

# Nätverk för Hemautomation

Niklas Exell 38676

Kandidatavhandling i Datateknik

Handledare: Jerker Björkqvist

Åbo Akademi

2018

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <b>Intro</b>             | <b>3</b>  |
| 1.1 Styrda apparater     | 3         |
| 1.2 Indata apparater     | 6         |
| 1.3 Hubbar               | 8         |
| 1.4 Kontrollregler       | 8         |
| 1.5 Begränsning          | 9         |
| <b>2 Kontrollnätverk</b> | <b>9</b>  |
| 2.1 Radiobaserade        | 10        |
| 2.1.1 WiFi               | 10        |
| 2.1.2 6LoWPAN            | 11        |
| 2.1.3 ZigBee             | 12        |
| 2.1.? Jämförelse         | 14        |
| 2.2 Kabel                | 17        |
| <b>3 Diskussion</b>      | <b>17</b> |
| <b>Referenser</b>        | <b>17</b> |

# Intro

Hemautomation, också kallad smarta hem, implementerar olika apparater i hemmen endera för att göra livet bekvämare och livskvaliteten bättre eller för att göra hemmet mera energieffektivt. Ofta eftersträvas båda. En stor del av informationen till introt har jag tagit ur How to smart home av Othmar Kyas[1].

## 1.1 Styrda apparater

Med hemautomation kan man styra många olika sorters apparater, och de mest vanliga är lampor. Det finns 2 sorters lösningar för att kunna styra lampor; antingen är styrkretsen inbyggd i ljuskällan eller så är styrningen inbyggd i huset. I fall styrningen är inbyggd i huset så använder man sig av vanliga ljuskällor. Man kan styra om lamporna är på eller av, med vissa implementeringar kan man dimma dem. Med en inbyggd styrning kan det variera var själva kontrollenheten är men på nybyggen kan man centralisera den i ett elskåp och därifrån ha kablar som går rakt till platsen för lampan. Annars brukar man lägga kontrollenheten där en vanlig lampbrytare skulle sättas. På implementeringar var styrningen är inne i ljuskällan, behöver inte kablaget vara på ett specifikt sätt utan då lampan är installerad tillför man alltid bara ström till den och sedan/därefter styr den inbyggda elektroniken lampan.

Av ljuskällor med inbyggd styrning finns det olika varianter och på dem kan man variera olika parametrar, det mest enkla och den funktion som är inbyggd i alla lampor är att knäppa lampan på och av. Flera av de smarta ljuskällorna har också funktionen att dimma dem. På mera avancerade lampor kan man också kontrollera färgtemperaturen för att tex på kvällen få ett varmare gult ljus och på dagen ett mera blått ljus för att hjälpa

dygnsrytmen. De mest avancerade lamporna är RGB, vilket betyder att lampan består av tre ljuselement ett rött (red) ett grönt (green) och ett blått (blue), genom att variera på dessa tre i olika mån kan man alltså uppnå så gott som alla möjliga färger. Det finns också lamp fixturer som använder sig av individuellt adresserbara LED-dioder vilket möjliggör att man för varje enskild diod kan ha olika färg och styrka och såvida kan man visa olika statiska samt rörliga mönster. Exempel på ljuskällor med inbyggd styrning är Philips Hue och IKEA TRÅDFRI, av båda finns det flera versioner och de olika versionerna implementerar i olika grad de ovan beskrivna funktionerna. Priset påverkas av produktens funktionalitet, t.ex. IKEA's billigaste produkt har endast funktionalitet för att knäppa på och av samt dimning. Ett exempel på integrerad styrning för belysning är Sonoff brytare, vilka kommer i olika modeller, som med hjälp av reläer kopplar på och av växelström. I dessa finns det en esp8266 microcontroller vilken möjliggör kontroll över WiFi. Dessa kan också användas till att knäppa av och på strömmen till andra AC apparater.

Efter belysnings automation är troligen HVAC (heating, ventilation and air conditioning) styrning troligen den vanligaste. Beroende på hurdan uppvärmning och ventilation huset har kan man kontrollera dem på olika sätt. På modernare hus kan temperaturkontrollen ofta vara ihopkopplad till en centralenhet som sedan går att kommunicera med externt. Dessa enheter kan ibland ha inbyggt en bit automation eller ibland integrera solpaneler. På äldre hus har man ofta en självständig termostat i varje rum var temperaturen kontrolleras. Dessa kan då ersättas med en smart och/eller uppkopplad termostat. Exempel på en smart termostat är 'Nest labs' termostaten som kan vara automatisk eller styras utifrån.

I många hus finns det också luftvärmepumpar för att kontrollera temperaturen och luftcirkulationen i ett rum. Vanligen är dessa kontrollerade med en IR-fjärrkontroll eftersom de ofta är installerade hur vägen mot taket

på en vägg inomhus men dessa går också att integrera till ett hemautomationssystem på olika sätt beroende på enheten. Modernare enheter kan endera ha färdigt inbyggd funktionalitet eller styras med en tilläggsmodul för att kopplas till nätverk. Ett annat sätt att kontrollera luftvärmepumpen är att ha en extern modul som emulerar IR-fjärrkontrollen och är kopplad till ett nätverk och såvida kontrollerar luftvärmepumpen.

För ventilation kan såklart användas enkla fläktar av olika sorter som t.ex. kontrolleras med en Sonoff som tidigare nämnt. För att kontrollera temperaturen, ljuset samt synligheten in och ut ur huset kan man använda sig av styrbara gardiner. Av gardiner finns det två slag, sådana som bara öppnar och stänger t.ex. rullgardin och mörkläggningsgardin, samt sådana som både öppnar, stänger och när de är framför fönstret kan variera på mängden ljus som slipper förbi t.ex. persienn. Den första varianten använder sig av en uppsättning av servomotor och ibland gränslägesbrytare och den andra kräver att det finns två uppsättningar.

I hemmen kan man också styra ytterdörrar samt garagedörrar men dessa styrningar har risker inblandade eftersom om det finns ett fel i systemet kan dörrarna bli lämnade olåsta eller öppna utan att man är medveten om det. För att styra ytterdörrarna byter man ofta ut låset på dörren till ett som har inbyggd elektronisk kontroll medan med garaget använder man sig ofta av en normal garage dörröppnare och använder sig av en modul som är kopplad till nätverket som emulerar en brytare man skulle ha på insidan av garaget för att öppna dörren. I hemmen har man i dagens läge mera och mera apparater som nativt har inbyggda "smarta" funktioner t.ex. kylskåp, som kan ha en skärm som visar familjens tidtabell samt köplista som är synkroniserad med familjens telefoner, tv:n och annan multimedia som kan styras från andra apparater. En sak som man ofta inte tänker på är att kontrollera vattenberedaren, genom att kontrollera den kan man optimera energianvändningen. I ett hem kan man ofta ha plantor och eller djur, dessa

behöver en del uppmärksamhet för att de skall ha tillräckligt med mat och vatten. Matningen och vattandet kan så klart automatiseras och då behöver man bara se till att det finns tillräckligt med mat och vatten buffrat. Dessa system är ofta ganska autonoma och behöver ofta inte mycket om alls extern indata.

## 1.2 Indata apparater

För hemautomation har man flera sätt man kan ge indata till systemet att reagera på. Hur man kan ha apparaterna att reagera går igenom i Kontrollregler kapitlet. Den simplaste inputmetoden är att ha knappar på väggen för att ta in information att användaren vill att något skall hända. Dessa är implementerade med hjälp av någon slags microcontroller t.ex. esp8266 som lyssnar för ett knapptryck och sedan skickar information om detta till hubben i systemet via kontrollnätverket. Med kontrollregler mappar man sedan dessas funktioner.

I ett hemautomationssystem har man ofta någon sorts pekgränssnitt för att välja inställningar och att ha direkt kontroll och styra all apparatur i hemmet. Dessa är ofta implementerade genom att installera en mjukvara för detta på en tablet eller en all-in-one PC med pekskärm. Vanliga platser för dessa är på väggen i köket, vardagsrummet eller tamburen eftersom där är de lätt åtkomliga och de är ställen var man ofta behöver komma åt funktioner i systemet. Denna samma funktionalitet kan man också ha installerad på telefonen och tabletter man har löst i huset samt ha ett webbgränssnitt var man kommer åt information samt kontroll för huset. En indata som man ofta inte tänker på är klockan men den är ganska viktig eftersom stor del av automationen är tidsbaserad.

För wow-factor kan man i sitt hem använda sig av talkontroll. Det lättaste sättet för detta är att använda sig av sin telefon eller tablet var man

har t.ex. Google assistant eller Siri. Om man vill komma ännu lättare undan och bara tala till huset kan man använda sig av dedikerade apparater för talkontroll t.ex. Amazon Echo eller Google home. Dessa kan också användas som hubbar. Alla är internet kopplade och kan också användas till annat än att kontrollera hemmet t.ex. att söka information från nätet. För att styra hemmet utan mycket initiativ av användaren kan man också använda sig av rörelsesensorer och andra slags närvaro sensorer. Dessa närvarosensorer kan också användas för att kolla ifall det finns ovälkommen rörelse i huset vilket kunde vara inbrott, Dr. Sheerddhar et.al. beskriver detta i sin publication "Home Automation System using Wireless Network"[2]. Ett annat sätt att få in data om rörelse i och runt huset är att använda sig av kameror men datamängden från en kamera är betydligt svårare att tolka. Därför lämpar sig kameror bättre till dokumentation och manuell övervakning vilken man kan göra genom automation systemet. Ett annat sätt för att kunna detektera inbrott är att ha sensorer på alla dörrar och fönster för att se ifall någon öppning har öppnats. Dessa fungerar genom att ha en magnet fast i dörren/fönstret och på karmen har man en sensor som känner skillnaden i magnetfältet och såvida kan rapportera status på öppningen. När man tänker på säkerheten i och för hemmet vill man också såklart ha brandlarm t.ex. Nest erbjuder alarm, som kan integreras med hemautomation, som klarar av att detektera både rök samt kolmonoxid i luften. Annat man kan ha som input data för att följa med läget hemma är temperatur och luftfuktighets sensorer. Dessa är ofta ihop byggda i samma modul och är väldigt förmånliga så man kan ha flera av dem lätt. Dessa finns det också enheter som är gjorda speciellt för att följa med plantor och de kan också ha integrerat i sig pH mätare samt mätare för att mäta mängden näring i myllan.

## 1.3 Hubbar

För att ha kontroll över apparaterna i hemmet behöver man någon apparat, en eller flera, som kommunicerar med apparaterna i hemmet som skall kontrolleras en så kallad hub, dessa kan också kallas gateway. För att hubben skall kunna kommunicera med enheterna i huset så måste den på något sätt vara kopplad till dem, detta sker så gott som alltid via ethernet eller WiFi. Hubbar finns det olika slag av, vissa är endast hubbar och vissa har annan funktionalitet inbyggd i dem. De simplaste hubbarna är ett program eller några program, som jobbar tillsammans för mera funktionalitet, installerat på en dator i hemmet som är dygnet runt igång. Openhab är ett exempel på ett sådant program. Openhab är som namnet lite tipsar om är ett Open Source program. Dessa applikationer är oftast inte så processor intensiva så de kan köras på en simpel Raspberry Pi. Openhab är också en bra central hub eftersom den har funktionalitet att kommunicera med flera andra sorters hubbar t.ex. IKEA TRÅDFRI gateway. Hubbar är ofta som tidigare nämnt kombinerade med talkontroll, dessa har oftast inte lika bred kompatibilitet och möjlighet till konfigurering som mera dedikerade lösningar. Hubbarna använder sig av konfigurerade kontrollregler för att agera på omständigheter.

## 1.4 Kontrollregler

Kontroll reglerna är det som gör hemmet automatiserat eller så kallat smart. Reglerna är det som bestämmer vad som händer, när, hur och på grund av vad. Kontrollregler kan man ha för både direkt kontroll samt automation av system. Direkt Kontroll är när man styr någon apparat i systemet enskilt, dessa regler är enkla och ifall man vill ha en dedikerad



inmatning för att styra denna mappar man bara ihop vilken knapp eller liknande styr vilken apparat. Med automatisering av regler kommer man in på det som gör hemautomationen lönsamt dvs. att med en eller flera inmatningar kontrollera en eller flera apparater beroende på omständigheterna utan att användaren skall behöva fundera. Till detta har man alltså definierat vad som skall hända när t.ex. kan man ha en knapp vid ytterdörren för att berätta att man har kommit hem. Då beroende på reglerna man har definierat kan man ha olika funktioner att aktiveras tex beroende på klockslaget tänds olika lampor och olika gardiner stängs och beroende på tid och temperatur ute brygger kaffekokaren en kopp kaffe. Till detta är det bara fantasin som är gränsen på vad man vill göra med sina apparater.

## 1.5 Begränsning

I texten behandlas nätverk som är i bruk idag samt som inte är proprietärt och såvida endas använt av något enskilt företag.

## 2 Kontrollnätverk

För kontrollnätverk till hemautomation kan man använda sig av olika teknologier. De mest använda är IR, kabel och radiobaserade [3]. Infraröd Kommunikation används väldigt sällan eftersom kommunikationen inte kan ha hinder i vägen, t.ex. en väg eller människa, och den har väldigt begränsad räckvidd. Radiobaserade och kabel är däremot ofta använda eftersom de är mera robusta, kabel mera så medan radiobaserad communication är mera flexibel med tanke på installation och lägre kostnad eftersom för alla system med kabel måste kabeln både köpas och installeras vilken inverkar på båda dessa.

För båda av dessa kan man ha en eller dubbelriktad kommunikation, svagheten med enriktad kommunikation är att man inte kan skicka acknowledgement på mottagna paket vilket betyder att nätverket inte är lika pålitligt vilket betyder att dessa system inte kan användas för kritisk kommunikation. Med enriktad kommunikation kan man heller inte använda sig av existerande lösningar som CSMA(Carrier Sense Multiple Access) eller TDMA(Time Division Multiple Access) eftersom man inte har något sätt att synkronisera eller lyssna på andra noder. Med dubbelriktad kommunikation kan man däremot använda sig av acknowledgements samt hämta status av en nod. Priset på noder som klarar av dubbelriktad kommunikation är däremot dyrare eftersom man behöver komplexa transceiver kretsar. Med tanke på hur många noder man behöver i hemautomation kan prisskillnaden vara betydlig.

## 2.1 Radiobaserade

En stor fördel med att ha radiobaserad kommunikation för noder är att det är väldigt flexibelt att lägga till eller ta bort noder eller flytta på de noder som existerar eftersom de inte av kommunikationens skull är bundna till en kabel.

Informationen om dessa påföljande arkitekturer har jag tagit ur:

[5] Wireless Home Automation Networks: A Survey of Architectures and Technologies

och

[4] Comparison of the IEEE 802.11, 802.15.1, 802.15.4 and 802.15.6 wireless standards, Jan Magne Tjensvold.

### 2.1.1 WiFi

När man talar om radiobaserade hemmanät är det förstas WiFi, vilken är baserad på IEEE 802.11 standarden. IEEE 802.11 är specifikationer för

media access layer (MAC) samt physical layer (PHY) för att implementera wireless local area network (WLAN) kommunikation. WLAN opererar på 2,4GHz samt 5GHz. WLAN är planerat för stor data genomströmning vilket betyder att den kräver mycket processortid vilket gör att den inte är energisnål. En teknik som 802.11 använder för att uppnå högre data genomströmning är multiple-input multiple-output(MIMO) vilken använder sig av flera sändare och mottagnings antenner som kombineras med speciella kodnings tekniker.

### 2.1.2 6LoWPAN

6LoWPAN står för IPv6 over Low-Power Wireless PAN (personal area network), frame formatet samt flera mekanismer behövda för transmissionen av IPv6 paket med hjälp av IEEE 802.15.4 nätverk har utvecklats av 6LoWPAN working group.

IEEE 802.15.4 opererar på 866 Mhz, 915 MHz och 2,4GHz band vilka är tillgängliga i Europa, Nordamerika samt Internationellt respektive. Data genomströmningen för banden är 20kb/s, 40 kb/s och 250 kb/s respektive. För de första två använder man sig av binary phase shift keying (BPSK) och för 2,4GHz använder man sig av orthogonal-quadrature shift keying (O-QPSK).

Det finns två sätt som IEEE 802.15.4 kan fungera på, beacon-enabled och beaconless. Då man använder sig av beacon enabled har man en nod som fungerar som en personal area network (PAN) coordinator och skickar ut signaler för att synkronisera nätet. När man använder sig av beacon-enabled delas tiden upp mellan noderna i tre perioder:

- Contention access period (CAP) var carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA) används.
- Contention-free period (CFP) var noderna kan sända i en granted time slot (GTS).

- En inaktiv tidsperiod var noderna kan hållas i energisparläge

I beaconless mode använder sig noderna av simpel CSMA/CA för att detektera kollisioner.

Mekanismerna som 6LoWPAN erbjuder är:

- Fragmentation eftersom paketen i IPv6 är 1280 byte medan 802.15.4 endast stöder frames upp till 128 byte.
- Header compression vilken kan komprimera vanliga 40 byte headers till en två bytes header.
- IPv6 adress autokonfigurering.
- IPv6 uppteckning av grannar i LoWPAN nät.

Om ett 6LoWPAN använder sig av en maskformig topologi behöver man ett ruttningsprotokoll. Detta går att göra på två sätt endera mesh under eller routing over. I mesh under görs ruttningen under IP nivån genom att man använder sig av 802.15.4 adresser, vilket leder till att hela LoWPAN syns som en och samma IP länk. I route over är varje radio hopp ekvivalent till ett IP hopp och ruttningen sker på ip lagret. I 6LoWPAN kan man också använda sig av riktade nät vilka kan ha roten i en sink nod och då kan vi använda oss av sink-to-multipoint och multipoint-to-sink kommunikation. Point-to-point kan också användas men rutterna mellan noderna kommer inte vara optimala på grund av riktade nätstrukturen. Det finns tre sorters noder i 6LoWPAN:

- En edgerouter kopplar ihop ett 6LoWPAN och ett annat nät.
- En mesh nod utför ruttningens arbeten i mesh under och route over konfigurationerna.
- En host tar endast emot och producerar IPv6 paket.

### 2.1.3 ZigBee

Zigbee är en trådlös teknologi utvecklad av ZigBee Alliance för låg data genomströmning samt kort räckvidd. I ZigBee är PHY samt MAC definierade i IEEE 802.15.4, lika som i 6LoWPAN, medan resten av stacken är baserad av ZigBee specifikationen. Över MAC finns network(NWK) layer och sedan application (APL) layer.

ZigBee definierar 3 typer av noder:

- Zigbee koordinator vilken motsvarar en IEEE 802.15.4 PAN koordinator.
- Zigbee router.
- ZigBee end device vilken är simpel nod med begränsad funktionalitet. Används inte till ruttning.

ZigBees NWK lager stöder specifikt både adressering samt ruttning för både träd samt maskformiga topologier. I träd topologin, som är speciellt bra för att samla data, använder man sig av ZigBee koordinatörn som roten. Till detta system tillhör en mekanism för adress utdelning vilken möjliggör multihop data genomströmning. I maskformig topologi skapas rutter vid behov och underhålls med hjälp av mekanismer baserade på ad hoc on-demand distance vector(AODV) ruttningens protokoll. Med ZigBee PRO kan man ha en sink nod eller controller, vilken också kan svara tillbaka via ruttning, och använda sig av many-to-one ruttning.

### 2.1.4 Z-Wave

Z-Wave är ett trådlöst protokoll för automation bostads samt simpla kommersiella miljöer. Z-Wave marknadsförs av Z-Wave alliance och är utvecklat av ZenSys, vilket nuförtiden ägs av Sigma Designs. Z-Wave består av fem lager: PHY, MAC, transfer, ruttning och application lagret.

Z-Wave radion opererar på 868 MHz i europa och 908 MHz i USA. Med Z-Wave är det möjligt att ha en genomströmning på endera 9.6 kb/s eller 40 kb/s, vissa modeller stöder också 2,4 GHz och klarar därför av en genomströmning på 200 kb/s, genom att använda binary phase shift keying (BFSK).

Z-Wave använder sig av en collision avoidance mekanism vilken tillåter sändningen av frames då kanalen är ledig, denna är definierad i MAC. Då kanalen inte är ledig väntar man en slumpmässig tid innan man provar på nytt. Transfer lagret uppehåller kommunikationen för två påföljande noder. Med transfer lagret har man också möjlighet att använda sig av ACKs för att kunna sända om det som inte kommit fram.

I Z-Wave finns det två sorters noder: controllers, vilka sänder kommandon, och slavar vilka svarar eller exekverar dessa kommandon.

Ruttningen i Z-Wave utförs genom source rutting av ruttings lagret, vilket betyder att sändaren kan delvis bestämma vilken rutt paketet sänds. Ruttningen i Z-Wave kan vara upp till 4 hopp, vilket är tillräckligt för dess implementerings miljöer, detta begränsar overheaden på source ruttningens paketen. En controller sparar en tabell på hela topologin av nätet. En controller försöker först ta kontakt med noden den behöver med direktsändning men om detta inte lyckas men om detta inte fungerar beräknar den nodes ungefärliga position och bedömer den bästa ruten till den. Slavar kan också fungera som ruttrar och då sparar de statiska rutter, typisk i riktning mot controllerar och klarar också av att skicka meddelanden utan att de fått kommando att göra så.

Slavar är passliga för att monitorera sensorer, ifall tiden för att polla dem är tillräckligt snabb för systemet, eller för manövreringsorgan som utför manövrar på givna kommandon. Ruttande slavar är använda i tidskritiska implementeringar eller vid oönskade händelser som t.ex. alarm.

## 2.1.? Jämförelse

|                     |                            | ZigBee  | 6LoWPAN  | Z-Wave  | INSTEON  | Wavenis  |
|---------------------|----------------------------|---|--|---|--|--|
| Physical layer      | RF band (MHz)              | 868/915/2400  |  | 868/908<br>(all chips)<br>2400<br>(400 series chip)               | 904  | 433/868/915<br>(2400 also available)   |
|                     | Range (m)                  | 10–100  |  | 30 (indoors)<br>100 (outdoors)                                    | 45<br>(outdoors)   | 200 (indoors)<br>1000 (outdoors)   |
|                     | Bit rate (kb/s)            | 20/40/250   |  | 9.6/40 (from<br>200 series chip)<br>200 (only 400<br>series chip) | 38.4   | 4.8/19.2/100<br>(min./typ./max.)   |
|                     | Modulation                 | BPSK/BPSK/O-QPSK  |  | BFSK  | FSK  | GFSK   |
|                     | Spreading technique        | DSSS  |  | No  | No   | Fast FHSS  |
|                     | Receiver sensitivity (dBm) | –85 or better (2.4 GHz band)<br>–92 or better (868/915 MHz bands) |  | –101<br>(at 40 kb/s)  | –103   | –110<br>(at 19.2 kb/s)   |
| Link layer          | MAC mechanism              | TDMA + CSMA/CA (beacon mode) and<br>CSMA/CA (beaconless mode)     |  | CSMA/CA   | TDMA +<br>simulcast  | CSMA/TDMA<br>(synchronized<br>networks) and<br>CSMA/CA<br>(otherwise)                                  |
|                     | Message size (bytes)       | 127<br>(maximum)  |  | 64<br>(maximum MAC<br>payload in 200<br>series chip)              | 14<br>(standard<br>messages)<br>28<br>(extended<br>messages) | N/A  |
|                     | Error control              | 16-bit CRC, ACKs (optional)                                       |  | 8-bit check-<br>sum,<br>ACKs<br>(optional)                        | 8-bit CRC  | BCH (32,21) FEC,<br>data interleaving,<br>scrambling.<br>Per-frame or<br>per-window ACKs<br>(optional) |
| Communication modes | Unicast                    | Yes   | Yes  | Yes   | Yes  | Yes  |
|                     | Broadcast                  | Yes   | Yes  | Yes   | Yes  | Yes  |
|                     | Multicast                  | Yes (NWK and<br>APL layers).<br>Not supported<br>by MAC           | IP multicast (not<br>optimized for LoW-<br>PANs). Not<br>supported by MAC                                | Yes   | Yes  | Yes  |
|                     | Other modes                | Indirect<br>addressing  | IPv6 anycast   | No  | No   | N/A  |
| Identifiers         |                            | 16- and 64-bit<br>MAC addresses<br>16-bit NWK<br>identifiers      | 16- and 64-bit MAC<br>addresses<br>28-bit IPv6 addresses<br>(which can be com-<br>pressed to 16-bit IDs) | 32-bit<br>(home ID),<br>8-bit (node ID)                           | 24-bit<br>module ID  | 48-bit MAC<br>addresses  |
| Device types        |                            | Coordinator,<br>router, and end<br>device                         | Edge router, mesh<br>node (mesh under),<br>router (route over),<br>host                                  | Controllers and<br>slaves   | Single type<br>of device                                     | Single type of<br>device   |

[5] En tabell som jämför några olika teknologier. fortsätter på nästa sida.

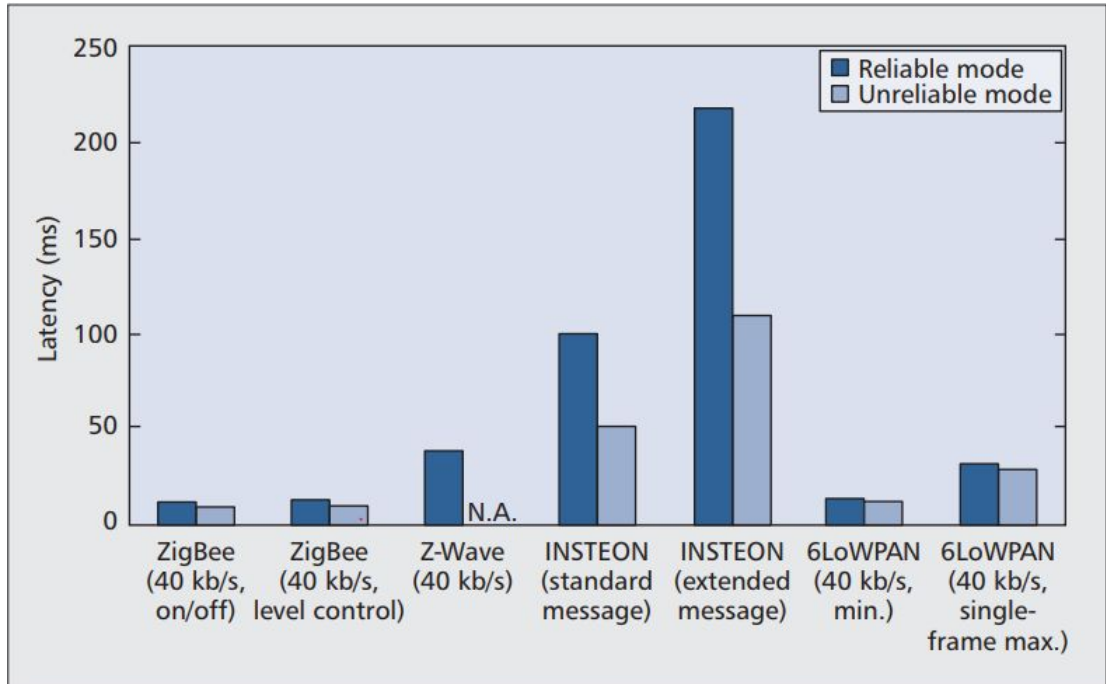
|  |                         | ZigBee   | 6LoWPAN   | Z-Wave   | INSTEON   | Wavenis  |
|--|-------------------------|--|---|--|---|--|
| Network layer  | Multihop solution       | Mesh routing, tree routing, and source routing                 | RPL   | Source routing   | Simulcast   | Tree routing   |
|  | Hop limit               | 30/10/5 (mesh routing/tree routing/source routing)             | 255   | 4  | 4   | N/A  |
|  | Multihop solution state | $O(N)$ (mesh routing), $O(1)$ (many-to-one routing)            | $O(N)$ (root), $O(N_{DAGs})$ (other devices)  | $O(N^2)$ (controller), $O(N_{prec})$ (routing slaves), no state (slaves) | No state  | $O(N)$ (root), $O(1)$ (other devices)                              |
| End-to-end reliability                               |                         | ACKs and control of duplicate packets                          | TCP/UDP/other   | ACKs   | ACKs and NAKs   | —  |
| Application layer                                    | Command space           | 65,536 (clusters)  | —   | 32,768   | 65,536  | —  |
|  | Device type space       | 65,536   | —   | N/A  | 65,536  | —  |
| Security   |                         | Integrity, confidentiality, access control, and key management | Integrity, confidentiality, and access control (IEEE 802.15.4). Key management not currently supported. | 128 bit AES encryption (400 series chip)                                 | Encryption (e.g., rolling codes)  | 3DES and 128 bit AES encryption                                    |
| Translation gateway needed for Internet connectivity |                         | Yes  | No  | Yes (not needed for IP-Wave)   | Yes   | Yes  |
| Implementation size                                  |                         | 45–128 kbytes (ROM), 2.7–12 kbytes (RAM)                       | 24 kbytes (ROM), 3.6 kbytes (RAM)   | 32–64 kbytes (flash), 2–16 kbytes (SRAM)                                 | 7 kbytes (Flash), 4 kbytes (external EEPROM), 256 bytes (internal EEPROM), 256 bytes (SRAM) | 48 kbytes (flash), 400 bytes (RAM), 20 bytes (non-volatile memory) |
| Specification publicly available                     |                         | Yes  | Yes   | No   | No  | No   |

[5]

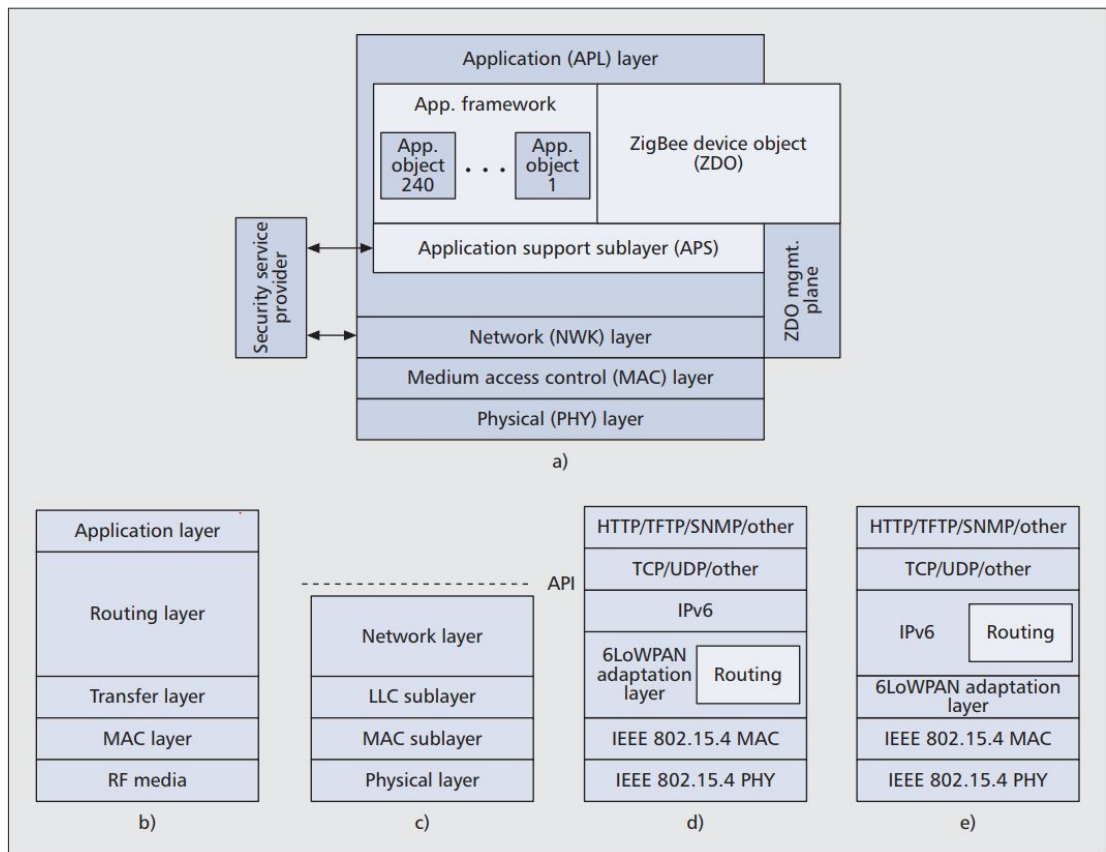
| Standard | Frequency              | Data Rate <sup>1</sup> | Range             | Type |
|----------|------------------------|------------------------|-------------------|------|
| 802.11a  | 5 GHz                  | 54 Mbps                | 120m              | LAN  |
| 802.11b  | 2.4 GHz                | 11 Mbps                | 140m              | LAN  |
| 802.11g  | 2.4 GHz                | 54 Mbps                | 140m              | LAN  |
| 802.11n  | 2.4/5 GHz              | 248 Mbps <sup>2</sup>  | 250m              | LAN  |
| 802.15.1 | 2.4 GHz                | 3 Mbps <sup>3</sup>    | 100m <sup>4</sup> | PAN  |
| 802.15.4 | 868/915 MHz<br>2.4 GHz | 40 kbps<br>250 kbps    | 75m               | PAN  |

[4] Tabell av frekvens, data genomström, räckvidd samt typ av nät.





[5] Jämförelse av svarstid på olika arkitekturerna.



[5] Protokoll arkitekturerna. a) ZigBee b) Z-Wave c) Wavenis  
d)6LoWPAN(mesh under) e)6LoWPAN(route over).

z wave

knx

## 2.2 Kabel

Det mest vanliga nätverket över kabel är ethernet

can

ethernet

knx

## 3 Diskussion

unidirectional: billi

bidirectional: reliable

## Referenser

[1] How to smart home av Othmar Kyas, 2013

[http://www.openremote.com/wp-content/uploads/2013/12/How-To-Smart-Ho  
me-PDF-OR.pdf](http://www.openremote.com/wp-content/uploads/2013/12/How-To-Smart-Ho<br/>me-PDF-OR.pdf)

[2]Home automation system using wireless network, ,2017

<http://ieeexplore.ieee.org/document/8321195/>

[3]Designing Reliable Home-Automation Networks Based on Unidirectional Nodes, Philip Parsch, Alejandro Masrur, and Wolfram Hardt, 2014,

<http://ieeexplore.ieee.org/document/6871192/>

[4] Comparison of the IEEE 802.11, 802.15.1, 802.15.4 and 802.15.6 wireless standards, Jan Magne Tjensvold , 2007

<https://pdfs.semanticscholar.org/fa11/f849c7a6c55ddda31070f04740a1d1a90186.pdf>

[5]Wireless Home Automation Networks: A Survey of Architectures and Technologies, Carles Gomez and Josep Paradells, 2010

<http://ieeexplore.ieee.org/document/5473869/>