

Trådlösa nätverk för sakernas internet

---

KANDIDATAVHANDLING

Sebastian Bröckl  
handledare: Annamari Soini

## innehållsförteckning

1. Inledning.....	2
1.1 Bakgrund .....	2
1.2 Vad är sakernas internet?.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 relevans .....	Error! Bookmark not defined.
1.4 specialfall.....	Error! Bookmark not defined.
2. Trådlös kommunikation.....	4
2.1 begränsningar .....	5
3. Datakommunikation .....	6
3.1 Nätverksskiktet .....	6
3.1.1 Dold nod-problemet .....	8
3.2 Datalänkskiktet .....	8
3.2.1 Ramstorlek .....	9
3.3 Det fysiska skiktet .....	9
4. Protokoll för sakernas internet .....	9
4.1 IEEE 802.11 (WLAN/WIFI) .....	10
4.1.1 IEEE 802.11 nätverkstopologi och funktioner.....	10
4.2 IEEE 802.15.1 Bluetooth.....	11
4.3 IEEE 802.15.4 ZigBee .....	12
Referenser .....	13

## **1. Inledning**

### **1.1 Bakgrund**

Priset för olika trådlösa nätverksteknologier har sjunkit i pris samtidigt som vår infrastruktur för att använda den har förbättrats. I Finland har 81 procent av hushållen tillgång till snabbt internet [1], och så gott som alla äger en mobiltelefon som för några decennier sen var dyra och exotiska. Hårdvaran för trådlös kommunikation har blivit billigare och mindre vilket i kombination av allmänt förekommande apparater med inbyggda datorsystem har gett upphov till en mängd ”smarta”-maskiner. ABI Research, ett amerikanskt marknadsforskningsföretag, har estimerat att det år 2013 tillverkades över fem miljarder trådlösa chip. Ciscos ”Internet of Things Group” förutspår även att det år 2020 kommer att finnas över 50 miljarder internet-kopplade apparater [2].

Dessa är internetkopplade apparater som inte nödvändigtvis uppfyller vår traditionella bild av datorer öppnar nya möjligheter både för konsumenter och industri. Man menar att vi i framtiden kommer att vara omringade av maskiner som kan samla och behandla användbar information om sina omgivningar, och således bilda en sorts ”ambient intelligens” [3]. Den mångfald av maskiner som möjliggör detta kallas ”sakernas internet” (engelska the Internet of Things, IoT).

### **1.2 Syfte**

Sakernas internet ställer sina egna krav på teknologierna den bygger på, och de idag mest använda teknologierna kan visa sig vara opassande för dem. Målet med denna avhandling är att utforska hur sakerna i sakernas internet skiljer sig från andra maskiner som använder internet och jämföra de teknologier som erbjuds.

### **1.3 Avgränsning**

Jag kommer endast att ta upp teknologier som redan finns på marknaden, och som är tillgängliga för allmänheten.

## **2. Sakernas Internet**

Sakernas internet som koncept har gjorts relevant till stor del på grund av stödet den fått av industrin. Sakernas internet i industrisammanhang betyder ofta distribuerade nätverk av sensorer. Man vill samla så mycket information om sina processer som möjligt för att kunna reglera dem bättre och mera effektivt.

Sensornätverk inom industri är inte någonting nytt i sig utan har funnits mycket länge. Sådana nätverk kan bestå av analoga mätinstrument spridda över en fabrik vilka blir avlästa och dokumenterade av en arbetare för hand, eller olika digitala instrument ihopkopplade med kablar. Med tiden har det blivit allt vanligare att ansluta dessa nätverk till internet för fjärravläsning eller styrning.

Trådlösa nätverk av har självklara fördelar i eftersom de i vissa fall kräver mindre resurser. Sensorerna bildar noder i ett nätverk som möjliggör kommunikation mellan noderna. Avläsningen av instrumenten kan skötas automatiskt och man behöver inte dra kablar, båda stora fördelar om instrumenten är avlägsna eller utspridda över ett stort område. Trådlösa sensorer lämpar sig även mycket väl till tillämpningar som måste vara rörliga.

### **2.1 Specialkrav**

Att skapa ett trådlöst nätverk av små apparater har sina utmaningar, både då det handlar om industriella applikationer och konsumentprodukter. Varje enhet behöver sin egen antenn för kommunikation och ett batteri för att förses med energi om inte en fast anslutning till elnätet är lämpligt. Utrustningen får inte vara

för dyr för att göra det oekonomiskt att ta i bruk i stor skala. Detta betyder att de ofta har begränsad databehandlingsförmåga.

Enheterna måste anpassas till sin användningsmiljö, dessa kan variera drastiskt, speciellt inom industriella applikationer. Användningsmiljöerna sätter även sina krav på hurdan radioutrustning man kan använda. Teknologin som används får gärna vara slittåligt och kräva lite underhåll om enheterna skall fungera autonomt och man strävar efter minskade uppehållskostnader. Om man antar att en stor del av enheterna kommer att vara batteridrivna blir energikonsumtionen mycket viktig och en av de viktigaste parametrarna för jämförelse mellan olika tekniker från ett sakernas internet-perspektiv

Sakernas internet består av mycket varierande maskiner med användningsändamål. Gemensamt har de ofta dock:

- begränsad databehandlingsförmåga
- låg bandvidds-användning
- ett behov att spara på energiförbrukning

### **3. Trådlös kommunikation**

Med trådlös kommunikation avses signaler som förmedlas via atmosfären som elektromagnetisk strålning istället för via ett fast medium som kopparkablar. Trådlös kommunikation sker i allmänhet via radiovågor men även synligt eller infrarött ljus kan användas, det finns även mera ovanliga lösningar som ultraljud och magnetisk induktion.

Radiovågorna sänds och tas emot av antenner som förvandlar radiovågor till elektricitet och vice versa. För att omvandla en elektrisk signal till en radiosignal

används modulering. Att ändra en radiosignal till elektrisk kallas i samma rön demodulering [3].

Det finns flera olika modulationsstrategier som passar för olika tillämpningar. Data som sänds vid digital kommunikation består av binära bitar med två diskreta värden i serie. Dessa två värden kan representeras av två olika radio-vågformer, så kallad binär modulation, eller så kan bitarna delas in i block av fast storlek var varje kombination av bitar i ett block representeras av en egen vågform kallad symbol. T.ex. ett block på 2 bitar har 4 kombinationer; 00, 01, 10 och 11 vilka kan representeras av var sin vågform.

### **3.1 begränsningar**

Elektronisk radioutrustning är begränsat både av naturens och människors lagar, och sådan utrustning måste därmed anpassas till det land och de omständigheter det används i. Sändning av radiosignaler är i de flesta länder en reglerad verksamhet, det finns internationella och nationella lagar om hur starka radiosignaler får skickas och vilka frekvensband som får användas. I Finland är det kommunikationsverket som styr och övervakar denna verksamhet [4].

Den mesta radiokommunikation är begränsad till allmänna frekvensband med mycket trafik och olika signaler inom samma band kan störa varandra. Kommunikation inom högt belastade frekvensband kräver därför ofta olika former av signalbehandling som sätter höjda krav på hårdvaran.

Även omgivningen bidrar med störningar som till exempel, fysiska hinder, reflektion och refraktion. Detta betyder att en symbol som mottas av en mottagare aldrig helt motsvarar den skickade symbolen och att det alltid finns en sannolikhet att man avläser den fel. Det betyder att det alltid finns en bit-felgrad (engelska bit error rate) d.v.s. en sannolikhet för att en bit överförts fel. Felgraden varierar beroende på yttre omständigheter [5]

Radiosignaler blir geometriskt svagare ju längre bort från deras källa man befinner sig. För långa sträckor måste man därför sända en starkare signal eller använda en större antenn för att framgångsrikt motta signalen. Båda alternativen kan vara problematiska för apparater begränsade av sin storlek och batterikapacitet. Stora datamängder tar även mera tid att sända och kräver således mera energi, av denna orsak är det ofta till fördel att vara sparsam med hur mycket data man sänder, speciellt om man driver sändaren med batteri.

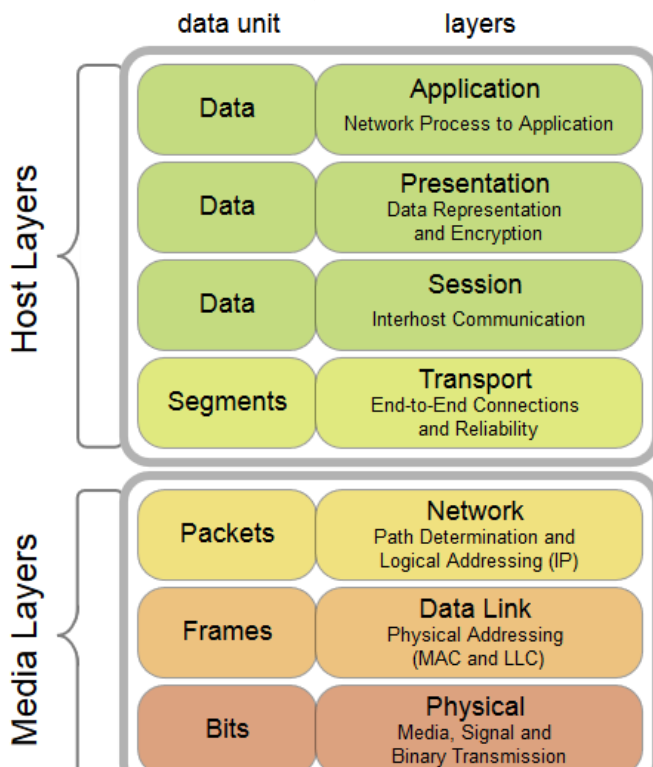
#### **4. Datakommunikation**

Kommunikation mellan datamaskiner är ett undertagande som kräver hög precision, det finns inget rum för oklarheter eller missförstånd. Därför finns det entydiga och noggranna regler för hur kommunikation mellan maskiner skall skötas, så kallade protokoll och standarder, som definierar och specificerar olika sätt att sköta datatrafiken i praktiken. Dessa protokoll beskrivs ofta delade i lager, enligt den så kallade OSI-modellen. OSI-modellen finns för att göra det lättare att förstå och ha översikt av de olika protokollen och deras delområden. De sju lagren, eller skikten, beskriver var sin del av processen en datamängd går igenom vid transport över ett nätverk, med protokoll relaterade till mjukvara överst och hårdvara nederst. För denna text är det främst de tre understa lagren, som tillsammans kallas mediumskiktet som är relevanta för sakernas internet och som kommer att behandlas.

De tre lagren som utgör mediumskiktet är nätverksskiktet, dataskiktet och det fysiska skiktet:

##### **4.1 Nätverksskiktet**

Nätverksskiktet behandlar hur man skapar förbindelser och skickar data mellan skilda nätverk. Protokoll som uppger internets kärna som IPv4 och det nyare



Figur 1: OSI-modellen  
 källa: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8d/OSI\\_Model\\_v1.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8d/OSI_Model_v1.svg)

IPv6 hör hit. När data skickas över internet delas det upp i paket av passlig storlek för att skickas över de olika nätverken. Paketet fodras med en så kallad rubrik (på engelska "header"). Rubriken innehåller information om vart paketet skall skickas och hur de ska tolkas och sättas ihop när det blir mottaget. Som exempel är rubriken i IPv4 är mellan 20 och 60 bytes vilket är försumbart då ett paket kan vara flera tiotusen kilobytes.

Stora datamängder är inte ett problem i fasta anslutningar men kan vara tunga om de måste skickas över ett trådlöst nätverk med begränsade resurser. De



traditionella nätverksprotokollen kan alltså i vissa fall vara otillfredsställande för sakernas internet.

#### **4.1.1 Dold nod-problemet**

Ett problem som uppstår då flera noder försöker kommunicera på samma band är det så kallade "dold nod-problemet" [3]. Det uppstår i situationer då två noder samtidigt försöker tala med samma nod de båda är inom räckvidd för, samtidigt som de inte är inom räckvidd för varandra. De två yttre noderna sänder då samtidigt och stör varandras signaler utan att själv veta om detta. Det finns ett antal lösningar på detta problem som beskrivs närmare då de kommer upp senare i avhandlingen.

#### **4.2 Datalänksskiktet**

Datalänksskiktet innehåller protokollen som möjliggör kommunikation från maskin till maskin, d.v.s. för att "länka" ihop maskiner. Protokollen i detta skikt behandlar centrala delar av trådlös kommunikation, och är hem till de flesta (alla?) av protokollen som tas upp i denna text. Målet med skiktet är att skapa en pålitlig länk mellan två noder i radiokontakt med varandra [5]. Paketerna som tas emot från det övre skiktet delas ytterligare upp i "ramar" (engelska frames) som sedan skickas över etern.

Ramarnas storlek och innehåll varierar mellan protokoll och spelar viktig roll i nätverkets prestanda och protokoll skapade för trådbundna system fungerar ofta dåligt i trådlösa.

Till detta skikt hör även felhantering som strävar att hitta och korrigera fel som uppstår vid mottagningen av data. I regel kan man utgå ifrån att bättre felhantering kräver mera resurser [5]. Datalänksskiktet behandlar även

flödeskontroll och upprättningen av länkar mellan noder, samt uppskattar länkarnas kvalitet.

#### **4.2.1 Ramstorlek**

Sannolikheten till att ett fel uppstår vid trådlös kommunikation är relativt hög. Om ett fel uppstår i en sänd ram måste det korrigeras och om det misslyckas måste ramen skickas om. Ifall det uppkommer störningar är det därför möjligt att man måste skicka samma ram flera gånger för lyckad överföring.

Varje ram innehåller en fast overhead i form av en rubrik vilket betyder att korta ramar blir ineffektiva, långa ramar betyder däremot större sannolikhet att ett fel uppstår i varje given ram vilket i sin tur även leder till ineffektivitet. Detta leder till att det är fördelaktigt att optimera ramstorleken till omgivningen och användningsområdet [5].

#### **4.3 Det fysiska skiktet**

Det fysiska skiktet definierar hur de enskilda bitarna som uppgör ramarna skickas i praktiken. Datamängder överförs vid RF-kommunikation som en serie bitar. Detta kan ske synkront eller asynkront

För att mottagaren skall kunna tyda sändarens meddelanden måste den veta var sändarens meddelande börjar och slutar. Detta kräver bärvågssynkronisering (engelska carrier synchronization), mottagaren måste veta sändarens frekvens och fas för att kunna motta budskapet [5]. Efter att man försäkrat att man lyssnar på rätt kanal måste man sedan synkronisera symbolerna (engelska bit/symbol synchronization) mottagaren måste veta längden på symbolerna, samt var de börjar och slutar för att korrekt kunna demodulera symbolerna till binär data.

### **5. Protokoll för sakernas internet**

Som det kommer fram i de tidigare styckena sätter alltså sakernas internet sina krav på protokollen och teknikerna som man ämnar förverkliga den med.

## **5.1 IEEE 802.11 (WLAN/WIFI)**

IEEE 802.11 även kallad WiFi är den vanligaste tekniken som används för trådlöst internet. Det lanserades 1997 och använde ursprungligen enbart det licensfria 2.6 GHz frekvensbandet och hade en överföringshastighet på 1 Mbit/s. Sedan dess lansering har IEEE ("Institute of Electrical and Electronics Engineers") kommit med flera utökande specifikationer som möjliggör högre överföringshastigheter, upp till 1300Mbit/s med IEEE 802.11ac [6] och användning av 5 GHz som frekvensband. Protokollet hör till datalänkskiktet och liknar på många sätt ett trådlöst Ethernet, det vanligaste trådbundna datalänksskiktetsprotokollet. Räckvidden på WiFi kan vara över hundra meter ohindrat men några tiotals meter inomhus.

### **5.1.1 IEEE 802.11 nätverkstopologi och funktioner**

Varje nod i nätverket är länkad till en speciell "accesspunkt" en speciell nod som kopplar den vidare till andra nätverk som internet, ofta trådbundet. Nätverket är alltså stjärnformat, varje nod är länkad till en central nod. Varje accesspunkt har en unik identifierare en så kallad SSID (från engelskans Service Set Identifier). Accesspunkten informerar närvarande lyssnare om sin existens genom att skicka "fyrmeddelanden" (engelska beacon). När en nod vill ansluta sig till nätverket lyssnar den först för dessa fyrmeddelanden och skickar den en begäran om att ansluta sig till accesspunkten. Kollisioner undviks med hjälp av CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), varje nod försäkras sig om att frekvensbandet inte är i användning fören den börjar sända sitt meddelande. För att undvika onödigt väntande går man in i exponentiell backoff, man väntar en slumpmässig tid och lyssnar igen [3].

IEEE 801.11 och dess specifikationer används redan i många applikationer inom sakernas internet, speciellt på konsumentmarknaden. De höga överföringshastigheterna betyder dock hög energiförbrukning som snabbt tömmer batterier. Överföringshastigheterna är även överdimensionerade till många inbyggda system som inte har kapacitet eller behov av att utnyttja dem. Till exempel en väderstation behöver inte skicka mera information än några tiotals byte om dagen. För sådana applikationer är det mycket effektivare att hitta ett alternativt protokoll. TODO IEEE 802.11ah

## 5.2 IEEE 802.15.1 Bluetooth

Bluetooth är en standard för trådlösa nätverk som från första början utvecklats för mobila apparater. Målet var att ersätta traditionella kabelförbindelser till ”periferenheter” som hörlurar, tangentbord och möss. Man har från utvecklingens början strävat efter att göra teknologin så billig och energieffektivt som möjligt. Standarden utvecklades av organisationen ”Bluetooth Special Interest Group” bildad av telefonindustri-jättar som Ericsson, Nokia, Toshiba och IBM och blev sedan standardiserad av IEEE. Standarden får sitt namn efter vikingakungen Harald Blåtand, detta syns även i bluetooth logon, som är en sammanslagning av Haralds initialrunor. Räckvidden för bluetooth varierar från ett par meter till ett maximum på hundra meter, mobila apparater kan ha mycket liten räckvidd medan trådbundna enheter förväntas kunna producera en starkare signal. Originella överföringshastigheten var 720 kbits/s men har sedanmera förbättras i senare specifikationer.

Bluetooth bygger på små, så kallade piconät av upp till 8 noder som är begränsade i sin utsträckning. En nod kan vara kopplad till flera än ett piconät, men ruttning mellan nät stöds ej. Varje piconät har en nod som är designerad master, medan alla noder är designerade slavar, masternoden koordinerar all

kommunikation mellan noderna genom att utse dem tidsluckor var de får sända. Varje nod sänder alltså i tur och ordning över nätverket.

Bluetooth använder sig av frekvenshoppning. Frekvensbandet som används, 2.4 GHz, delas upp i 79 olika underkanaler med en bredd på 2 MHz. Apparaterna anslutna till nätet byter tillsammans underkanal 1600 gånger i sekunden. Vilken kanal man hoppar till bestäms pseudo-slumpmässigt från masternodens klocka och nätverksidentifierare. Målet med frekvenshoppningen är att minimera störningar som förekommer på specifika frekvenser och minska sannolikheten för krockar mellan nätverk. 79 underkanaler betyder att två olika nätverk som opererar inom varandras räckvidd endast har 1,26% sannolikhet att välja samma kanal vid ett hopp. [3].

### 5.3 IEEE 802.15.4 ZigBee

Commented [HB1]:

ZigBee är ett protokoll för så kallade WPANs (engelska Wireless Personal Area Network) för industribruk. Protokollet har från grunden upp designats för trådlös kommunikation för inbyggda system. ZigBee utnyttjar som de andra teknologierna som tagits upp 2,4 GHz-bandet.

ZigBee använder sig liksom WiFi av CSMA/CA,

## Referenser

- [1 Viestintävirasto, "www.viestintävirasto.fi," 26 11 2015. [Online]. Available:  
] <https://www.viestintavirasto.fi/tilastotjatutkimukset/tilastot/2013/nopeidenyhteyksiensaataavuus.html>  
. [Använd 11 4 2016].
- [2 Cisco, "www.cisco.com," 11 2013. [Online]. Available:  
] [http://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/solutions/trends/iot/introduction\\_to\\_loT\\_november.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/introduction_to_loT_november.pdf).  
[Använd 11 4 2016].
- [3 M. B. A. L. L.-Å. N. Valentino Betti, datakommunikation, 1 red., Stockholm: Liber AB, 2012.  
]
- [4 Viestintävirasto, "www.kommunikationsverket.fi," [Online].  
]
- [5 H. K. & A. willing, PROTOCOLS AND ARCHITECTURES FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS, Chichester:  
] John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [6 Cisco, "www.Cisco.com," [Online]. Available:  
] [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/white\\_paper\\_c11-713103.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/white_paper_c11-713103.html). [Använd 11 4 2016].