



CHALMERS

Kommunikationsstandarder inom fastighetsautomation

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekanik

Marcus Waerme

Handledare: Morgan Osbeck **Examinator:** Bertil Thomas

Institutionen för Signaler och System

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2016

Förord

Detta examensarbete är avslutningen på en högskoleingenjörsutbildning med inriktning mekatronik vid Chalmers tekniska högskola. Utbildningens omfattning är på 180 hp och examensarbetets omfattning är på 15 hp vilket motsvarar 10 veckors heltidsstudier. Examensarbetet gjordes på företaget Bengt Dahlgrens AB och vid institutionen för Signaler och system på Chalmers tekniska högskola.

Jag skulle vilja tacka medarbetarna på avdelningen fastighetsautomation på Bengt Dahlgrens AB, min handledare på Bengt Dahlgrens AB Martin Persson och min handledare på Chalmers Morgan Osbeck.

Marcus Waerme

Sammanfattning

För att på ett energieffektivt sätt skapa den önskade inomhusmiljön i en fastighet används ett flertal automatiserade system (exempelvis ventilation, uppvärmning samt belysningsystem). Dessa system måste för att fungera få information om den önskade inomhusmiljön samt de yttre förutsättningarna. Överföringen av denna information sker genom användningen av olika kommunikationslänkar vilka bygger på olika standarder och kallas för kommunikationsstandarder.

En kommunikationsstandard är en samling av regler vilka beskriver hur kommunikation skall genomföras. Inom fastighetsautomationen används flera olika kommunikationsstandarder med olika egenskaper och fördelar för att möta de krav som finns för de olika systemen i fastigheten. Det finns många krav på vad kommunikationsstandarderna skall erbjuda, det skall exempelvis ofta vara möjligt att styra och övervaka alla fastighetens system från ett ställe, kommunikationen skall vara tillförlitlig samt medföra en så låg kostnad som möjligt vid installation och drift.

I denna rapport görs en beskrivning samt en sammanställning av de vanligaste av dessa kommunikationsstandarder. Det som behandlas är främst kommunikationsstandardernas användningsområden, i vilken utsträckning de används, hur de är uppbyggda, deras interoperabilitet samt kostnader vid användande.

Abstract

To in an energy-efficient way create the desired indoor environment of a building a number of automated systems such as ventilation, heating and lighting systems are used. These systems needs to get information about the desired indoor environment and external conditions to work. To transfer this information different communication standards are used.

A communication standard is a collection of rules that describe how communications will be implemented. In building automation several different communications standards with different features and benefits are used to meet the requirements that exist for the various systems in the building. There are many demands on what a communication standards should offer, it should for example often be possible to control and monitor all the building systems from one place, the communication should be reliable and cause as low a cost as possible during installation and operation.

This report is a description and a summary of the most common of these communication standards. The report dealt mainly the uses, the extent to which they are used, how they are structured, their interoperability and cost of use of the communication standards.

Innehållsförteckning

INNEHÅLL

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Avgränsningar.....	1
1.4	Precisering av frågeställning.....	2
1.5	Rapportens disposition.....	3
2	Teknisk Bakgrund	4
2.1	Fastighetsautomation	4
2.2	Kommunikationsstandard	4
2.3	Datalänkar	4
2.3.1	RS-485.....	4
2.3.2	Ethernet	5
2.3.3	Trådlösa datalänkar	5
2.4	Nätverksåtkomst metoder	5
2.4.1	Master-slav	5
2.4.2	Token Passing.....	5
2.4.3	Carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA).....	5
2.5	nätverkstopologier.....	6
2.5.1	Bussnät.....	6
2.5.2	Stjärnformat nät	6
2.5.3	Trädformat nät.....	7
2.5.4	Ringformat nät	7
2.6	OSI-modellen	8
2.6.1	Skikt 1 Det fysiska skiktet.....	8
2.6.2	Skikt 2 Datalänkskiktet.....	8
2.6.3	Skikt 3 Nätverksskiktet.....	8
2.6.4	Skikt 4 Transportskiktet	8
2.6.5	Skikt 5 Sessionsskiktet.....	9
2.6.6	Skikt 6 Presentationsskiktet.....	9
2.6.7	Skikt 7 Applikationsskiktet	9
3	Metod.....	10
3.1	Informationssöknings metoder	10
3.2	Presentationsmetoder	10

4	Applikationsområden och lämpliga kommunikationsstandarder	11
4.1	Huvudsystem för fastigheter	13
4.2	Ventilation	14
4.3	Uppvärmning.....	15
4.4	Solavskärmning.....	16
4.5	Säkerhetssystem	17
4.6	Belysningsstyrning.....	18
4.7	Konsumtionsmätare	19
5	Kommunikationsstandarder.....	20
5.1	Modbus.....	20
5.1.1	Sammanfattning.....	20
5.1.2	Bakgrund	20
5.1.3	Protokollöversikt	21
5.1.4	Modbus RTU	22
5.1.5	Interoperabilitet.....	24
5.1.6	Modbus TCP/IP	24
5.1.7	Interoperabilitet	25
5.2	BACnet.....	26
5.2.1	Sammanfattning.....	26
5.2.2	Bakgrund	26
5.2.3	Användningsområde.....	26
5.2.4	Protokollöversikt	26
5.2.5	Användarvänlighet.....	28
5.2.6	Tillförlitlighet.....	28
5.2.7	Säkerhet	28
5.2.8	Ekonomi	28
5.2.9	Utbredning av användande.....	29
5.2.10	Interoperabilitet.....	29
5.3	KNX.....	30
5.3.1	Sammanfattning.....	30
5.3.2	Bakgrund	30
5.3.3	Användningsområde.....	30
5.3.4	Protokollöversikt	30
5.3.5	Användarvänlighet.....	32
5.3.6	Tillförlitlighet.....	32
5.3.7	Säkerhet	33
5.3.8	Ekonomi	33

5.3.9	Utbredning av användande.....	33
5.3.10	Interoperabilitet.....	33
5.4	CAN och CANopen	34
5.4.1	Sammanfattning.....	34
5.4.2	Bakgrund	34
5.4.3	Användningsområde.....	34
5.4.4	Protokollöversikt	34
5.4.5	Användarvänlighet.....	36
5.4.6	Tillförlitlighet.....	36
5.4.7	Ekonomi.....	36
5.4.8	Utbredning av användande.....	36
5.5	DALI.....	37
5.5.1	Sammanfattning.....	37
5.5.2	Bakgrund	37
5.5.3	Användningsområde.....	37
5.5.4	Protokollöversikt	37
5.5.5	Användarvänlighet.....	38
5.5.6	Tillförlitlighet.....	39
5.5.7	Säkerhet	39
5.5.8	Ekonomi.....	39
5.5.9	Utbredning av användande.....	39
5.5.10	Interoperabilitet.....	39
5.6	M-bus	40
5.6.1	Sammanfattning.....	40
5.6.2	Bakgrund	40
5.6.3	Användningsområde.....	40
5.6.4	Protokollöversikt	40
5.6.5	Användarvänlighet.....	42
5.6.6	Tillförlitlighet.....	42
5.6.7	Säkerhet	42
5.6.8	Ekonomi.....	42
5.6.9	Utbredning av användande.....	43
5.6.10	Interoperabilitet.....	43
6	Sammanställning av kommunikationsstandarderna	44
7	Slutsats.....	45
8	Referenser	46

Beteckningar

Seriell kommunikation – En kommunikationsmetod där informationen skickas som bitar efter varandra.

Nod – En enhet i ett nätverk som kan sända, ta emot eller vidareförmedla data.

VPN – Teknik för att skapa en säker anslutning mellan två punkter i ett osäkert nätverk.

OPC – En standard för kommunikation mellan olika typer av datorer. En OPC-server används ofta som översättare inom fastighetsautomationen.

DUC – Ett styrsystem för fastighetsautomation. Är fastighetsautomationens motsvarighet till industrins PLC.

SCADA – Ett operatörssystem för styrning och övervakning av processer.

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Bengt Dahlgren är ett teknikkonsultföretag som är verksamma inom bygg- och förvaltningsprocessen. Ett av företagets verksamhetsområden är fastighetsautomation. Fastighetsautomationens uppgift är att med styrsystem få de tekniska installationerna i en fastighet att fungera som önskat. Detta kräver att styrenheten och det som skall styras kan kommunicera med varandra. För att få denna kommunikation att fungera behövs ett system av regler som gör att enheterna förstår varandra. Dessa system av regler kallas för en kommunikationsstandard. På marknaden finns ett flertal olika kommunikationsstandarder att välja i bland. Dessa kommunikationsstandarders egenskaper skiljer sig åt och lämpar sig för olika tillämpningar.

1.2 SYFTE

Uppdraget är att göra en sammanställning och utvärdering av de kommunikationsstandarder vilka används inom fastighetsautomation. Sammanställningen skall ge en övergripande bild av vilka kommunikationsstandarder som finns tillgängliga samt vilka egenskaper och användningsområden de olika kommunikationsstandarderna har.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Det kommer enbart göras en noggrann genomgång av de vanligaste kommunikationsstandarderna inom fastighetsautomationen, flera mindre kommer att hoppas över eller enbart nämnas kort. En fullständig genomgång av hur kommunikationsstandarderna är uppbyggda kommer ej att göras.

1.4 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNING

- Vad är kommunikationsstandardens användningsområde och hur används den?
- I vilken utsträckning används kommunikationsstandardens, var och av vem?
- Vilka fördelar respektive nackdelar har de olika kommunikationsstandarderna med avseende på:
 - **Användarvänlighet**
Hur användarvänlig är kommunikationsstandarderna med avseende på installation, underhåll, utbyggnad och uppdatering? Hur är dokumentationen, hur mycket beskrivningar och support finns?
 - **Utbyggbarhet**
Vilka möjligheter finns att utöka ett redan installerat system, vilka begränsningar finns i antal noder och uppkopplingsmöjligheter med andra nätverk.
 - **Funktioner**
Vilka specialiserade funktioner erbjuder kommunikationsstandarderna som kan vara användbara inom fastighetsautomation.
 - **Ekonomi**
Krävs det licensavgifter för att använda kommunikationsstandarderna? Vad ungefär är priserna på noder, kablar och tillbehör? Vad blir driftkostnaderna för underhåll, uppdateringar, utbyggnader och elanvändning?
 - **Säkerhet**
Hur säker är kommunikationsstandarderna för angrepp, vilka krypteringsmöjligheter finns?
 - **Tillförlitlighet**
Hur sannolikt är det att ett meddelande kommer fram utan fel eller förvrängningar? Vilka kontrollfunktioner finns?
- Vad kan sägas om framtiden, vilka nya kommunikationsstandarder finns som är på väg in och hur framtidssäkra är de etablerade?

1.5 RAPPORTENS DISPOSITION

Kapitel 1: Första kapitlet är en introduktion där projektets bakgrund och mål kortfattat beskrivs.

Kapitel 2: I andra kapitlet finns information om flera områden som berörs senare i rapporten.

Kapitel 3: I tredje kapitlet beskrivs hur arbetet har genomförts.

Kapitel 4: Fjärde kapitlet är en beskrivning av kommunikationsstandardernas applikationsområden samt vilka kommunikationsstandarder lämpar sig till vad.

Kapitel 5: Här görs en genomgång av kommunikationsstandarderna en och en där deras uppbyggnad och egenskaper presenteras.

Kapitel 6: En sammanställning av kommunikationsstandarderna och dess användningsområden och egenskaper.

Kapitel 7: Här presenteras slutsatserna som dragits efter att arbetet genomförts.

Kapitel 8: Referenser.

2 TEKNISK BAKGRUND

2.1 FASTIGHETSAUTOMATION

Med fastighetsautomation menas det system som har till uppgift att styra och övervaka en byggnads elektriska och mekaniska system. Fastighetsautomationens vanligaste användning är att kontrollera fastighetens inomhusmiljö genom att styra uppvärmning, ventilation och belysning. Fördelarna med att ha automatiserad fastighetsstyrning jämfört med manuell styrning är bland annat energibesparingar, underlätta skötsel och underhåll samt bättre och jämnare inomhusklimat.

Ett traditionellt fastighetsautomationssystem kan beskrivas som tre sammanlänkade delar. De tre delarna är: Kontrollenheten som hanterar informationen och ger styrsignaler (till exempel en DUC), manöverenheten där användaren kan övervaka och styra systemet (till exempel ett SCADA system) samt ett flertal sensorer och aktuatorer vilka styr och övervakar de mekaniska och elektriska installationerna. Dessa delar är sammankopplade i ett nätverk där de kan kommunicera med varandra.

I nyare fastighetsautomationssystem behövs det oftast inte någon separat styrenhet utan varje enhet har en viss intelligens. Detta kan exempelvis innebära att ett ventilationsaggregat kommunicerar direkt med närvarodetektorer, koldioxidsensorer och luftfuktighetssensorer och utifrån deras mätvärden själv reglerar ventilationen. Vanligtvis har dessa enheter ett antal förprogrammerade lägen att välja bland vilka täcker de flesta vanliga applikationsområden.

2.2 KOMMUNIKATIONSSTANDARD

En kommunikationsstandard är ett system av regler som möjliggör att två eller flera enheter kan kommunicera och förstå varandra.

En kommunikationsstandard behöver inte vara en standard i vanlig mening. Det innebär alltså att det kan finnas flera olika kommunikationsstandarder som används inom samma område. Kommunikationsprotokoll är ett annat ord vilket ofta kan betyda samma sak som kommunikationsstandard men med skillnaden att en kommunikationsstandard kan bestå av flera protokoll och specificera mer utanför kommunikationsprotokollet.

2.3 DATALÄNKAR

2.3.1 RS-485

RS-485 är en standard för de elektriska egenskaperna hos sändare och mottagare i ett system för seriekommunikation. RS-485 sänder data differentiellt över två kablar som är tvinnade tillsammans. Detta gör att RS-485 blir okänslig för elektromagnetiska störningar. Data kan sändas över max 1200 meter. Hastigheten för datatrafiken är maximalt 35 Mbit/s upp till 10 meter och 100 Kbits/s för 1200 meter. Ett RS-485 nätverk kan vanligtvis ha max 32 noder.

Nätverket skall helst vara uppkopplat enligt busstopologi med resistorer (vanligtvis 120 ohm) i ändarna. Detta föra att undvika reflektioner på signalerna som kan orsaka fel i meddelandena.

RS-485 har bytt namn till EIA/TIA-485 för att tydliggöra var standarden kommer ifrån, men kallas fortfarande vanligen för RS-485.

2.3.2 Ethernet

Ethernet är en samling standardiserade metoder för dataöverföring. Ethernet finns på de två nedersta skikten enligt OSI-modellen (se avsnitt 2.6 för mer information om OSI-modellen) det fysiska- och datalänksskiktet. Det finns flera olika fysiska medium som används eller har använts för Ethernet, de två som främst används nu är partvinnade kabel och fiberoptik. Ethernet har möjligheten att överföra data i hastigheter upp till 100 Gbits/s.

2.3.3 Trådlösa datalänkar

Det finns ett flertal olika metoder vilka används för trådlös kommunikation inom fastighetsautomationen. Vanligast är att kommunikationsstandarder som kommunicerar över TCP/IP nätverk använder sig av olika typer av Wlan (Wi-Fi) vilka är de metoder som är vanligast vid trådlöskommunikation i lokala datornät.

Vissa av kommunikationsstandarderna använder egna lösningar för radiokommunikation som är anpassade för respektive uppgifter. Dessa lösningar är ofta utvecklade för att vara energisnåla då de ofta är tänkta att användas av batteridrivna enheter.

2.4 NÄTVERKSÅTKOMST METODER

2.4.1 Master-slav

I ett master-slav arrangemang är en av enheterna vald till masterenhet och resten till slavenheter. Ett nätverk kan enbart ha en masterenhet (undantag finns). Det är enbart masterenheten som kan initiera kommunikation och slavenheterna kan enbart svara. Detta möjliggör att flera enheter kan kommunicera via samma anslutning trots att anslutningen enbart tillåter kommunikation från en enhet i taget.

2.4.2 Token Passing

Token passing innebär att en signal kallad token skickas runt i nätverket och enbart den nod som har token har tillåtelse att kommunicera i nätverket.

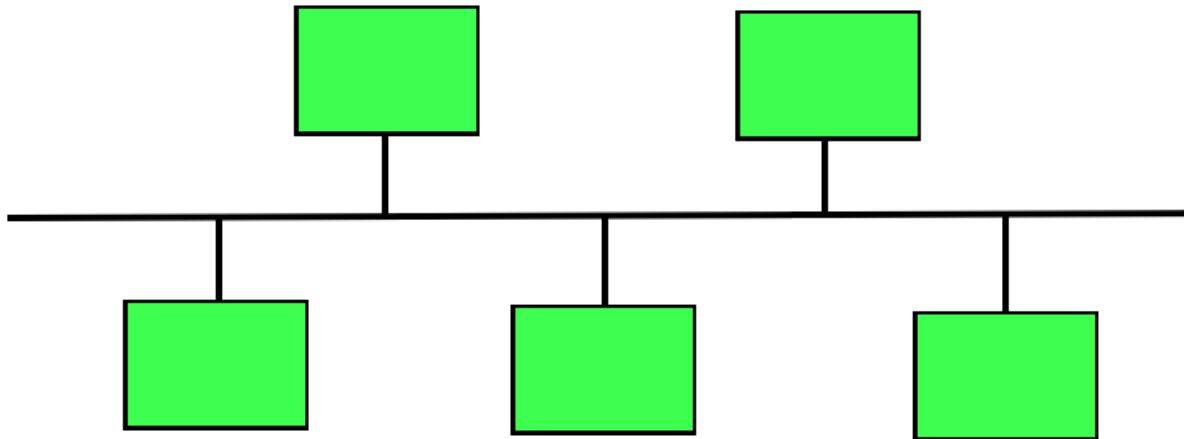
2.4.3 Carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA)

CSMA/CA är en metod för att flera enheter skall kunna sända information via samma överföringsmedium utan att kollisioner inträffar. Detta görs genom att noden känner av om nätverket är ledigt innan den sänder sitt meddelande. Om någon annan nod redan sänder ett meddelande väntar noden en viss tid innan den testar om nätverket är ledigt igen.

2.5 NÄTVERKSTOPOLOGIER

2.5.1 Bussnät

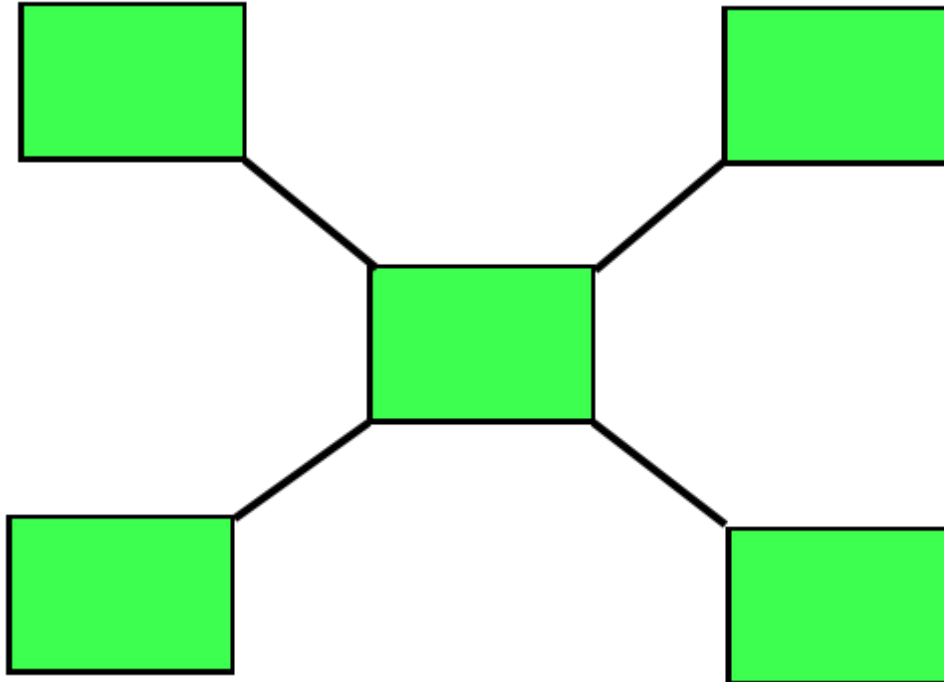
I ett bussnät är alla noder i nätverket kopplade till en gemensam kabel som kallas för bussen. Noderna på bussen kommunicerar genom att skicka ut sina meddelanden på bussen där alla noder kommer åt meddelandet men enbart den nod vars adress stämmer överens med meddelandets adress tar i mot meddelandet.



Figur 2.1 Bussnät

2.5.2 Stjärnformat nät

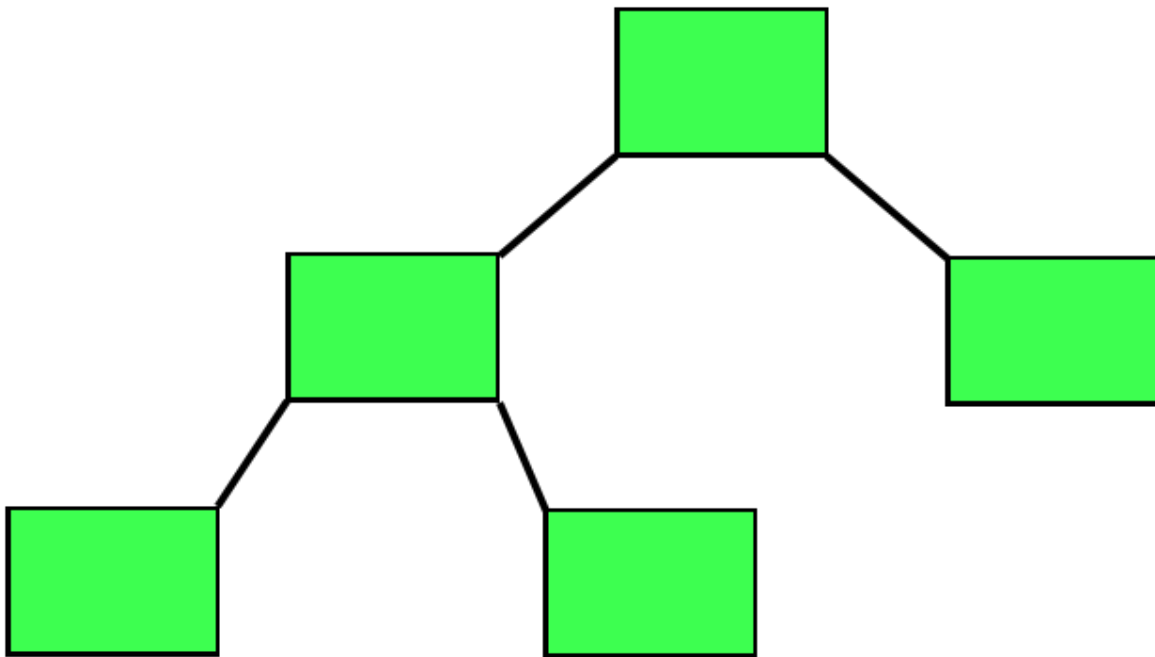
I ett stjärnformat nätverk är alla noder kopplade till en centralnod som sköter all vidarebefordran av meddelandena.



Figur 2.2 Stjärnformat nät

2.5.3 Trädformat nät

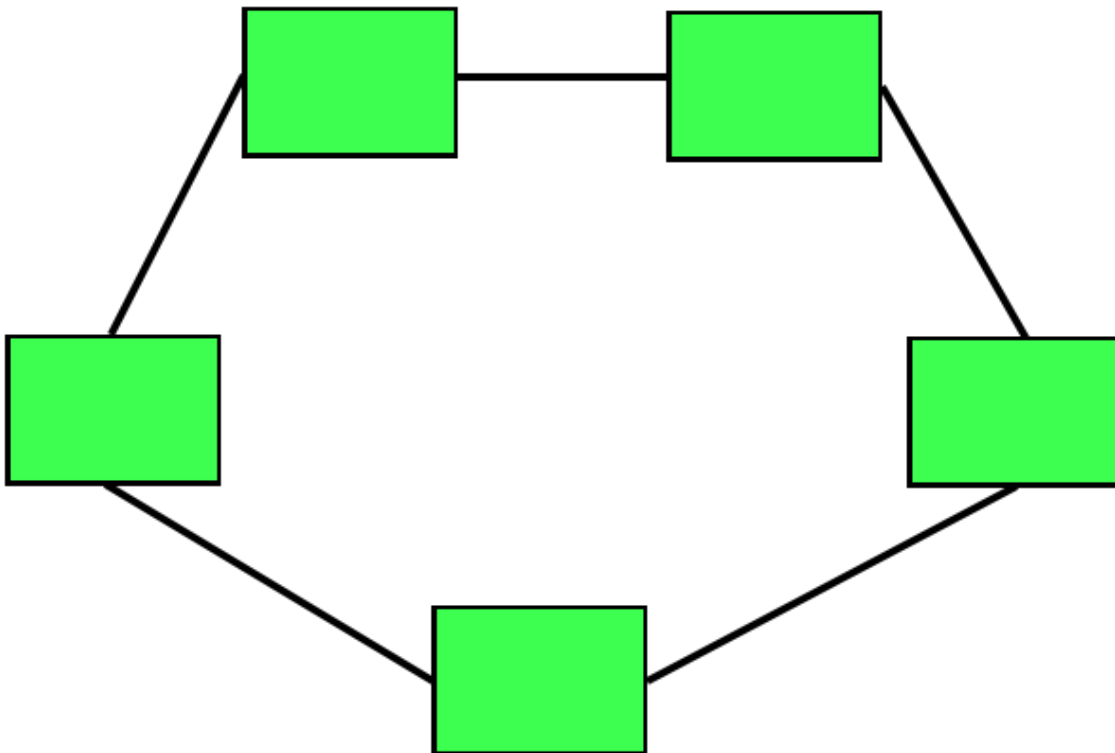
Ett trädformat nät kan ses som en kombination av ett bussnät och ett stjärnformat nät. Nätverket är uppbyggt som ett bussnät där noderna kan förgrena sig bilda nya grenar i nätverket.



Figur 2.3 Trädformat nät

2.5.4 Ringformat nät

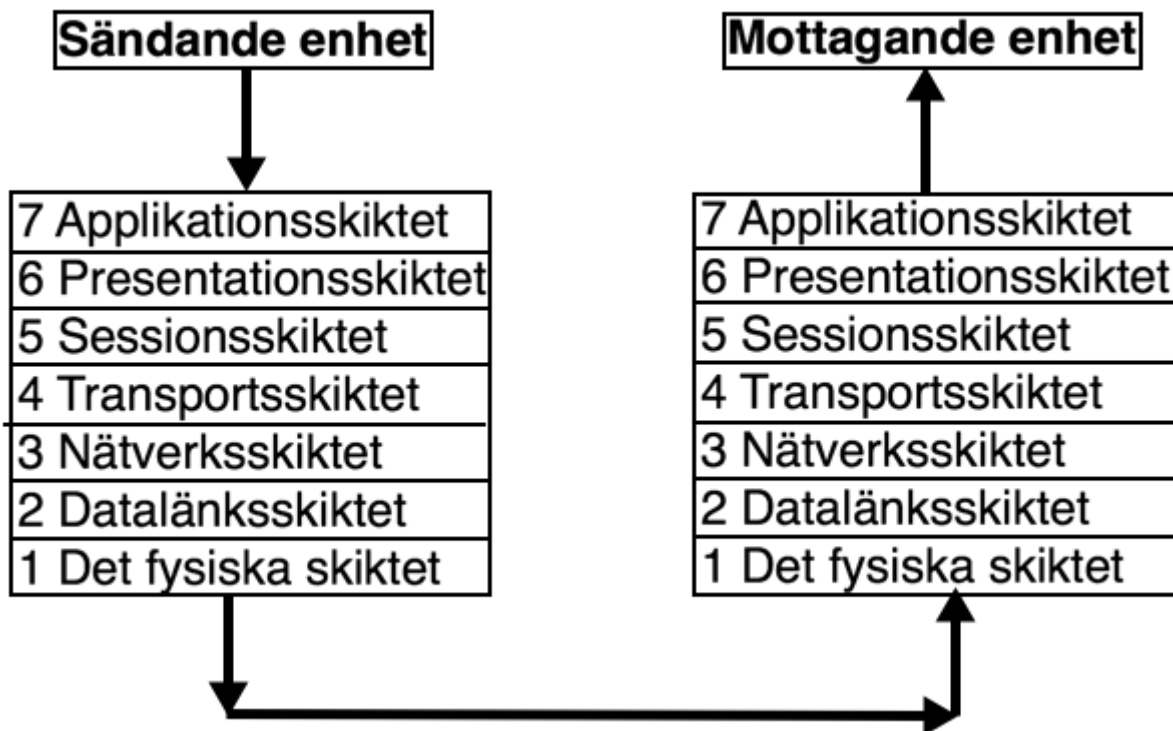
I ett Ringformatnät är alla noder kopplade som en ring. När ett meddelande skickas i nätverket mottar varje nod meddelandet och skickar vidare det till nästa nod i ringen.



Figur 2.4 Ringformat nät

2.6 OSI-MODELLEN

OSI-modellen är en konceptuell modell för datakommunikation. OSI-modellen består av 7 skikt som var och en tillhandahåller specifika tjänster. Varje skikt är oberoende av vilka tekniker som används i skikten runt om och kommunicerar enbart med skikten närmast över och under. Ett meddelande kan ses som att det byggs upp från skikt 7 till skikt 1 hos sändarenheten och sedan packas upp genom skikt 1-7 hos mottagaren (se figur 2.5). Vid kommunikation i enklare nätverk blir flera av skikten överflödiga och kan hoppas över.



Figur 2.5 OSI-modellen beskrivning

2.6.1 Skikt 1 Det fysiska skiktet

Det fysiska skiktet är det första (lägsta) skiktet i OSI-modellen och ansvarar för att rent fysiskt överföra informationen mellan sändare och mottagare. Det fysiska skiktet utför enbart de instruktioner det får från det ovanliggande datalänkskiktet. Exempel på fysiskt skikt är RS-485 som tidigare beskrivits.

2.6.2 Skikt 2 Datalänkskiktet

Datalänkskiktet ansvarar för dataöverföringen mellan nätverksenheter i lokala nätverk det ansvarar alltså inte för meddelandets slutliga destination. Datalänkskiktet hanterar kollisioner mellan meddelanden på nätverket och kan upptäcka fel i det fysiska skiktet. Det får sina instruktioner från nätverksskiktet och skickar vidare sina till Det fysiska skiktet.

2.6.3 Skikt 3 Nätverksskiktet

Nätverksskiktet sköter adresseringen av meddelanden och fastställer meddelandets rutt genom nätverket. Det ser till så att meddelandet går från sändare till mottagare. Nätverksskiktet får sina instruktioner från transportskiktet och skickar vidare sina till datalänkskiktet.

2.6.4 Skikt 4 Transportskiktet

Transportskiktet sköter kontrollen av att meddelandena kommer fram och att meddelandet är korrekt. Transportskiktet får sina instruktioner från sessionsskiktet och skickar vidare sina till nätverksskiktet.

2.6.5 Skikt 5 Sessionsskiktet

Sessionsskiktet tar kontakt med mottagaren då kommunikation skall inledas, övervakar så att kommunikationen fungerar samt avslutar kommunikationen när meddelandet är framfört. Sessionsskiktet får sina instruktioner från presentationsskiktet och skickar vidare sina till transportskiktet.

2.6.6 Skikt 6 Presentationsskiktet

Presentationsskiktets funktion är att se till så att den slutliga mottagaren får informationen i den form som sändaren tänkt sig. Presentationsskiktet får sina instruktioner från tillämpningsskiktet och skickar vidare sina till sessionsskiktet.

2.6.7 Skikt 7 Applikationsskiktet

Applikationsskiktet är det skikt som sköter kommunikationen mellan applikationer hos mottagaren och sändaren. Det är via detta skikt användaren kommer i kontakt med nätverket. Applikationsskiktet är det översta skiktet och det ger sina instruktioner till presentationsskiktet.

3 METOD

Arbetet bestod främst av informationssamlande om de olika kommunikationsstandarderna, dess användning inom fastighetsautomationen samt information om fastighetsautomation i allmänhet.

3.1 INFORMATIONSSÖKNINGS METODER

Den största mängden information hämtades via internet. Den största informationskällan har varit kommunikationsstandardernas respektive intresseorganisationer. Mycket information har också hittats hos återförsäljare av enheter vilka använder sig av de olika kommunikationsstandarderna samt från olika utbildningssidor.

För att skaffa sig en uppfattning av hur kommunikationsstandarderna används samt ta del av andras åsikter om kommunikationsstandarderna har ett flertal artiklar läst.

3.2 PRESENTATIONSMETODER

En genomgång av de största applikationsområdena inom fastigautomationen görs där de olika kommunikationsstandarderna vilka lämpar sig för respektive applikationsområde jämförs.

Kommunikationsstandarderna beskrivs även en och en där en översiktlig beskrivning av deras uppbyggnad, funktioner samt användningsområden görs.

Sammanställningen av kommunikationsstandarderna presenteras i en matris där kommunikationsstandardernas egenskaper samt användningsområden listas.

4 APPLIKATIONSOMRÅDEN OCH LÄMPLIGA KOMMUNIKATIONSSTANDARDER

Inom fastighetsautomationen finns många olika applikationsområden där kommunikationsstandarder används. Dessa applikationsområden har ofta stora skillnader i vilka krav som ställs på kommunikationen. I detta avsnitt finns en beskrivning över några vanliga applikationsområden inom fastighetsautomationen samt lämpliga kommunikationsstandarder. Se figur 4.1 för ett exempel på hur de olika kommunikationsstandarderna kan användas i ett fastighetssystem.

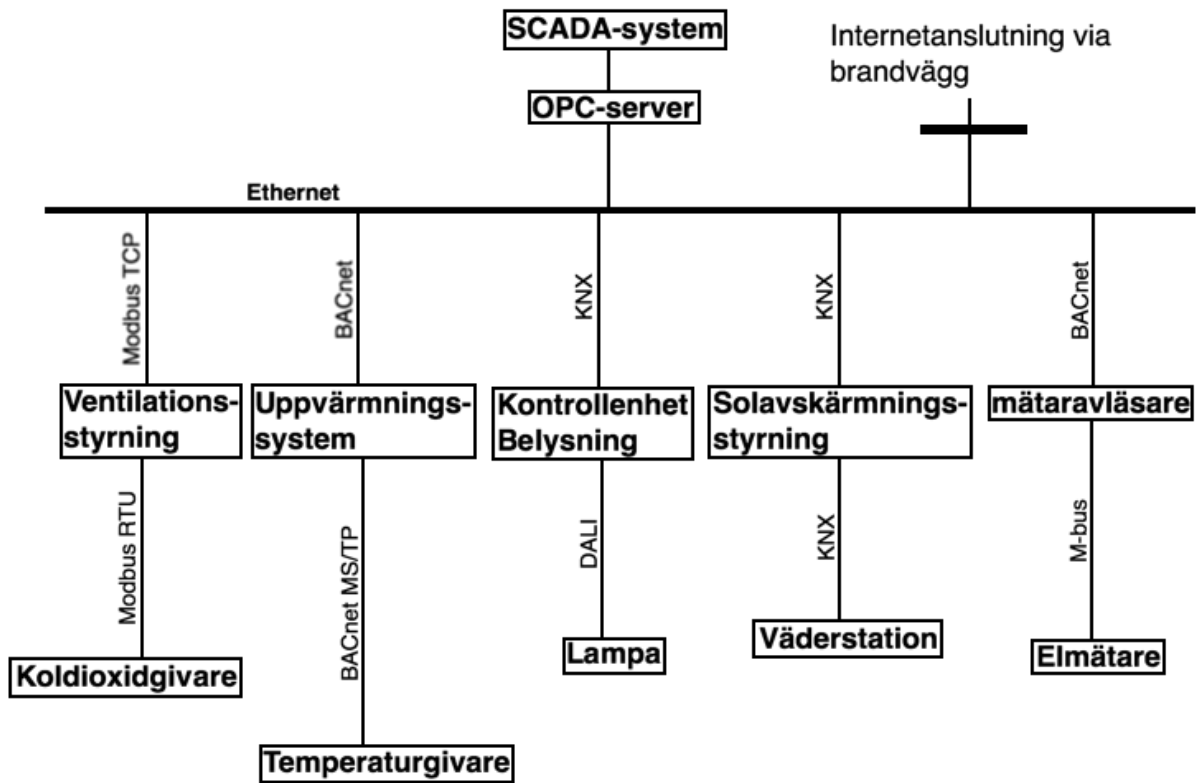
De kommunikationsstandarder vilka används inom fastighetsautomationen skulle kunna delas upp i tre grupper.

- Stora kommunikationsstandarder utvecklade enbart för fastighetsautomation med ambitioner att användas till all kommunikation i fastigheter.
- Kommunikationsstandarder utvecklade för andra användningsområden som exempelvis i industrin eller i fordon men även blivit populära inom fastighetsautomationen.
- Enklare kommunikationsstandarder med specialiserade användningsområden.

I kategorin stora kommunikationsstandarder för fastighetsautomation finns BACnet och KNX. KNX och BACnet har båda lösningar till de flesta applikationer inom fastighetsautomationen. BACnet och KNX skiljer sig bland annat i att KNX är mer anpassad mot att användas i mindre byggnader och automation på rumsnivå medan BACnet i större omfattning riktat in sig mot större fastigheter.

Bland de kommunikationsstandarder som används inom fastighetsautomationen men som utvecklades för andra applikationsområden finns bland andra Modbus och CAN. Modbus är en gammal enkel kommunikationsstandard vilken utvecklades för användning inom industrin. Modbus är tack vare sin enkelhet och att den visat sig vara mycket robust blivit vanligt använd inom flera applikationsområden inom fastighetsautomationen. CAN är främst utvecklad för att användas i fordon men används även inom flera av fastighetsautomationens applikationsområden, om än i inte i samma utsträckning som Modbus.

Till kategorin specialiserade, enklare kommunikationsstandarder räknas M-bus och DALI. M-bus utvecklades för avläsning av konsumtionsmätare med prioritet på tillförlitlighet och kostnadseffektivitet. DALI är utvecklad för belysningsstyrning och har enbart funktioner anpassade för belysningsstyrning.



Figur 4.1 Exempel på översiktsbild över fastighetsautomationssystem

4.1 HUVUDSYSTEM FÖR FASTIGHETER

Med huvudsystemet eller byggnadens "rygggradssystem" menas det system som binder ihop de delsystemen som finns i en fastighet. Fördelarna med att ha ett huvudsystem i en fastighet är att alla delsystem (delsystemen kan vara exempelvis ventilationen, belysningen eller uppvärmningen) kan övervakas och kontrolleras från en gemensam övervaknings central vilket underlättar underhåll och felsökning i fastigheten. Ett gemensamt huvudsystem gör också att de olika systemen i en byggnad kan samarbeta och exempelvis använda samma sensorer eller dela information som flera delsystem behöver.

BACnet är den av kommunikationsstandarderna vilken främst är utvecklad för att användas som huvudsystem i fastigheter. Det är också den kommunikationsstandard vilken oftast blir rekommenderad att användas till större mer komplexa fastighetssystem.

KNX är också en kommunikationsstandard vilken är tänkt att användas som huvudsystem i byggnader. Dess uppbyggnad och funktioner gör att KNX oftast är enkel att använda i mindre fastigheter eller i automation på rumsnivå men i större system lätt bli onödigt krångligt och svårt att överblicka.

Modbus TCP är en betydligt enklare kommunikationsstandard än KNX och BACnet vilket kan göra den lättare att konfigurera och kräver mindre databearbetningskapacitet. Nackdelarna är att Modbus TCP saknar många av de funktionerna för fastighetsautomation vilka BACnet och KNX har. Detta kan göra att mycket arbete som redan finns färdigt i BACnet och KNX måste göras om varje gång Modbus används.

Valet av kommunikationsstandard för huvudsystemet beror på flera variabler. Bland annat på storleken och komplexiteten hos systemet samt vilka kommunikationsstandarder som är lämpliga att använda i fastighetens delsystem och vilka eventuella översättningsenheter som finns tillgängliga.

Det är vanligt att en fastighet inte har ett helt enhetligt huvudsystem utan att byggnaden har ett "rygggradsnät" ofta kallat fastighetens tekniska nätverk där flera olika kommunikationsstandarder används över samma Ethernetnät. Via fastighetens tekniska nätverk eller genom att det tekniska nätverket är uppkopplat till internet kan sedan en servicetekniker koppla upp sig och kontrollera de olika delsystemen via webbgränssnitt som tillverkaren av respektive delsystem tillhandahåller. Detta att tillverkarna ofta tillhandahåller egna webbgränssnitt för styrning och övervakning av sina system gör att poängen med att ha ett gemensamt huvudsystem i fastigheten minskar.

Vanligt använda kommunikationsstandarder för huvudsystem för fastigheter:

- **KNX**
- **BACnet**
- **Modbus TCP**

4.2 VENTILATION

Fördelarna med att använda ett automatiserat ventilationssystem mot ett statiskt är att ventilationen hela tiden kan optimeras för att vara anpassad till behovet. Ventilations behovet i ett rum kan variera stort framför allt beroende på hur många personer som befinner sig i rummet. Ett automatiserat ventilationssystem kan då med sensorer känna av ventilationsbehovet och anpassa ventilationen efter detta medan ett statiskt ventilationssystem hela tiden måste vara anpassat efter när behovet är som störst. Ett automatiserat ventilationssystem kan alltså spara mycket energi samtidigt som det bibehåller eller förbättrar inomhusklimatet.

För att bestämma behovet av ventilationen används vanligtvis tre olika metoder: mätning av koldioxidhalten, mätning av luftfuktigheten och närvarogivare. Ventilationssystemet kan sedan programmeras till att reglera ventilationen utifrån koldioxidhalten eller luftfuktigheten, eller så kan närvarosensorn användas till att öka ventilationen när närvaro upptäcks och minskas när ingen närvaro upptäcks. Ventilationen kan också hjälpa till med att reglera temperaturen i fastigheten genom att öka eller minska ventilationen. Det finns också speciella funktioner för att reglera temperaturen med ventilationen. Exempelvis en funktion som kallas nattkyla vilken innebär att vid varma dagstemperaturer kan ventilationen ökas under natten för att kyla ned fastigheten.

Det finns många möjligheter till och fördelar med ett samarbete mellan ventilationen och flera andra system i byggnaden. Det kan till exempel vara bra att ha kommunikation med värmesystemet så att inte det försöker värma upp huset samtidigt som ventilationen försöker kyla. Ventilationssystemet kan också dela sensorer med flera andra delsystem exempelvis kan den dela närvarosensorer med belysningsystemet, temperatursensorer med värmesystemet och solljussensorer med solavskärmningen.

Modbus är mycket vanligt använt för kommunikationen inom ventilationsstyrningen. Anledningarna till att Modbus används är framför allt att den är enkel, billig samt har använts länge. De största nackdelarna med att använda Modbus är bland annat att registeradresseringen i en Modbus-enhet inte är helt standardiserad, vilket gör att flera tillverkare använder olika lösningar vilket försvårar interoperabiliteten mellan olika tillverkare.

En fördel med att använda KNX eller BACnet är att det är lätt att samarbeta med andra system i fastigheten som också använder KNX eller BACnet.

Vanligt använda kommunikationsstandarder inom ventilationsstyrning

- KNX
- BACnet
- Modbus
- CAN

4.3 UPPVÄRMNING

Uppvärmningen av en fastighet kan ske på ett flertal olika sätt exempelvis med fjärrvärme, värmepanna, direktverkande el eller värmepump. Möjligheterna till styrning av dessa uppvärmningssystem varierar i viss grad beroende på vilken metod som används.

Målet för ett uppvärmningssystem är att hålla den önskade temperaturen med så lite energi som möjligt. För att kunna reglera temperaturen på ett energieffektivt sätt krävs att reglerenheten har tillgång till mycket information om förutsättningarna. Reglerenheten kan få informationen från bland annat temperaturgivare i de olika rummen som skall värmas upp, temperaturgivare för yttertemperaturen samt från väderprognoser.

Energieffektiviteten kan även ökas genom att flera system i fastigheten samarbetar. Exempelvis om ett system för uppvärmning och ett system för nerkylning båda är inställda att hålla samma temperatur blir det lätt att de jobbar motvarandra om inte dessa kommunicerar. Även andra system som solavskärmning kan användas för att hjälpa till att minska energianvändningen för uppvärmning, till exempel genom att låta bli att skärma bort solen kalla dagar eller täcka fönster kalla nätter för att minska utstrålning av värme.

En av de allra vanligaste metoderna för uppvärmning av byggnader är fjärrvärme. Fjärrvärme innebär att värmeproduktionen sker centralt på en anläggning och sedan transporteras till byggnaderna vilka skall värmas upp. Värmen utvinns sedan med en fjärrvärmecentral vilken kan beskrivas som en värmeväxlare. För styrning av fjärrvärmecentraler är Modbus mycket vanligt använd. Ofta finns möjligheten att använda andra kommunikationsstandarder än Modbus men tack vare sin enkelhet och att den är mycket beprövad är Modbus fortfarande vanligt använd.

De största fördelarna med att använda andra nyare kommunikationsstandarder som KNX och BACnet är om andra system i byggnaden också använder den kommunikationsstandard. För då kan systemen lättare använda samma sensorer samt dela med sig av information och samarbeta.

Vanligt använda kommunikationsstandarder för uppvärmning:

- Modbus
- BACnet
- KNX

4.4 SOLAVSKÄRMNING

Med automatiserad solavskärmning finns stora möjligheter att energieffektivt reglera inomhusklimatet i en fastighet. Solavskärmningen kan användas för att hjälpa till med uppvärmning och nedkylning av fastigheter genom att anpassa mängden solljus som släpps in. Solavskärmningen skall även hindra bländning och kan hjälpa till med ljussättningen.

I en fastighet med flera automatiserade system kan solavskärmningen med sensorer känna av var solen befinner sig för att undvika bländning samtidigt som den släpper in maximalt med ljus. Fastighetens intelligenta belysningsystem kan då kunna anpassa lamporna efter det inkommande ljuset och på så sätt minska energianvändningen för belysningen.

Solavskärmningen kan också samarbeta med uppvärmningssystemet och kylsystemet genom att vid kallt väder minska på avskärmningen för att släppa in mer värme från solen samt vid varmt väder öka solavskärmningen för att undvika ytterligare uppvärmning. Det händer ofta att det ur energisparandesynpunkt bästa läget för solavskärmningen inte överensstämmer med det läge vilket individerna i byggnaden önskar. En möjlighet till manuell kontroll av solavskärmningen är därför ofta önskad.

De flesta återförsäljare av solavskärmningssystem kan erbjuda ett flertal olika kommunikationsmöjligheter till sina system. De vanligaste kommunikationsstandarderna som erbjuds är KNX, BACnet och Modbus.

KNX är i och med att den utvecklades med målet vara en ledande kommunikationsstandard för fastighetskontroll en kommunikationsstandard vilken bör lämpa sig bra till solavskärmningsstyrning där användaren ofta vill göra egna tillfälliga justeringar av solskyddet.

De största vinsterna vid valet av en specifik kommunikationsstandard för solavskärmningen kommer om man kan välja en kommunikationsstandard med vilken man kan på ett enkelt sätt samsas om sensorer och väderstationer med andra system i byggnaden.

Vanligt använda kommunikationsstandarder för solavskärmning:

- KNX
- BACnet
- Modbus

4.5 SÄKERHETSSYSTEM

Brandlarmsystem:

Brandlarmsystem har mycket höga krav på tillförlitligheten. Därför är brandlarmsystemen fristående från de andra systemen för fastighetsautomation. Det finns ändå stora fördelar med att ha ett Brandlarmsystem vilket kan kommunicera med de andra systemen i en fastighet exempelvis genom att tända upp belysningen, låsa upp dörrar, stänga brandsäkra dörrar och stänga av ventilation och uppvärmningssystem vid ett larm. Information som finns i flera fastighetssystem kan också underlätta räddningstjänstens arbete vid brand, sådan information kan vara utslag från rörelsedetektorer och temperaturer från temperatursensorer i fastighetens olika rum.

För att kunna utnyttja funktioner hos fastighetens övriga systemets för fastighetsautomation samtidigt som tillförlitligheten är säkerställd hos brandlarmsystemet kan en speciell översättningsenhet mellan brandlarmsystemet och fastighetens övriga system användas.

De flesta vanliga brandlarmsystem kan kommunicera med alla de stora vanligt använda kommunikationsstandarderna.

Inbrottslarm:

Att integrera fastighetens inbrottslarm i fastighetsautomationsystemet ger fördelar genom att många givare skulle kunna användas i flera delsystem. Information från inbrottslarmet kan också användas av andra system i byggnaden. Det skulle då vara möjligt att exempelvis sänka temperaturen, minska ventilationen och släcka lampor automatisk vid på larmning och återställa dessa inställningar vid avlarmning.

De kommunikationsstandarder som främst används och har funktioner för inbrottslarm är KNX och BACnet.

Vanligt använda kommunikationsstandarder inom säkerhetssystem:

- KNX
- BACnet
- CAN

4.6 BELYSNINGSSTYRNING

Fördelarna med belysningsstyrning via ett digitalt kommunikationsprotokoll jämfört med analogstyrning är: minimering av kablage, energibesparingar, automatisk optimering av belysningen samt mycket större möjligheter till styrning av enskilda lampor i större system. Dessa fördelar kan fås eftersom det i ett digitalt kommunikationsprotokoll är möjligt att adressera de olika enheterna och på så sätt kommunicera med flera enheter över samma lina. Ett digitalt kommunikationsprotokoll kan även överföra mycket mer information vilket möjliggör mer noggrann optimering av ljuset.

Det finns ett flertal kommunikationsstandarder som används till kommunikationen hos belysningsystem, men den enda av de större kommunikationsstandarderna som innehåller specifika belysningsfunktioner som funktioner för dimning och drivning av LED-lampor är DALI. När övriga kommunikationsstandarderna används är det enbart kommunikationen som är specificerad och resten är upp till tillverkaren av utrustningen att lösa på eget vis.

DALI är även den enda av kommunikationsstandarderna som enbart är utvecklat för att användas till belysningsstyrning. Detta ger fördelarna att DALI blir en betydligt enklare kommunikationsstandard vilket underlättar installation och konfigurationen av systemet. För att utföra DALI-kommunikation krävs enbart två ledare för kommunikationen medan övriga kommunikationsstandarder kräver mer avancerade kommunikationsmedium.

Fördelarna med att använda en av de mer omfattande kommunikationsstandarderna är att man då lätt kan samarbeta med andra system i byggnaden genom att använda samma sensorer och ha en gemensam styrcentral.

En vanlig lösning för att kombinera fördelarna med att använda DALI för belysningsstyrning men ändå kunna dela information med andra system i byggnaden är att använda en översättningsenhet mellan DALI och byggnadens huvudsystem.

Det finns ett antal nya enklare trådlösa kommunikationsstandarder som blivit vanliga för automatiserad belysningsstyrning på rumsnivå. Några av de vanligaste av dessa är Z-Wave, ZigBee och EnOcean.

Vanligt använda kommunikationsstandarder inom belysningsstyrning:

- DALI
- KNX
- BACnet
- CAN

4.7 KONSUMTIONSMÄTARE

Det huvudsakliga användandet av konsumtionsmätare är att skapa betalningsunderlag för exempelvis el- och vattenanvändning. Konsumtionsmätare kan också användas för att åskådliggöra och kartlägga förbrukningen, för att på så sätt kunna optimera användandet.

Till kommunikationen mellan mätare och avläsningsenhet vid mätning av konsumtion för betalningsunderlag används ofta M-bus. De vanligaste uppläggen i ett M-bus system är att antingen sker avläsningen genom att en masterenhet vilken sköter avläsningen tillfälligt ansluts till nätverket när avläsningen sker, masterenheten kan då exempelvis vara en PC och nätverket kan bestå av en eller flera mätare vilka är slavenheter. Den andra metoden vilken ofta används är att en masterenhet är fast installerad i nätverket samt även är uppkopplad till ett annat nätverk dit den skickar mätvärdena.

Det som gör M-bus till en lämplig kommunikationsstandard för mätaravläsning är dess mycket tillförlitlig överföring till en låg kostnad. Detta är möjligt på bekostnad av överföringshastigheten, men då det oftast inte är speciellt mycket information som behöver överföras vid en mätaravläsning och att mätaravläsningen oftast inte sker med jättehög frekvens är överföringshastigheten inte det viktigaste vid mätaravläsning.

Något det skrivs mycket om när det gäller konsumtionsmätare är smarta mätare, då framför allt smarta elmätare. Med smarta mätare menas en mätare som kan ge mer information om förbrukningen än enbart totalförbrukningen. En smart elmätare skall utöver den totala användningen även kunna ge information om när användandet skett samt ytterligare information om elnätet. I nuläget används "halvsmarta" elmätare i Sverige där användare med säkringar på över 63A måste läsa av elmätaren varje timma medan för övriga skall mätaren läsas av varje månad. Nästa generations smarta elmätare är tänkta att även kunna ta hänsyn till ett under dagen varierande elpris. KNX och BACnet har båda visat på lösningar för hur man kan använda dessa nya smarta mätare och det varierande elpriset för att minska energikostnaderna. KNX har i huvudsak visat lösningar för bostadshus och mindre fastigheter medan BACnet visat hur detta kan användas i större fastigheter. Exempel på hur smarta mätare kan användas för att minska energikostnaderna är bland annat genom att visa upp energikostnaderna i realtid för att bidra till motivation för ett ändrat beteende eller genom att värma upp vatten för uppvärmningen under perioder med lägre energipris.

Vanligt använda kommunikationsstandarder för konsumtionsmätare:

- M-bus
- Modbus
- BACnet
- KNX

5 KOMMUNIKATIONSSTANDARDER

5.1 MODBUS

5.1.1 Sammanfattning

Modbus är en relativt gammal kommunikationsstandard som utvecklades främst för användning inom industrin. Tack vare Modbus enkelhet och dess ”rena” och logiska uppbyggnad är Modbus fortfarande ett vanligt använt kommunikationsprotokoll inom flera områden, bland annat inom fastighetsautomationen. Fördelarna med att använda Modbus jämfört med andra mer modernare protokoll är just dess enkelhet, eftersom det gör den enklare att implementera samt kräver mindre databehandlingskapacitet hos enheterna blir ofta Modbus billigare att använda.

Det finns tre vanliga varianter av Modbus, Modbus RTU, Modbus TCP/IP och Modbus ASCII. Modbus RTU och Modbus TCP/IP är de två protokollen som är allra vanligast använda. Modbus ASCII är likt Modbus RTU ett protokoll för seriell kommunikation över RS-485 eller RS-232 skillnaden är att i Modbus ASCII är all data representerad av ASCII tecken och överförda i klartext. Skillnaden mellan Modbus RTU och Modbus TCP är deras kommunikationsmetoder, i övrigt är de lika.

Modbus RTU är den varianten av Modbus som är mest använd. Dess främsta fördel jämfört med Modbus TCP är kostnaden och att installationen oftast blir enklare. De största fördelarna med Modbus TCP är överföringshastigheten och metoderna för felsökning som följer med TCP/IP protokollen. Modbus TCP har också fördelen att eftersom den använder samma dataöverföringsmetoder som internet är det möjligt att få åtkomst till sin uppkopplade Modbusenhet överallt där det finns en internetuppkoppling.

5.1.2 Bakgrund

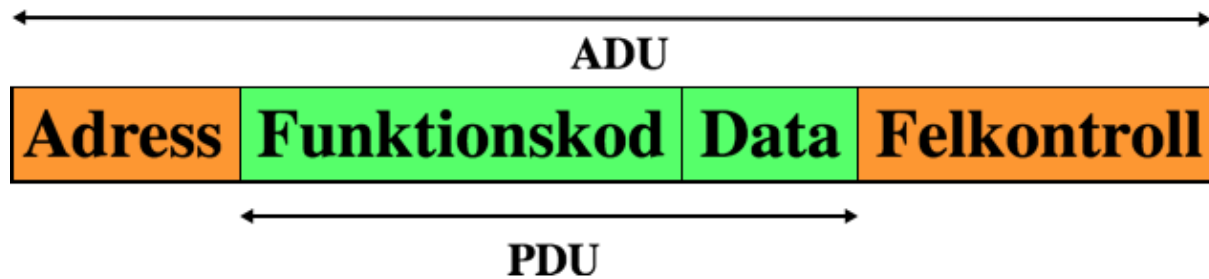
Modbus utvecklades av Modicon år 1979 för att användas med deras PLCer. Modbus används fram för allt inom industrin men tack vare dess enkelhet och pålitlighet har Modbus blivit en vanlig kommunikationsstandard även inom fastighetsautomation.

Modbus är ett öppet kommunikationsprotokoll som är gratis och kräver ingen licens för att användas. Sedan 2004 är Modbus Organisationen ansvariga för utveckling och uppdatering av Modbus.

5.1.3 Protokollöversikt

Beskriven enligt OSI-modellen använder Modbus RTU skikt 1 (det fysiska skiktet), 2 (datalänksskiktet) och 7 (applikationsskiktet) medan skikt 3-6 är tomma, Modbus TCP/IP använder sig även av skikt 3 (nätverksskiktet) och 4 (Transportsskiktet). Modbus RTU och Modbus TCP har samma applikationsskikt men skiljer sig åt i skikt 1 och 2.

Den delen av Modbus som enbart finns på applikationsskiktet kallas för "protocol data unit" (PDU). Hela protokollet kallas "application data unit" (ADU) och är olika för Modbus TCP och RTU (se figur 5.1). Kortfattat kan man beskriva att PDU delen enbart behandlar meddelandets innehåll och ADU delen även sköter adressering, överföring och felkontroll.



Figur 5.1 Modbus grundläggande meddelandeuppbyggnad.

5.1.3.1 Applikationsskiktet hos Modbus

Uppbyggnad av PDU delen av Modbus-meddelande:

Modbuss PDU består av maximalt 253 bytes varav en byte är funktionskod och resten består av den enligt funktionskoden beställda datan. Funktionskoden bestämmer vad som skall utföras och vad den övriga datan representerar. En funktionskod har ett värde från 1 till 255, funktionskoden 0 finns ej.

Modbus datamodell:

Kommunikationen mellan Modbusenheter sker med ett master- slav förhållande. Den åtkomliga datan i ett Modbusnätverk är lagrad hos slavenheterna och åtkomliga för masterenheten genom begäran. Modbus fyra huvudvarianter av dataregister är:

- **Output Coils**
En diskret bit som kan både läsas och skrivas till av masterenheten.
- **Input Contacts**
En diskret bit som masterenheten enbart kan läsa.
- **Input registers**
Ett 16-bitars register som masterenheten enbart kan läsa.
- **Holding registers**
Ett 16-bitars register som kan både läsas och skrivas till av masterenheten.

Namn	Datatyp	Startadress
Output Coils	En bit, Läsbar/Skrivbar	00001
Input Contacts	En bit, Läsbar	10001
Input Registers	1 word (16 bitar), Läsbar	30001
Holding Registers	1 word, Läsbar/Skrivbar	40001

Figur 5.2 Modbus datamodell med exempel på startadresser

5.1.3.2 Datalänksskiktet hos Modbus RTU

Adressering:

Slavenheterna i ett Modbus RTU-nätverk kan vara adresserade från 1 till 247. Om masterenheten skriver till adress 0 betyder det att masterenheten sänder till samtliga slavenheter. Slavenheterna svarar inte vid detta kommando.

Meddelandeuppbyggnad:

Ett Modbus RTU meddelande består utöver PDU delen från applikationsskiktet även av adressen till slavenheten samt en felkontroll.

Nätverksåtkomst metoder:

Modbus RTU använder sig av master-slave metoden för sin kommunikation. Det kan enbart finnas en masterenhet på varje nätverk.

5.1.3.3 Datalänksskiktet hos Modbus TCP/IP

Adressering:

Adresseringen sker enligt de metoder som som specificeras av TCP/IP.

Meddelandeuppbyggnad:

Förutom PDU:n från applikationsskiktet (vilken kan beskrivas som Modbus delen av meddelandet) består ett Modbus TCP/IP meddelande även av en "MBAP Header" som skickas först i meddelandet. MBAP Headern består av följande delar:

- **Transaction identifier**
Identifikationsnumret för meddelandet. Används när flera meddelanden skickats innan någon respons från mottagaren har uppfattats för de tidigare meddelandena.
- **Protocol identifier**
Beskriver vilket protokoll som gäller, är alltid 0 vid användning av Modbus.
- **Length**
Anger antalet efterföljande bitar i meddelandet.
- **Unit identifier**
Innehåller identifieringsnumret till den adresserade slaven.

Nätverksåtkomst metoder:

Kommunikationen i ett modbus TCP nätverk sker med master-slave metoden. Det är möjligt att ha flera masterenheter i ett nätverk.

5.1.4 Modbus RTU

Modbus RTU är Modbus kommunikationsprotokoll för seriekommunikation vanligtvis via RS-485 eller RS-232.

5.1.4.1 Användningsområden

Modbus RTU är en vanligt använd kommunikationsstandard och kan användas till de flesta applikationer inom fastighetsautomationen. Vanligtvis används Modbus RTU för kommunikationen "längst ned" i nätverket exempelvis mellan styrenheter, sensorer och aktorer.

5.1.4.2 Användarvänlighet

5.1.4.2.1 Installation

Modbus RTU är ett väldigt enkelt och avskalat protokoll som inte innehåller speciellt många specifika funktioner. Detta gör att det inte finns en massa funktioner som måste konfigureras vid installationen men gör också att det inte finns några direkta funktioner som hjälper till och underlättar installationen det finns till exempel inga funktioner som gör att en enhets register ger sig till känna. Sådant som val av enhets- och registersadresser kan antingen vara definierat i enheten som man då måste ta hänsyn till vid konfiguration eller så kan de väljas fritt av den som utför konfigurationen.

5.1.4.2.2 Dokumentation

Det finns ett flertal organisationer samt återförsäljare av Modbus produkter som erbjuder mycket information om Modbusprotokollet.

En organisation som erbjuder mycket information om Modbus är Modbus Organization. Modbus Organization är en organisation av användare och återförsäljare av Modbus enheter som arbetar för att sprida användningen och bidra till utvecklingen av Modbus.

5.1.4.2.3 Utbyggbarhet och underhåll

Så länge begränsningarna för överföringsmediet inte överskrids finns det inga hinder för att lägga till en Modbus RTU enhet i ett redan befintligt nätverk. Vid ersättning av en redan befintlig enhet i ett Modbus RTU nätverk kan bristen på fastslagna registeradresser i Modbus protokollet innebära att en viss omprogrammering kan krävas.

5.1.4.3 Tillförlitlighet

Modbus RTU använder CRC (Cyclic Redundancy Check) för att kontrollera så att inga förändringar av meddelandet har skett under överföringen. CRC är en metod för att beräkna en kontrollsumma. En kontrollsumma beräknas först innan meddelandet sänds och jämförs sedan med kontrollsumman som beräknas (med samma metod) hos mottagaren.

5.1.4.4 Säkerhet

I Modbus RTU protokollet finns inga säkerhetssystem inkluderade utan dataöverföringen sker i klartext och det finns inga funktioner för att verifiera meddelanden. Det finns dock återförsäljare som gjort egna säkerhetslösningar som tillägg.

5.1.4.5 Ekonomi

Inga avgifter eller licenser krävs för användandet av Modbus. Det finns inte heller något officiellt konfigureringsverktyg vilket måste användas. Modbus RTU använder RS-485 som dataöverföringsmedium vilket är relativt billigt att använda.

5.1.4.6 Utbredning av användande

Modbus RTU mycket vanligt använt över stora delar av världen.

5.1.5 Interoperabilitet

Interoperabilitet mellan Modbus RTU-enheter av olika tillverkare:

Enkelheten i Modbus-protokollet gör att interoperabiliteten blir god mellan olika tillverkares Modbus-enheter, det finns helt enkelt inte mycket att göra annorlunda. Det som kan variera mellan olika tillverkare är hur registerna är adresserade.

Interoperabilitet mellan Modbus RTU och andra kommunikationsstandarder:

Det finns ett flertal översättarenheter på marknaden som möjliggör kommunikation mellan de flesta vanliga kommunikationsstandarder och Modbus RTU. Ett problem med översättning från nyare mer avancerade kommunikationsprotokoll till Modbus RTU är att Modbus ej använder någon metod för beskrivning av vad den tillgängliga datan representerar. Därför kan delar av informationen gå förlorad eller bli svårt att presentera på ett begripligt sätt efter översättningen.

Översättning mellan Modbus RTU och Modbus TCP/IP går lätt att göra då applikationsskiktet är likadant för Modbus RTU som för Modbus TCP/IP.

5.1.6 Modbus TCP/IP

5.1.6.1 Användningsområde

Modbus TCP/IP används då kraven på överföringshastighet och storlek på nätverket är större. Ett vanligt användningsområde är som överordnat i en fastighet. Modbus TCP/IP används då för att binda i hopp flera småsystem i fastigheten för att möjliggöra central styrning och övervakning av alla automationssystem i fastigheten.

5.1.6.2 Användarvänlighet

5.1.6.2.1 Installation

Konfigurering av Modbus TCP/IP är lik konfigureringen av Modbus RTU men skiljer sig åt i valen som gäller överföringsmediet. Eftersom det är TCP/IP protokollen som sköter dataöverföringen görs konfigurationen för just ett TCP/IP nätverk med bland annat IP adresser till enheterna.

5.1.6.2.2 Dokumentation

Se under rubriken för Modbus RTU.

5.1.6.2.3 Utbyggbarhet och underhåll

Tack vare att protokollen TCP/IP sköter allt med överföringen och adressering går det att ha ett nästintill oändligt antal noder på ett nätverk.

För ersättning av en redan befintlig Modbus TCP enhet i ett nätverk gäller samma problematik som för Modbus RTU med att registeradresseringen inte är helt fastslagen.

5.1.6.3 Tillförlitlighet

Modbus TCP/IP använder sig av TCP/IP för överföringen av data. I och med det får Modbus TCP/IP också med de kontrollfunktioner som ingår i TCP/IP protokollen. TCP innehåller bland annat en kontrollsumma, en numrering av bytsen i meddelandet, en funktion så att inte sändaren sänder data för snabbt för mottagaren samt en kontroll för överbelastning av nätverket.

5.1.6.4 Säkerhet

I Modbus delen av protokollet finns inga egna säkerhetssystem utan de säkerhetssystem som finns för Modbus TCP/IP är de som finns inbyggda i TCP/IP protokollen.

5.1.6.5 Ekonomi

Inga avgifter eller licenser krävs för användandet av Modbus. Det finns inte heller något officiellt konfigureringsverktyg vilket måste användas. Modbus TCP/IP använder sig av Ethernet som dataöverföringsmedium vilket blir dyrare än RS-485 vilken Modbus RTU använder då Ethernet kräver mer utrustning för att genomföra kommunikationen.

5.1.6.6 Utbredning av användande

Modbus TCP är använt i stora delar av världen.

5.1.7 Interoperabilitet

Interoperabilitet mellan Modbus TCP/IP-enheter av olika tillverkare:

Liksom för Modbus RTU är interoperabiliteten stor mellan Modbus TCP enheter av olika tillverkare.

Interoperabilitet mellan Modbus TCP/IP och andra kommunikationsstandarder:

Möjligheten till kommunikation mellan Modbus TCP och de flesta vanliga kommunikationsstandarder är möjlig med hjälp av översättningsenheter.

5.2 BACNET

5.2.1 Sammanfattning

BACnet är en kommunikationsstandard utvecklad enbart för fastighetsautomation med målet att vara en standard för i stort sett all kommunikation i en fastighet. BACnet kan möjliggöra kontroll och övervakning av en byggnads alla system på ett ställe.

BACnet-protokollets huvuddelar är Objects, Properties och Services. Object är BACnets sätt att representera information. Varje Object består av flera Properties vilka innehåller informationen Objectet representerar samt information om Objectet. Services är BACnets sätt att få saker utträttade till exempel att skriva till eller läsa av ett Object hos en annan enhet.

Kommunikationen i ett BACnet-nätverk kan ske över ett flertal olika nätverksalternativ. Det vanligaste är att kommunikationen i de små delsystemen på fältnivå kommunicerar enligt master-slave metoden över RS-485. För att möjliggöra en central styrning och övervakning av dessa småsystem kan de knytas ihop av ett "ryggradsnät". För detta används oftast BACnet/IP.

5.2.2 Bakgrund

BACnet utvecklades mellan 1987 och 1995 under översyn av ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers). BACnet utvecklades för att användas inom fastighetsautomation. ASHRAE är ansvariga för utvecklingen och uppdateringarna av BACnet. BACnet är en ANSI och ISO standard.

BACnet är en öppen standard som är fri för vem som helst att använda.

5.2.3 Användningsområde

Det finns möjlighet att använda BACnet till i stort sett all kommunikation i en fastighet. BACnet möjliggör att ett stort antal enheter med olika användningsområden skulle kunna kommunicera med varandra eller med en gemensam övervakningsenhet.

5.2.4 Protokollöversikt

Beskriven enligt OSI-modellen använder BACnet skikt 1 (Det fysiska skiktet), 2 (datalänkskiktet), 3 (nätverksskiktet) och 7 (applikationsskiktet) medan skikt 4-6 är tomma. BACnet har enbart egna lösningar för applikationsskiktet och nätverksskiktet medan det fysiska och datalänkskiktet använder redan befintliga.

5.2.4.1 BACnets applikationsskikt

BACnets applikationsskikt kan beskrivas som en modell för hur data är lagrad i BACnetenheterna samt funktioner för utbyte av denna data. För att åskådliggöra detta används Objects, Properties och Services.

Objects används för att representera informationen som finns i ett BACnet system. Ett Object kan representera värdet på exempelvis en analog insignal eller statusen hos en binär utsignal. Ett Object består av flera Properties som beskriver egenskaperna hos Objektet. Om ett Object representerar exempelvis ett analogt värde består då Objektet av en Properti som motsvarar det analogavärdet samt flera Propertis som ger information om vad det analogavärdet representerar (se figur 5.1 för ett exempel).

Analog Input Objekt Exempel

Property	Exempel på värde
Object_Identifier	Analog Input #1
Object_Name	"Temp1"
Object_Type	Analog Input
Present_Value	20.0
Description	"Temperatur inne"
Status_Flags	In_Alarm, Fault, Out_Of_Service flags
Units	Grad Celsius

Figur 5.1 Exempel på ett BACnet Objekt

En Service är en begäran som en BACnet enhet kan skicka till en annan. En Service kan exempelvis vara att läsa av eller skriva till ett Object.

5.2.4.2 BACnets Nätverksskikt

BACnets nätverksskikt möjliggör att en BACnetenhet kan kommunicera med en annan BACnetenhet i ett annat nätverk oberoende av vika dataöverföringsmetoder de båda nätverken använder (någon form länk måste givetvis finnas mellan nätverken). Nätverksskiktet innehåller också BACnets säkerhetssystem.

5.2.4.3 BACnets datalänk- och fysiska skikt

I BACnet-protokollet ingår inga egna metoder för dataöverföring utan BACnet stödjer ett flertal redan existerande.

Adressering:

Varje BACnet enhets adress är uppdelad i två delar. Den första delen är enhetens MAC adress som är unik inom den lokala delen av nätverket som enheten finns i. Den andra delen av adressen är adressen till det lokala nätverket som enheten är ansluten till. Tillsammans bildar dessa adresser en unik adress för varje enhet.

Meddelandeuppbyggnad:

BACnet innehåller ett flertal olika typer av meddelande som används för de olika services som BACnet erbjuder.

Nätverksåtkomst metoder:

BACnet erbjuder ett flertal nätverksåtkomstmetoder som följer med de protokoll som används för dataöverföringen.

Dataöverföringsmetoder erbjudna av BACnet:

- ISO 8802-2 över Ethernet
- ISO 8802-2 över ARCNET
- Master-Slave/Token-Passing över RS-485
- Point to Point över RS-232
- BACnet/IP
- LonTalk
- ZigBee över 802.15.4

De vanligast använda överföringsmetoderna är Master-Slave/Token-Passing över RS-485 och BACnet/IP.

5.2.5 Användarvänlighet

5.2.5.1 Installation

BACnets användning av Objekt förenklar konfigurationen av BACnetenheterna då varje Objekt innehåller den nödvändiga informationen om sig själv. Enhetsobjektet är även till hjälp vid konfiguration då enhetsobjektet innehåller viktig information om enheten.

För konfiguration av en BACnet-enhet finns det inget officiellt konfigureringsverktyg utan varje tillverkare får antingen utveckla egna eller använda sig av redan befintliga öppna verktyg. Detta gör att tillverkarna får större friheter vid utvecklingen av enheter men medför också att det i vissa fall kan krävas flera olika konfigureringsverktyg för olika enheter i samma nätverk.

5.2.5.2 Dokumentation

Det finns ett flertal grupper och organisationer vilka jobbar för sprida information om och utveckla BACnet.

BACnet International är en branschorganisation som arbetar för spridning och en korrekt användning av BACnet. BACnet International erbjuder mycket information om BACnet samt anordnar utbildningar och konferenser.

5.2.5.3 Utbyggbarhet och underhåll

5.2.6 Tillförlitlighet

Kontrollfunktionerna för den överförda datan varierar för de olika typerna av överföringsmedier vilka BACnet använder.

BACnet Test Laboratories (BTL) utför tester på BACnet enheter. BTL säkerställer att BACnetenheterna följer standarden samt att dom är kompatibla med andra tillverkares BACnetenheter.

5.2.7 Säkerhet

BACnets säkerhetssystem är lagt i Nätverksskiktet. Säkerhetssystemet innehåller funktioner för verifiering av användare, meddelanden och enheter med bland annat "nycklar" samt kryptering av meddelanden. En "nyckel" består av två delar, en för sändaren och en för mottagaren. Sändarens nyckel ett genererar ett meddelande som skickas tillsammans med den data som skall överföras. Mottagaren kan då med sin nyckel verifiera att meddelandet är skickat av en sändare som har andra delen av nyckeln. Beroende på typ av nyckel som används kan man se vilken behörighetsgrad sändaren har.

BACnet erbjuder flera typer av avancerade krypteringsmöjligheter.

Säkerhetsåtgärderna hos BACnet är frivilliga tillägg till standardprotokollet. För avgöra viken typ av säkerhetstillägg som bör finnas görs en bedömning av hur utsatt nätverket är. Om nätverket bedöms som fysiskt helt avskärmat från obehöriga brukar inga säkerhetsåtgärder användas. Säkerhetsåtgärderna kan adderas beroende på hur utsatt nätverket bedöms vara.

5.2.8 Ekonomi

Det krävs inga licenser eller några avgifter för användande av BACnet. Det behövs inte heller någon licens eller avgift för något obligatoriskt konfigureringsverktyg då det inte finns något officiellt konfigureringsverktyg. Det finns ett flertal öppna konfigureringsverktyg till BACnet samt flera återförsäljare erbjuder egna till deras enheter.

BACnet erbjuder ett flertal dataöverföringsmedium i olika prisklasser. Den dataöverföringsmetod som har den lägsta kostnaden är BACnet MS/TP över RS-485.

5.2.9 Utbredning av användande

BACnet används i stora delar av världen men det största användandet sker i USA.

5.2.10 Interoperabilitet

Interoperabilitet mellan BACnet-enheter av olika tillverkare:

En stor del av syftet med BACnet är att det möjliggör interoperabilitet mellan de olika delarna av en fastighets automatiserade system. För att systemet skall vara interoperabelt krävs det att tillverkarna av BACnet-enheter följer standarden och inte hittar på allt för mycket egna lösningar.

BTL (BACnet Testing Laboratories) är en arbetsgrupp skapad av BACnet International som jobbar för att säkerställa interoperabiliteten mellan BACnet-enheter. BTL genomför tester och listar de BACnet-enheter som genomgått testerna och hur väl de uppfyller BACnet standarden.

Eftersom BACnet erbjuder ett flertal olika kommunikationsmedium finns inte en direkt interoperabilitet mellan alla BACnet-enheter. Vid kommunikation mellan två enheter som använder sig av olika kommunikationsmedium krävs det att någon form av gateway används.

Interoperabilitet mellan BACnet och andra kommunikationsstandarder:

Det finns möjligheter till kommunikation mellan BACnet och de flesta vanliga kommunikationsstandarder via någon typ av översättaren. Hur mycket av informationen som kan översättas beror på hur omfattande och hur lik BACnet kommunikationsstandarderna som skall översättas är.

Om exempelvis en BACnet-enhet skall kommunicera med en KNX-enhet går det att översätta det mesta av informationen eftersom BACnet och KNX båda är relativt omfattande kommunikationsstandarder med en viss likhet i uppbyggnaden. Om exempelvis en BACnet-slavenhet skall kommunicera med en Modbus-masterenhet kommer inte all information kunna presenteras på ett liknande sätt som i en BACnet-masterenhet då Modbus inte använder en liknande metod för representationen av data. Om däremot en BACnet-masterenhet skall kommunicera med en Modbus-slavenhet blir det lättare att kunna presentera all information då BACnet har mer omfattande metoder för presentationen av information. Det är alltså oftast lättare att från en BACnet-enhet läsa av information från en annan kommunikationsstandard än tvärtom. Detta är en av anledningarna till varför BACnet lämpar sig att användas till en byggnads "rygggradskommunikation" alltså för att koppla samman alla delsystem i en byggnad så att de kan övervakas och styras på ett ställe.

5.3 KNX

5.3.1 Sammanfattning

KNX är en kommunikationsstandard utvecklad för användande inom fastighetsautomation och fastighetskontroll. KNX kan användas till det mesta inom fastighetsautomationen och används till allt från att vara huvudsystem i större kontorsbyggnader till belysningsstyrning i vanliga privathus.

KNX kan användas över ett flertal dataöverföringsmedium och flera olika konfigureringslägen finns för att konfigurationen skall bli effektiv för alla olika typer av nätverk.

5.3.2 Bakgrund

Det första steget till det som skulle bli KNX gjordes 1990 när organisationen European Installation Bus Association (EIBA) grundades med målet att skapa en kommunikationsbuss för framtidens elinstallationer. 2001 lanserades kommunikationsstandarden KNX som då bestod av en sammanslagning av Batibus, EHS och EIB.

KNX är standardiserat enligt EN 50090 och ISO/IEC 14543.

5.3.3 Användningsområde

KNX kan användas till i stort sett all kommunikation i en fastighet. KNX erbjuder också möjligheten att styra och övervaka alla dessa enheter via ett enhetligt system.

KNXs styrka är styrning på rumsnivå och det är också där som KNX är som mest använd. KNX standarden innehåller även flera funktioner för att göra energibesparingar.

5.3.4 Protokollöversikt

Beskriven enligt OSI-modellen använder sig KNX av skikten 1 (Det fysiska skiktet), 2 (datalänksskiktet), 3 (nätverksskiktet), 4 (transportskiktet) och 7 (applikationsskiktet) medan skikt 5 och 6 är tomma.

5.3.4.1 KNXs applikationsskikt

KNX använder objektgrupper för att representera information. Objektgrupperna består av datapoints vilka är olika typer av variabler som innehåller data. Exempelvis skulle en objektgrupp kunna vara en temperatur i ett rum. En temperatursensor skulle då kunna skriva sitt värde i en datapoint i objektgruppen. En styrenhet skulle då kunna agera utifrån det nya värdet i objektgruppen och ge styrsignaler till att genomföra lämplig åtgärd för att åstadkomma den eftersökta temperaturen i rummet.

5.3.4.2 KNXs Transportskikt

Transportskiktet möjliggör fyra typer av kommunikation mellan noderna.

Kommunikationsmöjligheterna är från en enhet till flera, från en enhet till alla, från en enhet till en annan anslutningslös kommunikation och från en enhet till en annan anslutningsorienterad kommunikation.

Vid anslutningslös kommunikation används transportskiktet för att kontrollera att adressen till och det nya värdet på den använda objektgruppen stämmer.

Vid anslutningsorienterad kommunikation används transportskiktet till att upprätta och kontrollera kommunikationen mellan enheterna.

5.3.4.3 KNXs Nätverksskikt

När ett meddelande sänds anger nätverksskiktet värdet på en variabel som talar om för den mottagande noden om meddelandet skall skickas vidare eller inte. Denna variabel läses enbart av de noder som har möjligheten att vidarebefordra meddelanden.

5.3.4.4 KNXs datalänksskikt

Adressering:

Varje KNX-enhet har en unik enhetsadress som består av totalt 2 byte varav 4 bitar beskriver i vilken del av nätverket enheten finns, 4 bitar beskriver på vilken lina enheten sitter på samt 1 byte som är enhetens unika adress på den linan.

En viktig del av KNX är gruppadresser som gör det möjligt att skicka meddelanden samtidigt till flera enheter i en grupp samt länka samman enheter som då kan "prenumerera" på information från varandra.

Meddelande uppbyggnad:

Ett meddelande som sänds av KNXs datalänksskikt kan delas upp i 5 olika delar:

- **Control field**
Innehåller kontrollbitar samt anger meddelandets prioritet och om det är omsänt.
- **Source address**
Den sändande nodens adress samt i vilket område och på vilken lina enheten sitter på i nätverket.
- **Receiver address**
Kan antingen vara en adress till en grupp av enheter eller till en enskild enhet.
- **N_PDU**
Informationen som kommer från de högre skikten.
- **Check field**
Innehåller en kontrollsumma.

Nätverksåtkomst metoder:

Den metod som används för åtkomst till busen är CSMA/CA vilken är en metod för att avgöra om busen är ledig samt upptäcka kollisioner.

5.3.4.5 KNXs fysiska skikt

KNX kan erbjuda ett flertal olika överföringsmedium:

- Twisted Pair
- Power line
- Radio Frequency
- Ethernet/wifi

Det fysiska skiktet skall se till att de högre stående skikten är helt åtskilda från det fysiska så alla överföringsmedier kan användas utan ändringar i de övre skikten.

5.3.5 Användarvänlighet

5.3.5.1 Installation

KNX erbjuder ett flertal olika lägen för konfiguration av enheter. Dessa lägen finns för att konfigurationen skall gå effektivt för alla typer av enheter och nätverk då KNX-enheter kan ha väldigt varierande komplexitet samt nätverken kan variera mycket i storlek. Några vanliga konfigurationslägen är:

- **System Mode**
Det mest avancerade konfigurationsläget som också är det mest flexibla. Använder ofta ett PC baserat konfigurationsredskap.
- **Controller Mode**
Används där det enbart finns ett begränsat antal enheter som skall styras. Konfigurering med Controller Mode innebär att en controllerenhet används vid installationen.
- **Push-button Mode**
Används där det enbart finns ett begränsat antal enheter som skall styras. Behöver ingen extra utrustning för konfigurationen utan kan skötas direkt på enheten. Hur konfigurationen görs bestäms av tillverkaren av enheten och varierar alltså mellan olika enheter.
- **Logical Tag Mode**
Konfigureras utan någon extra utrustning utan ett värde matas fysiskt in på enheterna som skall arbeta tillsammans.
- **Automatic mode**
All konfiguration sker automatiskt vid inkoppling. Väldigt begränsade funktioner tillgängliga.

De olika konfigurationslägena förkortas ofta som S-mode, E-mode och A-mode. S-mode står för System mode, A-mode för Automatic mode och E-mode står för Easy mode vilken innefattar de övriga konfigureringslägena. För konfiguration av ett System mode-nätverk har KNX ett eget konfigureringsverktyg ETS för konfigurationen.

5.3.5.2 Dokumentation och organisationer

KNX Association är en organisation som är ägare till KNX standarden och dess varumärke. Organisationen drivs utan vinstsyfte och består av tillverkare och utvecklare av KNX enheter som används inom fastighetsautomation. Syftet med organisationen är att utveckla och marknadsföra KNX som en världsomspännande standard för fastighetsautomation. KNX Association erbjuder mycket information samt diverse utbildningsmöjligheter.

5.3.5.3 Utbyggbarhet och underhåll

KNX marknadsför som ett mycket flexibelt och utbyggbart system genom att visa på flera stora byggnader där automationen med KNX har skett stegvis.

5.3.6 Tillförlitlighet

För att kontrollera att ett KNX meddelande har skickats utan förändringar görs en kontroll med en checksumma. Metoden som används är cross check metoden.

5.3.7 Säkerhet

Det grundläggande säkerhetsarbetet för ett KNX-nätverk är att svårlicgöra åtkomst till det fysiska transportmediet. Detta görs genom att dölja kabeldragningar samt se till så att de enheter som finns i allmänna utrymmen är ordentligt fastsatta utan tillgängliga ingångar. För trådlösa nätverk är det omöjligt att isolera den fysiska dataöverföringen. Det är därför viktigt att använda ett på något sätt skyddat nätverk.

KNX erbjuder möjligheten att lösenordskydda enheterna. Vilket gör att ett lösenord krävs för om konfiguration av enheter.

För användning av KNX över internet är det inte rekommenderat att koppla upp sitt KNX nätverk direkt mot internet då KNX inte är designat för det. Det finns två metoder som rekommenderas om man vill ha åtkomst till sitt KNX nätverk över internet. Den ena är att enbart tillåta åtkomst via en VPN-anlutning. Den andra är att låta internettuppkopplingen gå genom en enhet som enbart har tillgång till de funktioner på nätverket som man behöver ha tillgång till via internet.

KNX Data Security och KNX IP Security är de två säkerhetsmekanismer som KNX erbjuder för att skydda kommunikationen. Dessa erbjuder bland annat metoder för att verifiera meddelanden, kryptera meddelanden samt en kontroll för när meddelandet sändes.

5.3.8 Ekonomi

Det krävs ingen licens eller avgift för användande av KNX. För att konfigurera större KNX system krävs det att KNX egna konfigureringsverktyg ETS används. För att använda ETS krävs att man köpt en licens. Licenserna finns i olika omfattning och pris.

5.3.9 Utbredning av användande

KNX används i stora delar världen men det största användandet sker i Europa. Det finns KNX partners i 136 länder samt tillverkare i 38 länder. En KNX partner är ett företag som är specialiserat inom KNX tekniken samt har gått en kurs och avlagt ett slutprov på ett KNX certifierat utbildningscentrum.

5.3.10 Interoperabilitet

Interoperabilitet mellan KNX-enheter av olika tillverkare:

För att åstadkomma en enhetlig standard och en interoperabilitet mellan KNX enheter av olika tillverkare har KNX Assosiation en certifiering av KNX-enheter. För att få en enhet certifierad måste den genomgå ett antal tester på både mjukvara och hårdvara hos ett KNX auktoriserat test labb.

KNX stöder ett flertal fysiska kommunikationsmedium, det är alltså inte självklart att två enheter kan kommunicera direkt med varandra bara för att båda är KNX-enheter. Men eftersom KNX-protokollet ser likadant ut i alla övriga skikt utom just det fysiska så går det mycket lätt att göra översättningarna från ett kommunikationsmedium till ett annat.

Interoperabilitet mellan KNX och andra kommunikationsstandarder:

Det finns möjligheten att via olika översättarenheter utföra kommunikation mellan KNX-enheter och enheter med de flesta vanliga kommunikationsstandarderna inom fastighetsautomationen.

5.4 CAN OCH CANOPEN

5.4.1 Sammanfattning

CAN är en kommunikationsstandard som utvecklades för att sköta kommunikationen i fordon men används även inom andra områden bland annat i industrin och inom fastighetsautomationen.

Kommunikationen i ett CAN-nätverk sker händelsestyrt, alltså att noderna sänder sina meddelande efter en händelse då de har något att rapportera. Meddelandena är korta och skickas ut till alla noder på bussen, noderna kan sedan filtrera bort de meddelanden som inte är relevanta för sig. Et typiskt CAN meddelande inom fastighetsautomationen kan exempelvis vara en temperatur eller en händelse hos en närvarodetektor.

5.4.2 Bakgrund

CAN började utvecklas 1983 på Robert Bosch GmbH och släpptes 1986. CAN utvecklades för att användas i fordon men tack vare sin okänslighet mot elektriska störningar och förmåga att upptäcka och reparera datafel har CAN blivit vanlig även inom fastighetsautomationen samt industrin.

CAN är standardiserat enligt ISO 11898-1, 2 och 3.

5.4.3 Användningsområde

CAN används inom flera områden inom fastighetsautomationen. Några av de vanligaste användningsområdena är säkerhetssystem, belysningsstyrning och ventilation.

5.4.4 Protokollöversikt

Beskriven enligt OSI-modellen existerar CAN enbart på skikt 1 (det fysiska skiktet) och skikt 2 (datalänksskiktet). CAN sköter alltså enbart hur ett meddelande är transporterat mellan noderna. För att utföra kommunikation krävs ytterligare ett protokoll som hanterar de högre skikten, exempelvis CANopen.

5.4.4.1 CANs datalänkskikt

Adressering:

Varje nod i ett CAN nätverk kan sända och ta emot meddelanden. När en nod skickar ett meddelande skickar den meddelandet till alla noder i nätverket. Det finns ingen metod för att enbart skicka meddelande till en specifik nod i nätverket, men meddelandet innehåller oftast information om vilken nod som meddelandet är ämnat för så att de andra noderna kan filtrera bort meddelandet.

Meddelande uppbyggnad:

Ett CAN meddelande kan maximalt innehålla 94 bitar. Det finns 4 typer av meddelanden som kan skickas via en CAN buss:

- **Data frame**
Data frame är den enda typen av meddelande som kan överföra data. Ett data frame meddelande består av:
 - **Arbitration field**
Bestämmer meddelandets prioritet om flera noder försöker sända samtidigt samt innehåller en RTR bit som visar om meddelandet är ett data frame eller ett remote frame meddelande.
 - **Controll field**
Anger hur många bitar som finns i meddelandet.
 - **Data field**
Innehåller upp till 8 bytes av data.
 - **CRC**
Används för att kontrollera så att meddelandet inte ändrats under överföringen.
- **Remote frame**
Ett remote frame meddelande är uppbyggt som ett data frame meddelande med skillnaderna att det inte innehåller någon data samt en identifieringsbit som talar om att det är ett remote frame meddelande. Remote frame meddelande kan användas till att begära information av en nod.
- **Error frame**
Ett error frame meddelande sänds om en nod upptäcker ett fel. När en nod sänder ett error frame meddelande kommer alla andra noder också att upptäcka ett fel och sänder ett error frame meddelande de också. Därefter kommer den nod som sände ett meddelande när felet uppstod att försöka omsända meddelandet.
- **Overload frame**
Ett Overload frame meddelande är mycket likt ett error frame meddelande. Overload frame meddelande skickas om en nod som kräver en viss paus mellan meddelandena ej får denna.

Nätverksåtkomst metoder:

CAN är en händelsestyrd kommunikationsstandard alltså kan flera noder börja sända samtidigt. Om flera noder börjar sända samtidigt undersöks vilken av noderna som har högst prioritet på sitt meddelande. Den nod som har det högst prioriterade meddelandet kan då fortsätta att sända meddelandet.

5.4.4.2 CANs fysiska skikt

CAN använder sig av NRZ (non-return-to-zero) linjekodning. Detta innebär att två spänningslägen används för representation av 0 och 1. Spänningslägena bestäms av vilket fysiskt skikt som är valt.

Det finns flera olika varianter av det fysiska skiktet för CAN. Den absolut vanligaste är den som är definierad av standarden ISO 11898-2.

5.4.4.3 CANopen

CANopen är ett kommunikationsprotokoll som har hand om skikten ovanför datalänkskiktet (skikt 2). CANopen använder sig av en master slave modell för kommunikationen men med möjligheten att ha flera masterenheter.

En viktig del av CANopen protokollet är "Objekt Dictionary" (OD). Varje nod i ett CANopennätverk måste ha ett Objekt Dictionary (OD). En enhets Objekt Dictionary består av flera Objekt som innehåller all information som krävs för att initiera och kommunicera med en enhet samt information om enhetens egenskaper.

CANopen består av ett flertal mindre protokoll som erbjuder specifika egenskaper. De två protokollen som används mest är Process Data Object (PDO) och Service Data Object (SDO).

PDO används för att transportera data mellan noderna. Ett PDO meddelande kan innehålla 8 byte data och kan bestå av flera olika data Object.

SDO används för att skriva eller läsa av ett värde på ett Data Object i object dictionaryn.

5.4.5 Användarvänlighet

5.4.5.1 Dokumentation

Finns mycket god dokumentation om CAN-protokollet hos både intresseorganisationer och företag vilka specialiserat sig på CAN.

5.4.6 Tillförlitlighet

CAN använder sig av fem olika metoder för att upptäcka fel i överföringen. Dessa är:

- **Bit monitoring**
- **Bit Stuffing**
- **Frame check**
- **Acknowledgement Check**
- **CRC**

5.4.7 Ekonomi

CAN är en öppen standard och det krävs ingen licens för användande.

5.4.8 Utbredning av användande

CAN används i fordon i stora delar av världen och har även stor spridning i användandet inom fastighetsautomationen men används inte i samma omfattning som i fordon.

5.5 DALI

5.5.1 Sammanfattning

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) är en kommunikationsstandard för belysningsstyrning vilken är använd över stora delar av världen. DALI är en relativt enkel kommunikationsstandard och har enbart funktioner anpassade för belysningsstyrning.

Några vanliga funktioner DALI-standarden erbjuder är: Anpassning av belysningen till omgivningen med hjälp av olika sensorer (bland annat närvaro- och solljussensorer), att kunna spara olika lägen hos flera lampor som en "scen" för att sedan lätt kunna nå detta läge igen, funktioner för upplevt linjär dimning samt drivning av LED lampor.

Kommunikationen i ett DALI nätverk sker över två vanliga ledare och så länge de elektriska egenskaperna är uppfyllda kan vilken kabel som helst användas.

5.5.2 Bakgrund

På slutet av 1990-talet startades gruppen DALI-ag för att skapa ett öppet kommunikationsprotokoll för belysningsstyrning. Gruppen bestod av personer från de ledande företagen inom belysningsbranschen. 2001 släpptes kommunikationsprotokollet DALI.

5.5.3 Användningsområde

DALI används till belysningsstyrning. DALI används till allt från att styra ett fåtal lampor i en villa till att sköta hela belysningsystemet i ett stort kontorshus.

Vad DALI erbjuder är ett system för att enkelt skapa en automatiserad belysningsstyrning. Det vanligaste syftet med en automatiserad belysningsstyrning är energibesparing. DALI möjliggör flera energibesparingsåtgärder, bland annat dimringsfunktioner för enskilda ljuskällor som tillsammans med dagsljussensorer och närvarosensorer kan optimera belysningen samt minimera onödig belysning.

DALI är ofta använt som ett underordnat protokoll för belysningsstyrning i byggnader med ett annat huvudsakligt kommunikationsprotokoll. Därför finns ett flertal enheter som kan möjliggöra kommunikation från DALI till de vanligaste kommunikationsstandarderna inom fastighetsautomationen.

5.5.4 Protokollöversikt

Beskriven enligt OSI-modellen använder DALI skikt 1(det fysiska skiktet), 2(Datalänkskiktet) och 7(applikationsskiktet).

5.5.4.1 *Det fysiska skiktet hos DALI*

Kommunikationsmediet DALI använder sig av är två ledare med potentialen 16v mellan varandra. Ledarnas polaritet har ingen betydelse vid inkoppling. Det finns även möjligheten till trådlös DALI-kommunikation via radiokommunikation.

Ett DALI-nätverk kan kopplas antingen som en bus-, stjärntopologi eller som en kombination av dessa.

5.5.4.2 *datalänkskiktet hos DALI*

Adressering:

En DALI-enhet har en kort adress och en lång adress den korta adressen kan adresseras från 0-63 och används vid den vanliga kommunikationen i DALI-nätverket. Det finns alltså möjlighet att använda 64 DALI-enheter på ett nätverk. Om fler enheter behövs kan flera DALI-nätverk

sammankopplas med en DALI-gateway. Den långa adressen genereras av en slumpgenerator och används vid konfiguration av enheterna.

Meddelandeuppbyggnad:

DALI använder två typer av meddelanden för sin kommunikation, forward frame och backward frame (se figur 5.3). Forward frame är den meddelandetyper som används av masterenheten och består av en start bit, en adress byte, en data byte (funktions kommando) och två stopp bitar. Backward frame är slavenheternas svarsmeddelanden och består av en start bit, en data byte och två stopp bitar.

Meddelande från kontroller till lampa/annan enhet



Svarsmeddelande från lampa/annan enhet



Figur 5.3 DALIs meddelandeuppbyggnad

Nätverksåtkomst metoder:

DALI utför sin kommunikation enligt master-slave uppställningen med möjligheten att använda flera masterenheter. Vid kollision mellan meddelanden i ett DALI-nätverk finns en prioritetsordning hos masterenheterna så att varje masterenhet väntar in viss tid innan den försöker sända meddelandet igen.

5.5.4.3 Applikationsskiktet hos DALI

Ett DALI meddelande består av en adress antingen till en enhet eller en grupp av enheter samt ett kommando. Ett nätverk kan ha upp till 16 grupper. Varje grupp kan ha upp till 16 scener. En scen är ett förprogrammerat läge hos varje enskild enhet i gruppen. Om ett scenkommando skrivs till en grupp intar alla enheter i gruppen sitt förprogrammerade läge för just den scenen.

Ett DALI kommando kan bestå av exempelvis öka eller minska värdet på en dimmer, testa om lampan är trasig eller byta till en specifik scen.

5.5.5 Användarvänlighet

5.5.5.1 Installation

Tack vare att DALI är utvecklad enbart för belysningsstyrning är DALI en betydligt enklare kommunikationsstandard än de med flera användningsområden. Detta medför att DALI även är enklare att konfigurera.

DALI har funktioner som sköter adressering av enheterna automatiskt. DALI-systemet fungerar ofta direkt efter att det blivit inkopplat och strömmen slås på men för att få önskad funktionalitet krävs en viss konfiguration. Konfigurationen kan ske på ett flertal olika sätt

beroende på storlek, komplexitet och återförsäljare bland annat med en PC eller via en fjärrkontroll.

DALI använder två kablar för dataöverföringen, vid inkoppling av dessa kablar behövs ingen hänsyn tas till polariteten.

5.5.5.2 Dokumentation och organisationer

DALI organisationen sköter licenser för DALI loggan samt marknadsföringen och spridningen av DALI. DALI-organisationen erbjuder övergripande information om DALI. Det finns även ett flertal återförsäljare av DALI produkter som erbjuder mycket information om DALI.

5.5.5.3 Utbyggbarhet och underhåll

Vid tillägg eller utbyte av en DALI-enhet kan den nya enheten i de flesta fall adresseras utan att de redan befintliga enheterna behöver konfigureras om. För att genomföra adresseringen av den nya enheten krävs att ett konfigureringsverktyg används.

5.5.6 Tillförlitlighet

Ett DALI meddelande innehåller ingen checksumma eller annan metod för att kontrollera att meddelandet blivit korrekt överfört.

5.5.7 Säkerhet

DALI har inga funktioner för kryptering av meddelanden eller andra säkerhetslösningar.

5.5.8 Ekonomi

Det krävs ingen avgift eller licens för att använda DALI. Det tas inte heller någon avgift för något officiellt konfigureringsverktyg men det krävs oftast någon typ av specialverktyg för att utföra konfigurationen.

Eftersom DALI kommunikationen kan göras över vanlig telefonkabel blir kostnaden för dataöverföringsmedium lågt.

5.5.9 Utbredning av användande

DALI är en global standard med användare över stora delar av världen.

5.5.10 Interoperabilitet

Interoperabilitet mellan DALI-enheter av olika tillverkare:

Interoperabiliteten mellan DALI-enheter skall säkras genom användandet av DALI-logotypen. För att få använda DALI-logotypen på en produkt måste dels företaget vara DALI-medlemmar samt genomföra ett test av produkten. Testet kan antingen genomföras på ett DALI auktoriserat testhus eller göras av företaget själva efter att de köpt testutrustningen. Testresultaten behöver i nuläget inte visas upp för att få tillåtelse att använda DALI-logotypen utan det räcker med att företaget själva godkänner produkten.

Interoperabilitet mellan DALI och andra kommunikationsstandarder:

Kommunikation mellan DALI och andra kommunikationsstandarder sker oftast då DALI används som subsystem till byggnadens huvudsystem. Det finns ett flertal enheter på marknaden för översättning av de vanligaste kommunikationsstandarderna för huvudsystem i byggnader till DALI. Den vanligaste lösningen är att en DALI-masterenhet har möjligheten att motta kommandon från andra kommunikationsstandarder.

5.6 M-BUS

5.6.1 Sammanfattning

M-bus är en kommunikationsstandard för avläsning av mätare. M-bus är utvecklad för att erbjuda en tillförlitlig dataöverföring till en låg kostnad.

M-bus kommunikationen sker enligt master-slave metoden, vanligtvis över två ledare (ofta vanliga telefonkablar) men kan också ske trådlöst med radiokommunikation.

I ett typiskt M-bus nätverk finns en masterenhet som läser av värdena i en eller flera slavenheters register. Slavenheterna är oftast någon typ av konsumtionsmätare som mäter konsumtionen av exempelvis el, vatten eller gas.

5.6.2 Bakgrund

M-bus utvecklades av Professor DR. Horst Ziegler i samarbete med Texas Instruments Deutschland för avläsning av förbrukningsmätare. M-bus är en Europeisk standard enligt EN 13757- 1 till 6.

5.6.3 Användningsområde

M-bus används för läsning av konsumtionsmätare exempelvis el-, vatten och gasmätare.

5.6.4 Protokollöversikt

Beskriven enligt OSI-modellen använder M-bus skikt 1 (det fysiska skiktet), 2 (datalänksskiktet), 3(nätverksskiktet)(valfritt) och 7(applikationsskiktet) medan skikt 4-6 är tomma. M-bus använder även ett Managementskikt som ligger utanför OSI-modellen. Detta skikt används för att ändra parametrar som adresser vilket inte är tillåtet i de högre skikten av OSI-modellen.

5.6.4.1 M-buss applikationsskikt

Applikationsskiktet tar hand om M-buss datastrukturer, datatyper och funktioner.

Applikationsskiktet använder sig av ett CI-fält som visar vilken typ av applikationsdata som skall skickas. CI-fältet talar även om vad som skall göras.

5.6.4.2 M-buss nätverksskikt

I M-buss nätverksskikt finns sekundära adresser till slavenheterna. Den sekundära adressen kan användas vid initiering av slavenheterna om flera enheter på nätet har samma primära adresser. Alla M-bus enheter har inte en sekundär adress och har där igenom inget nätverksskikt.

5.6.4.3 M-buss datalänkskikt

Adressering:

Varje slavenhet har en primär adress som kan vara från 1-250. När en M-bus- enhet levereras har den primäradressen 0, denna behöver ändras om fler enheter ska kunna kommunicera i nätverket.

Meddelandeuppbyggnad:

M-bus protokollet innehåller fyra typer av meddelande:

- **Singel character**
Består av en symbol och används för att bekräfta överföringar.
- **Short frame**
Består av en startsymbol, ett funktions- och kontrollfält, ett adressfält, en checksumma och en stoppsymbol.
- **Long frame**
Består av en startsymbol, ett längdfält, ett funktions- och kontrollfält, ett adressfält, ett CI-fält, 0-252 bytes av användardata, en checksumma och en stoppbit.
- **Control frame**
Är likt ett Long frame meddelande men utan användardata.

Single Character	Short Frame	Control Frame	Long Frame
E5h	Start 10h C Field A Field Check Sum Stop 16h	Start 68h L Field L Field = 3 Start 68h C Field A Field CI Field Check Sum Stop 16h	Start 68h L Field L Field Start 68h C Field A Field CI Field User Data (0-252 Byte) Check Sum Stop 16h

Figur 6 M-bus meddelande typer

Det finns fem olika funktioner som använder sig av de olika meddelandetyperna. Dessa funktioner är:

- Initiera kontakt med en slavenhet (**SND_NKE**)
Ett Short Frame meddelande
- Sända data till en slavenhet (**SND_UD**)
Ett Long/Control Frame meddelande
- Be om klass 2 data från en slavenhet (**REQ_UD2**)
Ett Short Frame meddelande
- Be om klass 1 data från en slavenhet (**REQ_UD1**)
Ett Short Frame meddelande
- Skicka data från en slavenhet till masterenheten efter önskemål (**RSP_UD**)
Ett Long/Control Frame meddelande

Vilken funktion som används anges i funktions- och kontrollfältet.

Nätverksåtkomst metoder:

M-bus kommunicerar enligt master-slave modellen, det kan bara finnas en masterenhet på varje nätverk.

5.6.4.4 M-buss fysiska skikt

M-bus kan kommunicera via trådburen- och trådlöskommunikation. Vid trådbundenkommunikation används två vanliga telefonkablar som kommunikationsmedium, slavenheterna kan även drivas från dessa.

5.6.5 Användarvänlighet

5.6.5.1 Installation

Kabeln som M-bus använder är en vanlig telefonkabel med två linor. M-bus har ett skydd mot felpolarisering vid inkoppling så kablarna kan kopplas in oberoende av polariseringen.

Konfigureringen av slavenheterna (mätarna) görs oftast med masterenheten i nätverket. Nya mätare skall ha primäradressen 0 när de levereras. Om fler än en mätare skall kunna användas måste primäradressen ändras, primäradressen kan vara 1-250. Om flera nya mätare ansluts samtidigt kan man inte använda adress 0 för att ändra adressen på mätarna, då måste mätarnas sekundäradress användas. Sekundäradressen är en unik adress som mätaren fått hos tillverkaren. Alla enheter har inte en sekundär adress, om enheterna saknar sekundäradress får de konfigureras en och en.

5.6.5.2 Dokumentation

Detaljerad information om M-bus finns i standard texterna EN 13757- 1 till 6. Hemsidan www.M-bus.com erbjuder grundläggande information om M-bus protokollets uppbyggnad samt en inköpsguide för M-bus enheter. På hemsidan uppdateras enbart inköpsguiden och informationen som finns på sidan är sådan som anses tidlös.

5.6.5.3 Utbyggbarhet och underhåll

I och med att det finns 251 olika primäradresser i M-bus protokollet är det teoretiskt möjligt att ha 251 slavenheter på ett nätverk. Det som oftast är den verkliga begränsningen i antal mätare på nätverket är hur många slavenheter masterenheten klarar av. Så länge inga begränsningar överskrids så kan man lägga till en slavenhet till nätverket utan att de andra slavenheterna påverkas.

5.6.6 Tillförlitlighet

Eftersom M-bus utvecklades för mätaravläsning som ofta används som grund för hur mycket en slutkund skall betala (exempelvis avläsning av en elmätare som ligger till grund för elräkningen), utvecklades M-bus med mycket fokus på att överföringen skulle vara tillförlitlig.

En kontrollsumma används för att kontrollera att inga överförings- eller synkroniseringsfel har skett.

M-bus har även metoder för felmeddelanden om ett fel sker på applikationsskiktets nivå.

5.6.7 Säkerhet

I M-bus protokollet finns ett signature field som kan användas för kryptering av datan som skall skickas. Det är möjligt att använda ett flertal olika krypteringsmetoder. Krypteringen är främst tänkt att användas vid trådlöskommunikation.

5.6.8 Ekonomi

Det krävs ingen licens eller avgift för att använda M-bus. Det krävs inte heller något officiellt konfigureringsverktyg för konfiguration.

M-bus använder vanliga telefonkablar som dataöverföringsmedium vilket gör att kabelkostnaderna blir låga.

5.6.9 Utbredning av användande

M-bus är en Europeisk standard och används främst i Europa.

5.6.10 Interoperabilitet

Interoperabilitet mellan M-bus-enheter av olika tillverkare:

Eftersom sekundäradresseringen i M-buss nätverksskikt är en frivillig del av standarden gör det att inte alla M-bus enheter har en sekundäradressering. Detta gör att en M-bus-masterenhet som kräver sekundäradressering för konfigurationen ej är interoperabel med en mätarenhet som saknar sekundäradressering.

Interoperabilitet mellan M-bus och andra kommunikationsstandarder:

Det är möjligt att med hjälp av en översättarenhet utföra kommunikation mellan en M-bus mätare och de flesta vanliga kommunikationsstandarderna. Det är vanligt att en M-bus-masterenhet också fungerar som översättarenhet och skickar vidare informationen från M-busmätarna via andra kommunikationsstandarder.

6 SAMMANSTÄLLNING AV KOMMUNIKATIONSSTANDARDERNA

Kommunikationsstandard	Lämpliga användningsområden	Möjliga överföringsmedium	Maxantal noder	Licenskostnader
Modbus	Kan användas till i stort sett all kommunikation i en fastighet	RS-485 med Modbus RTU samt Ethernet med Modbus TCP/IP	247 för Modbus RTU. Ej begränsat av protokollet för Modbus TCP/IP.	Inga licensavgifter för användande eller konfiguration
BACnet	Kan användas till i stort sett all kommunikation i en fastighet	Ethernet, ARCNET RS-485, LonTalk, ZigBee	Begränsas i praktiken ej av BACnet protokollet	Inga licensavgifter för användande eller konfiguration
KNX	Kan användas till i stort sett all kommunikation i en fastighet	Partvinnad kabel, Elnätkommunikation, Radiokommunikation, Ethernet	Begränsas i praktiken ej av KNX protokollet	Inga licensavgifter för användande men krävs licens för användande av det officiella konfigureringsverktyget
CAN	Används inom flera olika delsystem i fastigheter	CANs egna	Begränsas i praktiken ej av CAN protokollet	Inga licensavgifter för användande eller konfiguration
M-bus	Mätaravläsning	M-bus egna, Trådburen via två elektriska ledare eller trådlös via radiokommunikation	250 i ett nätverk	Inga licensavgifter för användande eller konfiguration
Dali	Belysningsstyrning	DALIS egna via två elektriska ledare	64 DALI enheter i ett nätverk. Flera nätverk kan kopplas samman vid behov av fler än 64.	Inga licensavgifter för användande eller konfiguration (men kan krävas specificerad konfigurationsutrustning)

7 SLUTSATS

I en fastighet finns flera system med mycket varierande krav och behov av kommunikation vilket gör att användandet av olika kommunikationsstandarder ofta är motiverat. Även om många av kommunikationsstandardernas användningsområden överlappar varandra finns det fördelar och specifika användningsområden för alla kommunikationsstandarder vilka behandlats i denna rapport.

Kraven på överföringshastighet är oftast inte speciellt höga inom fastighetsautomationen utan tillförlitlighet är betydligt viktigare. Detta gör att gamla beprövade kommunikationsstandarder fortfarande används i stor utsträckning. I vissa fall kan detta göra att gamla kommunikationsstandarder används i stället för nyare där nyare skulle varit smidigare att använda.

Genom användandet av de kommunikationsmetoder vilka används för internetkommunikation även inom fastighetsautomationen har fördelarna med att använda samma kommunikationsstandard till alla system i fastigheten minskats. Det är mycket vanligt att fastigheter i dag har ett Ethernetnätverk som "ryggradsnätverk" och eftersom de flesta kommunikationsstandarderna har någon form av lösning för att kommunicera via Ethernet går det att på ett relativt smidigt sätt centralt styra och övervaka flera system med olika kommunikationsstandarder samt att dela information från givare. Detta att kunna få en central övervakning av alla fastighetens system samt kunna använda samma sensor till flera system är annars det som varit de största fördelarna med att använda en enhetlig kommunikationsstandard i fastigheten. Många tillverkare erbjuder också ett webbgränssnitt där systemet kan styras och övervakas, webbgränssnittet kan ofta nås via byggnadens ryggradsnät eller via en internetuppkoppling.

Utvecklingen av bättre och billigare mikroprocessorer har gjort att många aktuatorenheter nu innehåller en hel del intelligens vilket har minskat behovet av separata styrenheter i ett fastighetsautomationsystem. Detta har gjort att sättet en kommunikationsstandard används på har förändrats. Tidigare användes en styrenhet vilken begärde information från givare och manöverenheter för att sedan skicka styrsignaler till aktuatorenheten. Nu kan det göras så att aktuatorenheterna "prenumererar" på den information de behöver och sedan själva fattar beslut. De större nyare kommunikationsstandarderna har funktioner för hur denna typ av kommunikation skall ske.

IT-säkerheten är i många fall inte en speciellt prioriterad fråga inom fastighetsautomationen. Det kan tyckas att det inte är speciellt farligt om någon skulle lyckas tända och släcka några lampor i byggnaden eller ändra några flöden i ventilationen. Men inom fastighetsautomation hanteras också många system som är betydligt känsligare för dataintrång exempelvis brandlarm, lås samt kylsystem till tekniska installationer vilka vid manipulation skulle kunna bli förstörda eller orsaka brand.

IT-säkerheten i fastigheter bygger till stor del på att nätverket skall vara fysiskt avskilt från obehöriga. Denna strategi försvåras av att det ofta önskas tillgång till fastighetens tekniska nätverk via internet för att det skall vara möjligt att övervaka och felsöka fastighetens system på distans. Detta hanteras på lite olika sätt med hjälp av brandväggar, VPN-anlutningar samt andra metoder föra att begränsa åtkomsten. Kommunikationsstandardernas strävan efter att vara öppna, lätthanvända och interoperabla gör att IT-säkerheten i många fall blir bortprioriterade.

8 REFERENSER

- Modbus.org. (2012) MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b3. *Modbus.org*. http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf (2015-10-8)
- Modbus.org. (2006) MODBUS over Serial Line Specification and Implementation Guide V1.02. *Modbus.org*. http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf (2015-10-8)
- Modbus.org. (2006) MODBUS MESSAGING ON TCP/IP IMPLEMENTATION GUIDE V1.0b. *Modbus.org*. http://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf (2015-10-8)
- BACnetinternational. (2014) Introduction to BACnet. *bacnetinternational.org*. <http://www.bacnetinternational.org/files/BACnet%20Introduction%20-%20V3-1.pdf> (2015-10-8)
- Kvaser.(2014) CAN Protocol Tutorial. *kvaser.com*. <http://www.kvaser.com/can-protocol-tutorial/> (2015-10-14)
- KNX Association. (2013) Serial Data Transmission and KNX Protocol. *Knx.org*. http://www.knx.org/fileadmin/template/documents/downloads_support_menu/KNX_tutor_seminar_page/tutor_documentation/05_Serial%20Data%20Transmission_E0808f.pdf (2015-10-14)
- Philips. (2015) An Introduktion to DALI. *Lighting Philips*. http://www.lighting.philips.com/main/subsites/dynalite/library_support/technical_support/useful_information/dali_introduction.wpd (2015-10-16)
- M-bus.com (1997) The M-Bus: A Documentation. *M-bus.com*. <http://www.m-bus.com/files/MBDOC48.PDF> (2015-10-22)
- KNX Association. (2015) KNX Security. *Knx.org*. https://www.knx.org/media/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Security-Position-Paper/KNX-Security-Position-Paper_en.pdf (2015-11-12)