali saref:Command (le sottoclassi).

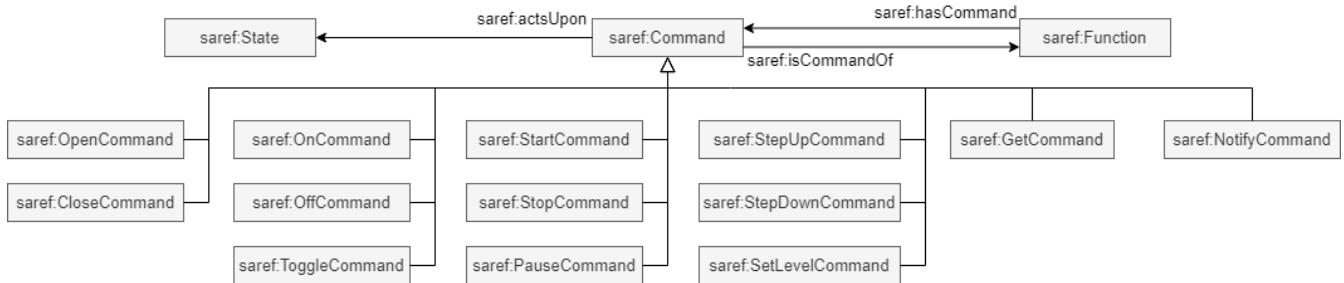


Figure 4: Classi e sottoclassi di saref:Command

Dallo schema si evince facilmente quali comandi possono essere associati alle funzioni.

Inoltre si può notare come un comando agisca su un determinato stato del device (saref:actsUpon saref:State), ovvero un comando va a modificare e/o cambiare lo stato di un device. Questa relazione è opzionale, alcuni comandi infatti, non prevedono la modifica di uno stato, come ad esempio saref:GetCommand.

3.5 State

A seconda del tipo di dispositivo e delle funzioni che esegue, un saref:Device può avere un determinato stato (saref:State). Ad esempio un cancello o una porta potrebbe trovarsi in uno stato saref:OpenCloseState e in particolare in saref:OpenState o saref:CloseState.

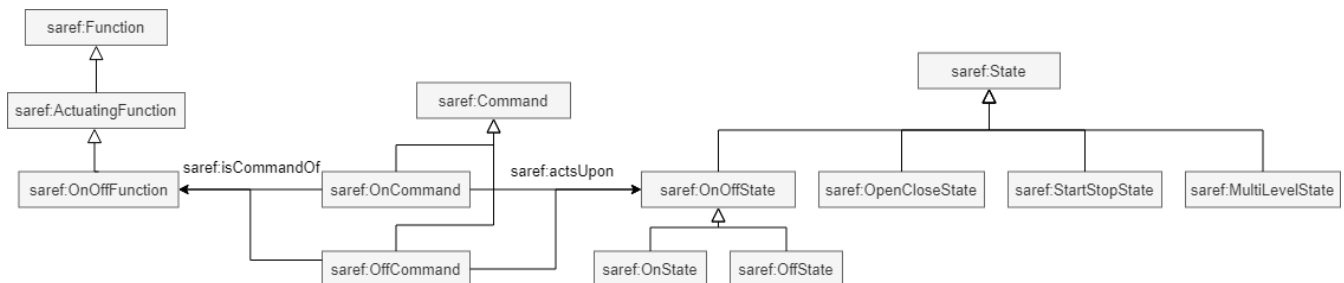


Figure 5: Gli stati di un device e relazioni con saref:Command

3.6 Service

Un device può offrire esternamente un servizio (saref:Service), la quale è la rappresentazione di una funzione che lo stesso device mette a disposizione nell'ambiente e ad altri device ad esso collegati. Permette quindi ad altri dispositivi di rilevare, registrare e controllare in remoto questa funzione (saref:Function). Un servizio (saref:Service) deve rappresentare almeno una funzione (saref:Represents min 1 saref:Function).

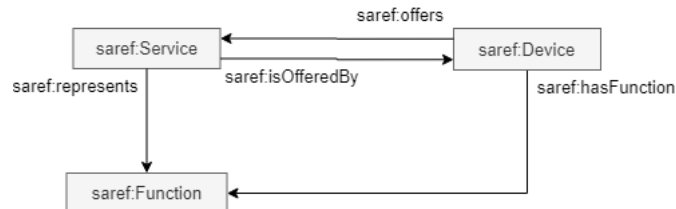


Figure 6: Service

Quindi grazie alla modellazione del concetto di service, si apre a tutta una serie di interazioni, composizione e mashup tra dispositivi IoT all'interno di una rete, al fine di creare nuovi servizi generati proprio dall'interazione di più device.

3.7 Profile

Un Profile (saref:Profile) è un'ulteriore caratterizzazione di un device e rappresenta una specifica associata ad esso per raccogliere e ottimizzare un determinato bene. Profile è quindi una modalità di gestione di una risorsa. Potrebbe anche essere associato e valutare di conseguenza costi, tariffe e archi temporali.

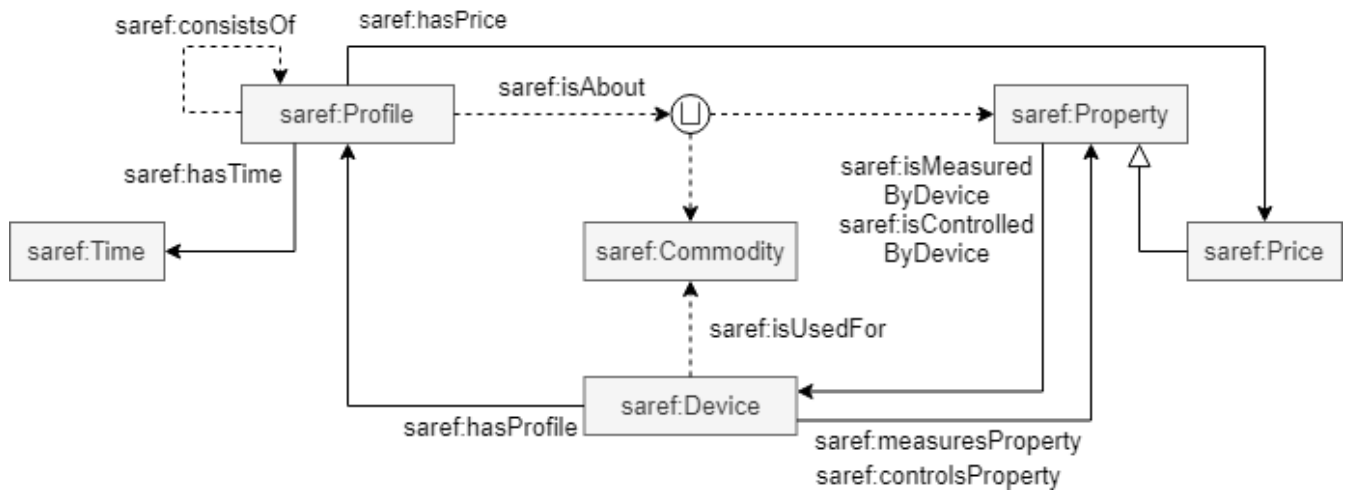


Figure 7: Profile

3.8 Measurement

Una misurazione (saref:Measurement) è effettuata utilizzando due concetti principali, una proprietà che si sta misurando (saref:Property) e il modo in cui lo si sta facendo (saref:UnitOfMeasure).

Le misurazioni saranno oggetto di molte estensioni alle sezioni successive.

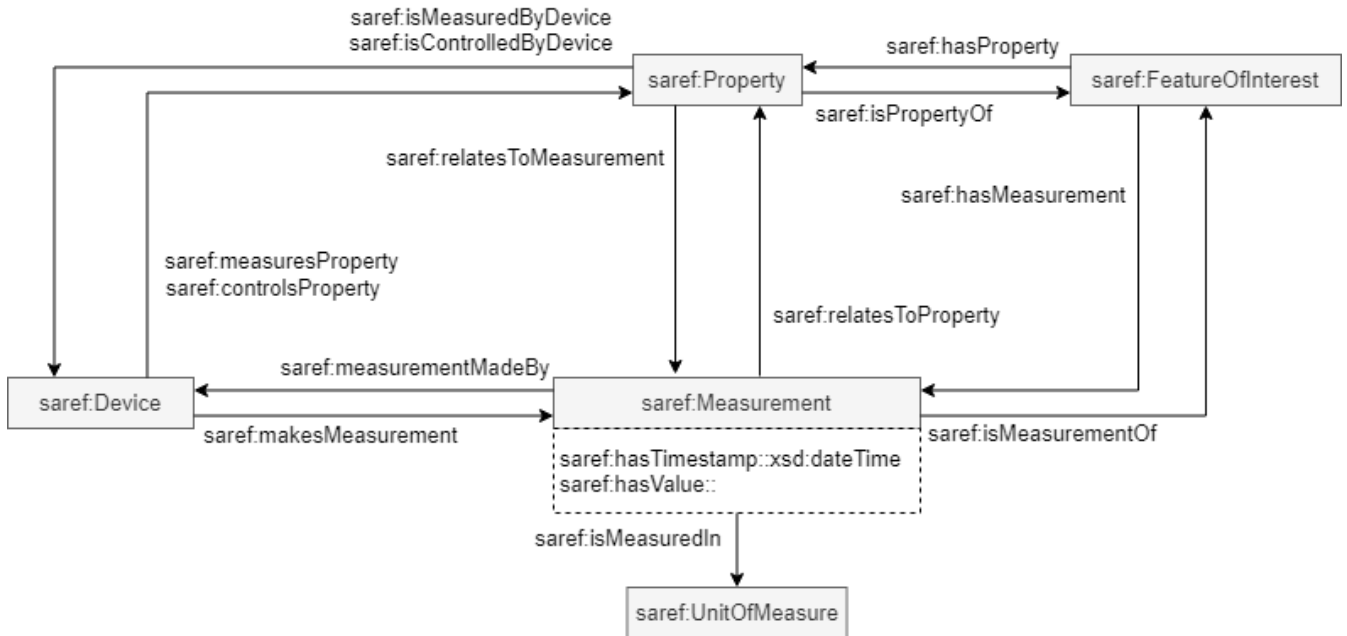


Figure 8: Measurement, Property e Unit of Measure

4 Estensioni del progetto

L'ontologia SAREF è stata pensata e sviluppata per la prima volta nel 2015 e inizialmente i casi d'uso di questa erano limitati ad ambienti domestici e uffici.

I dispositivi IOT e le applicazioni smart però, non sono ovviamente relegate a questi domini. Al fine quindi di descrivere altri scenari (ad esempio agricolture, healthcare, smart city), sono state create estensioni apposite. Le estensioni permettono di avere un core (SAREF) che descrive nel modo più generale possibile i concetti e, al bisogno, parti sfruttabili per la descrizione di domini specifici.

4.1 Sistemi - SAREF4SYST

SAREF4SYST è un'estensione generica di SAREF, la quale definisce sistemi e connessioni tra sistemi. Può essere utilizzata quindi per descrivere connessioni tra sistemi dipendenti tra loro e facilitare la loro comunicazione. SAREF4SYST consiste sia in un'ontologia di base, sia in linee guida per creare ontologie seguendo il modello dell'ontologia SAREF4SYST. Essa definisce 3 classi principali e 9 proprietà. [10]

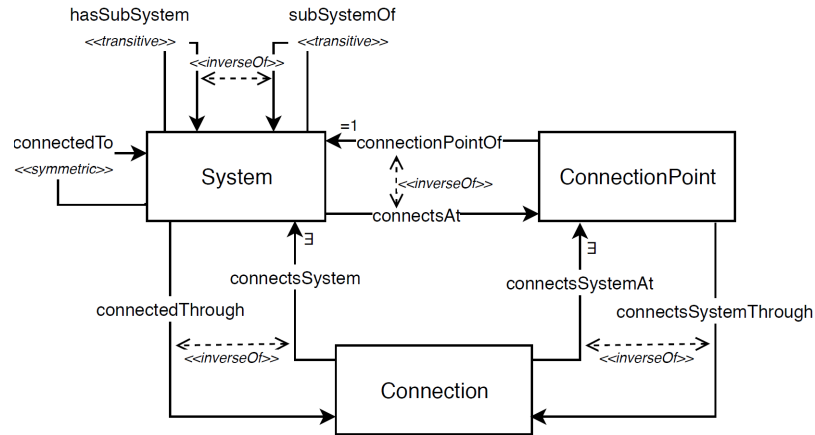


Figure 9: Classi e proprietà di SAREF4SYST

Ad esempio, in un dominio Smart Building

- Edifici, piani e spazi possono essere pensate come delle Zone, le quali possono contenere sotto zone, si parla quindi di System e SubSystem.
- Due zone possono avere una o più connessioni (Connection).

4.2 Energia - SAREF4ENER

L'estensione SAREF4ENER (Energy) ha l'obiettivo di descrivere il dominio dell'energia e di tutte le applicazioni che operano in questo campo. [7]

SAREF4ENER si concentra molto sui Profile (un "comportamento" per un saref:Device), già definiti da SAREF core, ma qui estesi con profili per la gestione efficiente delle risorse energetiche (s4ener:PowerProfile).

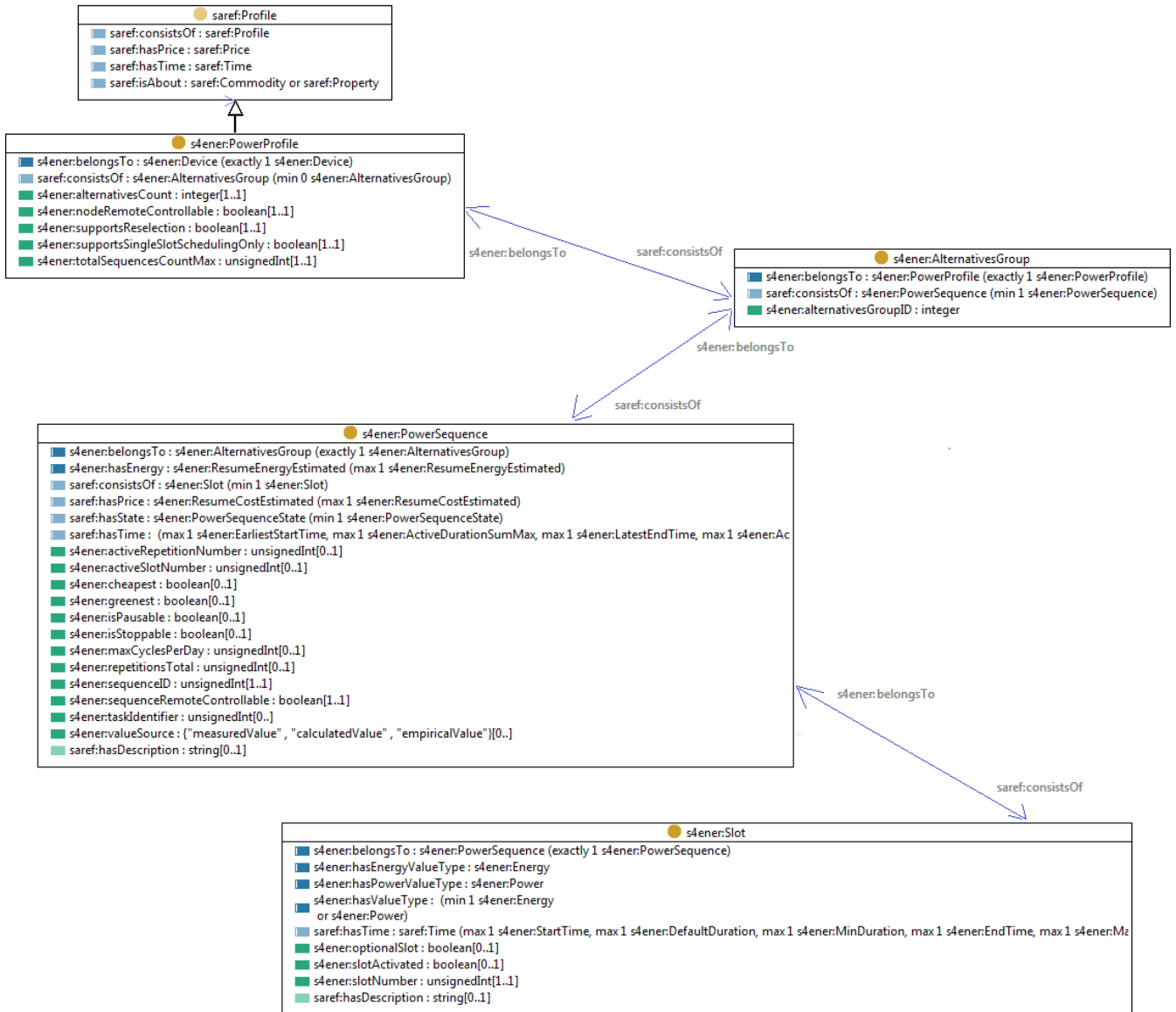


Figure 10: PowerProfile di SAREF4ENER

4.3 Ambiente - SAREF4ENVI

SAREF4ENVI (Environment) estende SAREF core in relazione al dominio dell'ambiente, dotando l'ontologia di concetti per descrivere soluzioni in questo ambito, in particolare per quanto riguarda l'inquinamento luminoso. Si può notare infatti come i concetti di device (saref:Device) e di sensore (saref:Sensor), siano estesi con quello di fotometro (s4envi:Photometer) e di un specifico tipo di fotometro (s4envi:TESS). Per una lista completa di classi e proprietà si rimanda alla documentazione ufficiale ETSI. [8]

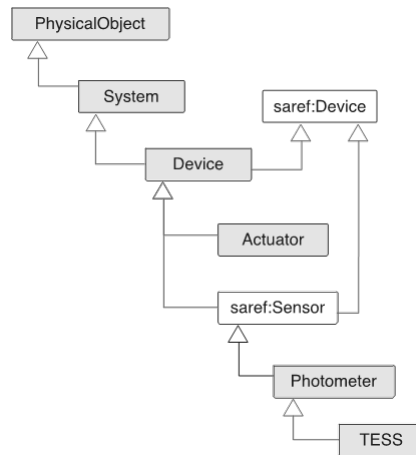


Figure 11: Il concetto di fotometro

Un fotometro è uno strumento per la misurazione dell'intensità luminosa. In generale un fotometro (s4envi:Photometer) osserva una proprietà luminosa (s4envi:LightProperty sottoclasse di saref:Property).

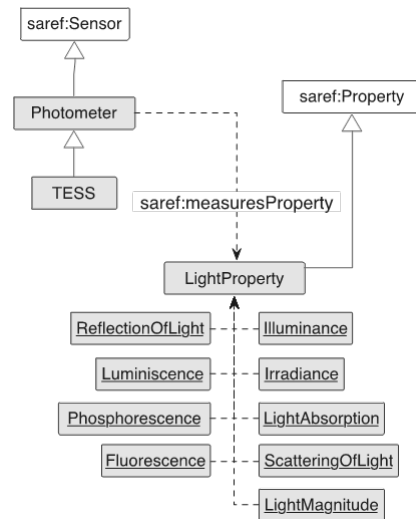


Figure 12: Un fotometro osserva una proprietà luminosa

4.4 Edifici - SAREF4BLDG

SAREF4BLDG è stata creata sulla base dello standard IFC (Industry Foundation Classes) che descrive gli edifici. Non è una trascrizione completa di essa perchè si concentra sui dispositivi interni ad essi. L'idea è quella di creare uno standard per la comunicazione tra applicazioni e device che fanno uso dello standard IFC. SAREF4BLDG dovrebbe quindi essere utilizzato per generare descrizioni dei dispositivi utili per esplicitarne scopi e funzionalità. [4]

Di seguito si riporta una panoramica generale dei principali concetti di SAREF4BLDG.

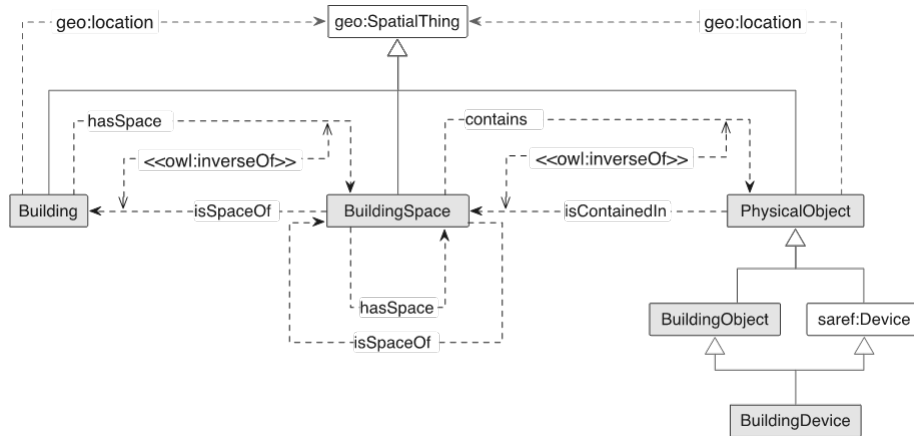


Figure 13: Classi e proprietà di SAREF4BLDG

4.5 Smart city - SAREF4CITY

SAREF4CITY si concentra sull'estendere SAREF al fine di creare un insieme di concetti generali per il dominio smart city. L'idea principale è quella di identificare i componenti di base che potrebbero essere estesi per particolari sottodomini di smart city, per esempio, per il trasporto pubblico. [5]

Per la creazione di questa estensione, sono stati presi in considerazione i seguenti casi d'uso:

- eHealth e Smart Parking.
- Monitoraggio della qualità dell'aria e mobilità.
- Illuminazione stradale.

Di seguito si riportano le principali classi e proprietà e i collegamenti verso SAREF core.

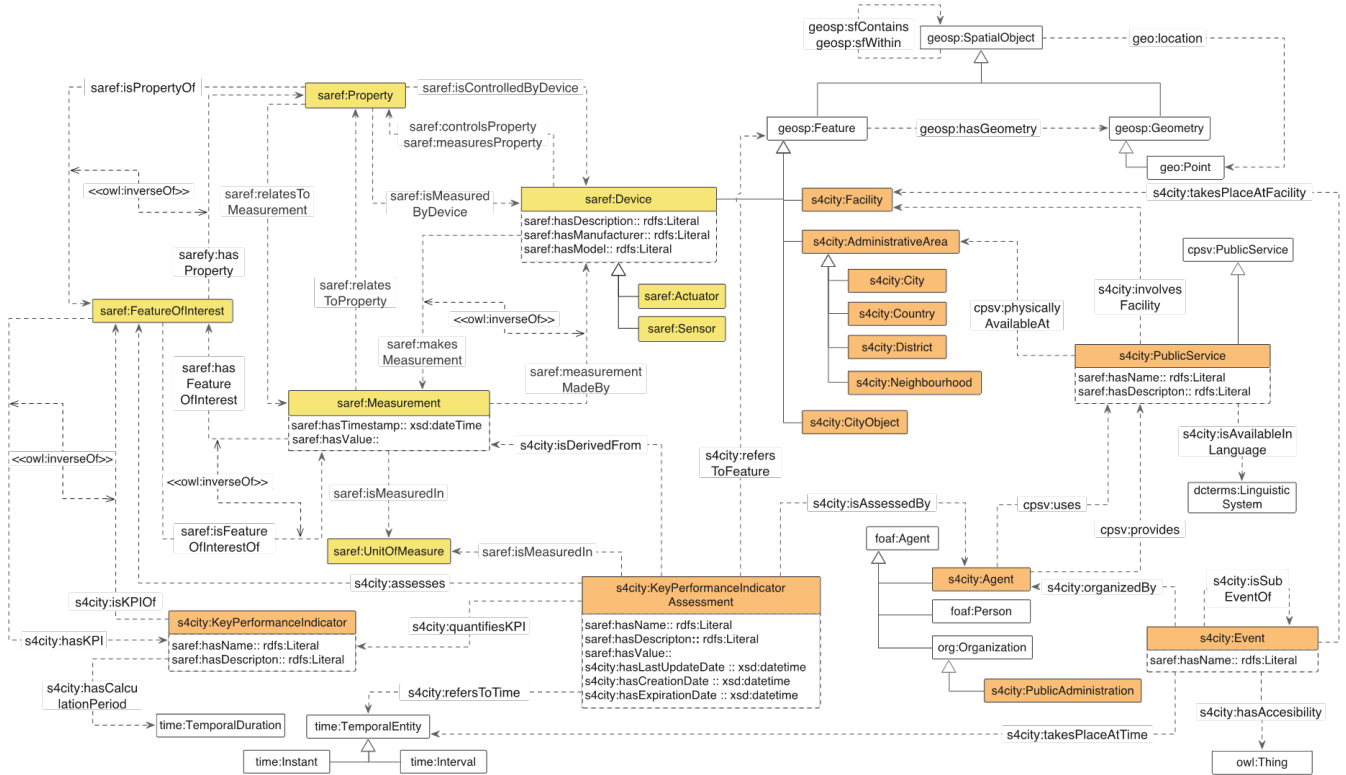


Figure 14: Classi e proprietà di SAREF4CITY

I principali concetti per il dominio Smart City sono i seguenti:

- topology (s4city:Topology) in cui si cerca di modellare il concetto di topologia per una città. A questo scopo, vengono riutilizzati concetti di GeoSPARQL.
- administrative area (s4city:AdministrativeArea) intesa come "luogo", fortemente connesso alla topologia e scomponibile in sotto parti (s4city:City, s4city:Country, s4city:District e s4city:Neighbourhood)
- city object (s4city:CityObject)
- event (s4city:Event)
- public service (s4city:PublicService)

SAREF4INMA è un'estensione di SAREF per il dominio industriale e manifatturiero. Anche in questo caso si cerca di sopperire alla mancanza di interoperabilità tra i vari macchinari all'interno di una fabbrica e garantire tracciabilità all'interno della catena di valore che porta alla creazione di un prodotto. [9]



- `Item(s4inma:Item e s4inma:Batch)`: oggetto tangibile che rappresenta sia i beni prodotti dal processo di produzione, sia forniture tracciate individualmente. Ogni item può essere tracciato individualmente usando un ID.
- `Batch (s4inma:Batch)`: lotti di materiali o di beni.
- `Production Equipment (s4inma:ProductionEquipment)` descrive il tipo di attrezzatura utilizzata per produrre un certo articolo. Ogni singola macchina aziendale è rappresentata da un `ProductionEquipment`, che è una sottoclasse di `saref:Device`.

4.8 Healthcare - SAREF4EHAW

SAREF4EHAW è un'estensione di SAREF core che tenta di descrivere il dominio healthcare. Trattandosi di un dominio molto vasto, l'obiettivo non è, almeno per il momento, sviluppare un'ontologia per la descrizione completa del dominio, ma solo di alcuni specifici casi d'uso, ovvero

- il monitoraggio e il supporto di uno stile di vita sano per i cittadini
- rilevamento di problemi cardiovascolari e il relativo sistema di allarme

[6]

Le principali componenti atte a descrivere il modello sono le seguenti:

- HealthActor (s4ehaw:HealthActor), rappresentano gli attori del sistemi, ovvero utenti, pazienti o persone all'interno di organizzazioni sanitarie. Ogni paziente è contraddistinto da abitudini, malattie etc.
- Dispositivi sanitari (s4ehaw:HealthDevice), rappresentano tutti quei componenti e sensori dedicati alla salute dei pazienti. Un HealthDevice è sottoclasse di un classico Device nell'ontologia SAREF e, come quest'ultimo, può avere una o più funzioni (saref:Function) e offrire uno o più servizi (saref:Service)
- Un dispositivo sanitario potrebbe appartenere e/o monitorare un HealthActor
- Categoria a parte sono i dispositivi wearable, i quali sono già definiti in un'estensione SAREF apposita (SAREF4WEAR).
- La classe BAN (Body Area Network) è utilizzata per raccogliere, aggregare e trasmettere i parametri vitali del paziente (HealthActor)

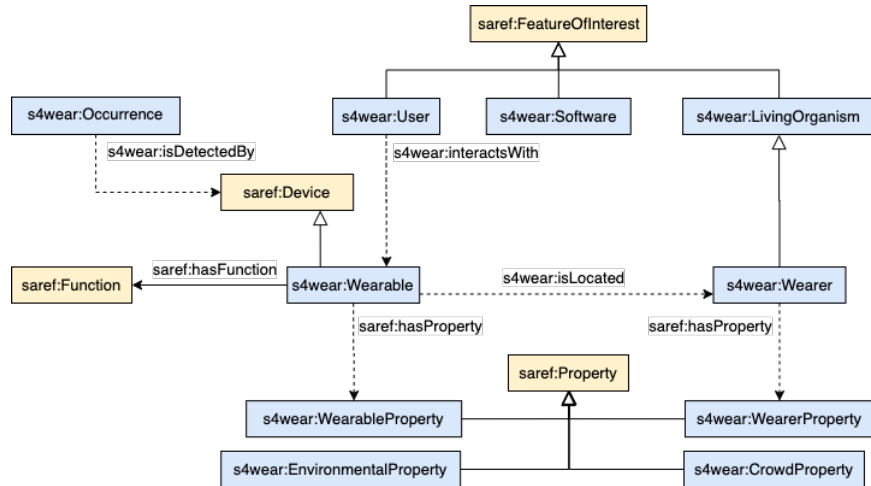


Figure 18: Classi e proprietà principali di SAREF4WEAR

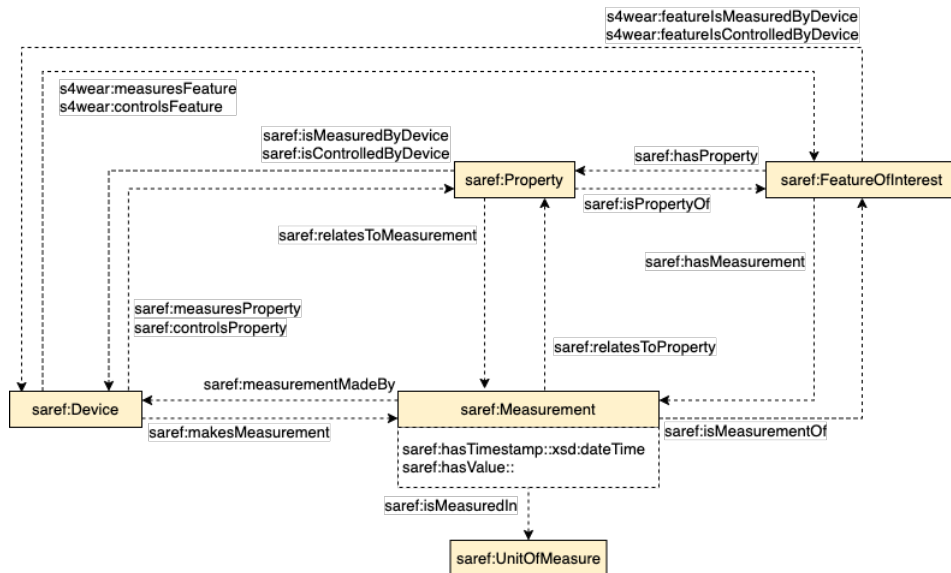


Figure 19: Specializzazione di Measurement per dispositivi wearable

4.10 Acqua - SAREF4WATR

SAREF4WATR è l'estensione di SAREF per la descrizione del dominio di applicazioni riguardanti il mondo delle risorse idriche.[11] In particolare, durante la definizione dell'ontologia, sono stati presi in considerazione i seguenti casi d'uso:

- Lettura remota di registri metrologici
- Lettura e configurazione dei contatori
- Gestione del rischio sulle infrastrutture critiche riguardanti l'acqua

5 Casi d'uso e progetti

5.1 Web of Things (WoT)

Data la necessità di trovare standard comuni per la comunicazione e la progettazione di device IOT, l'idea è quella di sfruttare le tecnologie del web. Queste rappresentano già uno standard largamente utilizzato, in fatto di architetture, protocolli di comunicazione e modelli dati. Il W3C ha formalizzato uno standard denominato WoT.

Web of Things (WoT) fornisce una serie di linee guida al fine di uniformare lo sviluppo di applicazioni IoT utilizzando lo stack tecnologico del web. Questo approccio consente il riutilizzo di standard e strumenti consolidati (URL/URI, HTTP, JSON, HTML), aumenta la flessibilità e l'interoperabilità, in particolare per le applicazioni *cross-domain*.

WoT introduce un'astrazione dell'interazione basata su **properties**, **events** e **actions**. Qualsiasi *thing* può essere descritta in questi termini e, adottandola, le applicazioni hanno un modo per capire quali sono le funzioni di un dispositivo IOT e come è possibile accedere ai dati. [16]

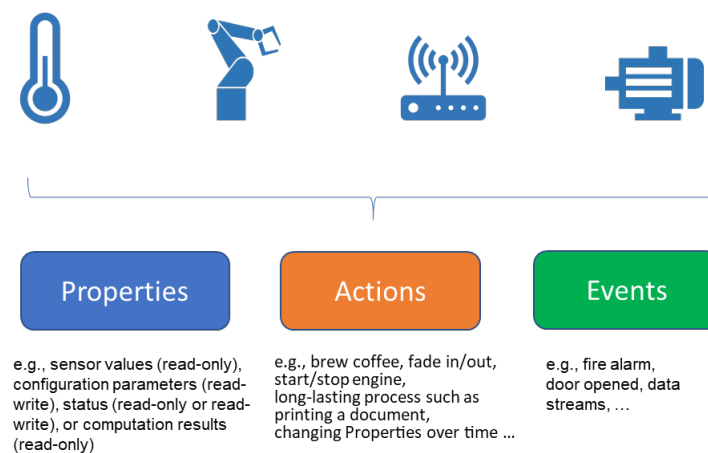


Figure 21: Descrizione di una thing in termini di Properties, Actions ed Events

L'adozione degli standard del Web of Thing quindi, migliora l'accessibilità e l'interoperabilità dei dispositivi IOT, in aggiunta a questo, vengono utilizzate le tecnologie del Web Semantico per fornire descrizioni delle varie *thing* comprensibili anche alle macchine.

5.1.1 Architettura WOT

Il modello architetturale maggiormente condiviso in questo campo, vede una suddivisione a strati (Access, Find, Share, Compose). Ognuno di questi livelli aggiunge, tramite l'utilizzo di protocolli e tecnologie condivise, nuove funzionalità. [13]

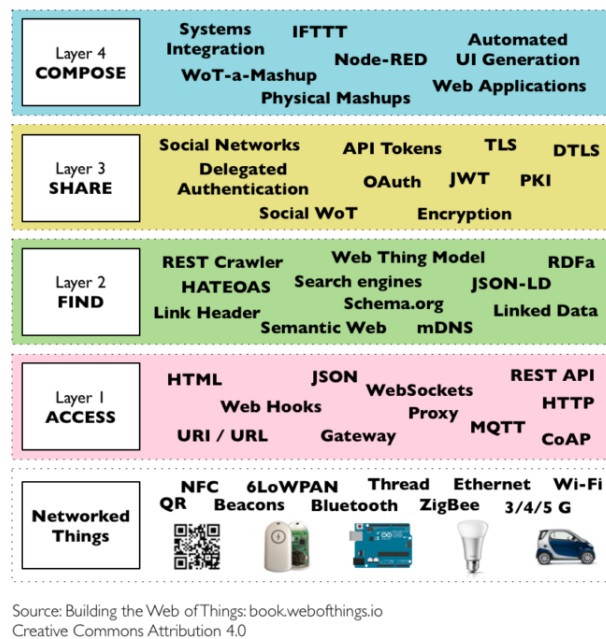


Figure 22: Architettura a layer del Web of Things

Layer 1: Access Ogni *thing* è vista come una risorsa all'interno del Web, con un proprio indirizzo, con la quale poter comunicare attraverso il protocollo HTTP. Una *thing* è vista come un API REST.

Layer 2: Find Con il primo livello, un dispositivo è ora raggiungibile via HTTP a un indirizzo ben specifico, questo però non significa che questo device possa essere trovato facilmente e, se trovato, si possano effettivamente comprendere le sue funzioni.

Il layer Find aggiunge la funzionalità di ricerca e descrizione per le *thing*. La linea guida è quella di sfruttare le tecnologie del web semantico, in modo tale da poter descrivere le funzionalità e gli scopi di un dispositivo. In questo modo, altri dispositivi e/o applicazioni, sfruttando le stesse tecnologie del web semantico potranno usufruire e conoscere nuove *things*. E' qui che il Web Semantico, e in particolare l'ontologia SAREF, entrano in gioco.

Layer 3: Share Livello che aggiunge la funzionalità di condivisione delle varie *thing*, specificando protocolli e linee guida per farlo in modo sicuro. Si parla di reti sociali WoT.

Layer 4: Compose Una volta che le *thing* sono sul web (layer 1) dove possono essere trovate da esseri umani e macchine (layer 2), e le loro risorse possono essere condivise in modo sicuro con gli altri (layer 3), è possibile comporre varie di queste *thing* per fornire

al mondo reale nuove applicazioni e funzionalità, derivanti proprio dalla composizione (mashup) di diversi dispositivi.

5.1.2 Thing description

Una Thing Description è un elemento fondamentale nel Web of Things del W3C e può essere considerato come l'*entry point* di un dispositivo IoT. Una TD è unica per ogni thing e ne descrive le principali informazioni, funzioni e protocolli di comunicazione utilizzati al fine di interoperare con essa. Essa può essere mantenuta e resa disponibile dalla stessa *thing* oppure esternamente (ad esempio su un web server) [18]

Il linguaggio utilizzato per la descrizione di una TD è JSON-LD. L'utilizzo di JSON-LD e di ontologie per lo sviluppo di una Thing Description, permettono di considerare una smart thing come un insieme di triple RDF ed essere quindi *machine-readable*.

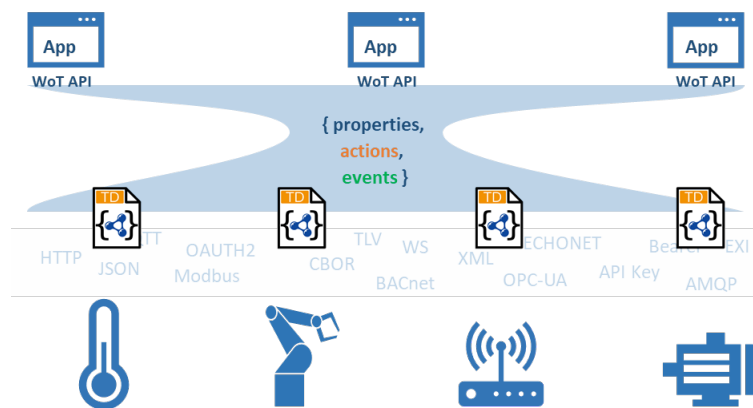


Figure 23: Ogni thing viene descritta con una propria TD

Da sola però, la specifica di una Thing Description, non garantisce interoperabilità semantica. La sola TD quindi non basta per poter essere compresa, è necessario affiancare/estendere questa specifica con vocabolari(ontologie) specifiche, ovvero SAREF.

Di seguito un esempio di Thing Description utilizzata per modellare una smart lamp. La specifica è tramite JSON-LD e si nota come si faccia uso dell'ontologia SAREF per rendere semanticamente comprensibile la *thing* da parte di altri dispositivi o applicazioni.

```
{
  "@context": [
    "https://www.w3.org/2019/wot/td/v1",
    { "saref": "https://w3id.org/saref#" }
  ],
  "id": "urn:dev:ops:32473-WoTLamp-1234",
  "title": "MyLampThing",
  "@type": "saref:LightSwitch",
  "securityDefinitions": {"basic_sc": {
```

```

        "scheme": "basic",
        "in": "header"
    }},
    "security": ["basic_sc"],
    "properties": {
        "status": {
            "@type": "saref:OnOffState",
            "type": "string",
            "forms": [{
                "href": "https://mylamp.example.com/status"
            }]
        }
    },
    "actions": {
        "toggle": {
            "@type": "saref:ToggleCommand",
            "forms": [{
                "href": "https://mylamp.example.com/toggle"
            }]
        }
    },
    "events": {
        "overheating": {
            "data": {"type": "string"},
            "forms": [{
                "href": "https://mylamp.example.com/oh"
            }]
        }
    }
}

```


References

- [1] Laura Daniele, Frank den Hartog, and Jasper Roes. “Created in Close Interaction with the Industry: The Smart Appliances REFERENCE (SAREF) Ontology”. In: Aug. 2015, pp. 100–112. ISBN: 978-3-319-21544-0. DOI: [10.1007/978-3-319-21545-7_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21545-7_9).
- [2] ETSI. *Saref core ontology*. URL: <https://saref.etsi.org/>.
- [3] ETSI. *SAREF4AGRI extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4agri/>.
- [4] ETSI. *SAREF4BLDG extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4bldg/>.
- [5] ETSI. *SAREF4CITY extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4city/>.
- [6] ETSI. *SAREF4EHAW extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4ehaw/>.
- [7] ETSI. *SAREF4ENER extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4ener/>.
- [8] ETSI. *SAREF4ENVI extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4envi/>.
- [9] ETSI. *SAREF4INMA extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4inma/>.
- [10] ETSI. *SAREF4SYST extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4syst/>.
- [11] ETSI. *SAREF4WATR extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4watr/>.
- [12] ETSI. *SAREF4WEAR extension*. URL: <https://saref.etsi.org/saref4wear/>.
- [13] Dominique Guinard and Vlad Trifa. *HELLO, WORLD WIDE WEB OF THINGS*. URL: <https://internetofthings.technicacuriosa.com/2017/03/09/hello-world-wide-web-of-things/>.
- [14] Wenbin Li et al. “Review of Standard Ontologies for the Web of Things”. In: *2019 Global IoT Summit (GIIOTS)*. 2019, pp. 1–6. DOI: [10.1109/GIIOTS.2019.8766377](https://doi.org/10.1109/GIIOTS.2019.8766377).
- [15] TNO. *Smart Appliances Project*. URL: <https://sites.google.com/site/smartappliancesproject/>.
- [16] W3C. *W3C Web Of Thing (WoT) introduction*. URL: <https://www.w3.org/WoT/documentation/>.
- [17] W3C. *W3C Web Of Thing (WoT) introduction*. URL: <https://www.w3.org/TR/wot-architecture/>.
- [18] W3C. *W3C Web Of Thing (WoT) introduction*. URL: <https://www.w3.org/TR/wot-thing-description/>.
- [19] P. Waher. *Learning Internet of Things*. Community experience distilled. Packt Publishing, 2015. ISBN: 9781783553549. URL: <https://books.google.it/books?id=auRrBgAAQBAJ>.