

# **En utredning av kategori 6 (Cat6) kabelstandarden och dess praktiska applikationer**

Janne Raitanen

Examensarbete  
Informations- och mediateknik  
2013

<b>Examensarbete</b>	
<b>Arcada</b>	
<b>Utbildningsprogram:</b>	Informations- och mediateknik
<b>Identifikationsnummer:</b>	
Författare:	Janne Raitanen
Arbetets namn:	En utredning av kategori 6 (Cat6) kabelstandarden och dess praktiska applikationer
Handledare	Jonny Karlsson
Uppdragsgivare	-
<p><b>Sammandrag:</b></p> <p>Lokalnät blir allt vanligare i såväl hemmen som i publika utrymmen. Detta examensarbete undersöker hurdana tekniker och signaler man kan utnyttja kategori 6 (Cat6) nätverk till. Studien koncentrerar sig på planering och användning av Cat6 kopparkabel, kabeln som i dagens läge är den mest använda för nya installationer av nät. Studien tar inte bara ställning till IP-baserad dataöverföring utan också andra tekniker som t.ex. Digital MultipleX, High-Definition Multimedia Interface och olika analoga tillämpningar undersöks.</p> <p>Den praktiska delen består av planering och förverkligande av ett lokalnät uppbyggt med Cat6-kablar samt olika experiment med olika signaler som sänds över kopparkabel.</p> <p>Målsättningen med arbetet är att ge en överblick över olika standarder för nätverkskablar samt ge en förståelse för de möjligheter som finns och vad allt man kan använda ett Cat6 nätverk till.</p>	
Nyckelord:	Cat6, Nätverk, Ethernet
Sidantal:	43
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

<b>DEGREE THESIS</b>	
<b>Arcada</b>	
Degree Programme:	Information Technology
Identification number:	
Author:	Janne Raitanen
Title:	A study of the category 6 (Cat6) cable standard and it's practical applications
Supervisor:	Jonny Karlsson
Commissioned by:	
<p><b>Abstract:</b></p> <p>Local area networks (LAN) are becoming more and more a part of everyday life as they are integrated in both homes as well as public buildings. This thesis studies what kinds of technologies and signals can be utilized in LAN with focus on usage of Category 6 (Cat6) twisted pair cables. Cat6 standardized cables are used in the majority of new installations today. This thesis is not only limited to IP-based communications but also other technics such as Digital MultipleX, High-Definition Multimedia Interface and different analogue applications.</p> <p>The practical part consists of planning and building a small LAN and experiments by using twisted pair cable to send different signals.</p> <p>The goal of the thesis is to provide an overview of network cable standards and provide an understanding of how flexible Cat6 networks can be utilized.</p>	
Keywords:	Cat6, Networks, Ethernet
Number of pages:	43
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Nätverkskablar och kontakter.....</b>	<b>11</b>
2.1	Kategåri 3.....	11
2.2	Kategåri 5 och 5e.....	11
2.3	Kategåri 6 och 6a.....	12
2.4	Kategåri 7.....	12
2.5	Kategåri 8.....	13
2.6	RJ45 (8P8C) .....	14
2.7	Tera kontakt.....	15
2.8	GG45 kontakt.....	15
2.9	Andra kontakter.....	16
<b>3</b>	<b>Nät för hemmet.....</b>	<b>17</b>
3.1	Internet.....	17
3.2	Trådlöst.....	17
3.3	Att utnyttja Cat6-nätverk till icke-Internet-relaterad signalöverföring.....	18
3.3.1	<i>Högtalare</i> .....	18
3.3.2	<i>Multimedia</i> .....	19
3.3.3	<i>Telefon</i> .....	19
3.3.4	<i>Television</i> .....	19
<b>4</b>	<b>Nät för offentliga fastigheter.....</b>	<b>20</b>
4.1	Ljud.....	20
4.2	Ljus.....	20
4.3	Brandlarm.....	22
4.4	Kamera.....	22
4.5	Interkom.....	22
<b>5</b>	<b>Planering.....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Reglement och bestämmelser om planering av nätverk.....</b>	<b>25</b>
6.1	Kommunikationsverket.....	25
6.2	Specificationer av TIE/EIA om fast installerade kopparparkabel nät.....	26
6.2.1	<i>Planering av kablage</i> .....	26
6.2.2	<i>Krav för installation</i> .....	27
6.2.2.1	<i>Rum för nätverksutrustning</i> .....	27
6.2.2.2	<i>Specifikationer på installation av kablage</i> .....	27

<b>7</b>	<b>Cat6-nät i praktiken samt utprovning av olika tillämpningar.....</b>	<b>28</b>
7.1	Mitt nät.....	28
7.1.1	Huvudcentralen.....	28
7.1.2	Källarvåningen.....	29
7.1.3	Första våningen.....	29
7.1.4	Andra våningen.....	30
7.1.5	Tillämpningar.....	31
7.1.5.1	ADSL.....	31
7.1.5.2	Internet / intranet.....	31
7.1.5.4	Mediator.....	32
7.1.5.5	Temporära lösningar.....	32
7.2	Cat6 tillämpningar vid Svenska Teatern i Helsingfors.....	34
7.2.1	Ljusteknik.....	34
7.2.1.1	MA-Net.....	35
7.2.1.2	Video.....	36
7.2.2	Ljudteknik.....	36
7.2.2.1	TCP/IP baserad ljudteknik.....	36
7.2.2.2	Skräddarsydda protokoll.....	37
7.2.2.3	Icke standardiserade lösningar.....	37
7.2.3	Sceneteknik.....	38
7.2.3.1	Synkronisering med ljud.....	38
7.2.3.2	Säkerhet inom scenemekanik.....	38
<b>8</b>	<b>Slutsatser.....</b>	<b>39</b>
	<b>Källor.....</b>	<b>40</b>

## Förkortningar

ADLS	Asymmetric Digital Subscriber Line
AES	Audio Engineering Society
DMX	Digital MultipleX
EBU	European Broadcasting Union
EIA	Electronic Industries Association
fps	Frames per second
Gbit/s	Gigabit per sekund
GPIO	General-purpose input/output
HD	High Definition
HDMI	High-Definition Multimedia Interface
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
MADI	Multichannel Audio Digital Interface
MHz	Megahertz
Mbit/s	Megabit per sekund
TCP	Transmission Control Protocol
TIA	Telecommunications Industry Association
VGA	Video Graphics Array
WAN	Wide Area Network
WLAN	Wireless Local Area Network

## **Förord**

Jag vill tacka min handledare Jonny Karlsson för all den hjälp jag fått under processen. Samtliga personer som jobbar med ljus- ljud- och scenteknik har varit till en stor hjälp då jag jobbat och undersökt nätet på Svenska Teatern i Helsingfors.

Tack också alla ni som stött mig under min studietid på Arcada, så i studierna som också utanför.

Vanda 18.11.2013  
Janne Raitanen

## Figurer

Figur 1. RJ45 kontakt, T568A / T568B .....	14
Figur 2. Tera kontakt (Krock Hanne).....	15
Figur 3. GG45 kontakt (Berte Philipe).....	15
Figur 4. RCA till RJ45 adapter (ep.yimg.com).....	18
Figur 5. Parallell uplink.....	24
Figur 6. Diagram över Cat6-linjerna i husnätet.....	30
Figur 7. Kopplingsdiagram av husnätet.....	33

## Tabeller

Tabell 1 Tabell på kablarnas egenskaper.....	13
Tabell 2 Kopplingsschema T568A/T568B.....	14



# 1 Introduktion

Kategori 6 eller Cat 6 är en standard för en lindad kopparkabel med fyra stycken par (TIA-EIA-568-B.2, 2001). Cat6 används i dagens läge i huvudsak för lokala nätverk med överföringshastigheter på 100Mbps och 1Gbps som använder sig av IP-baserade protokoll (IEEE 802.3). Kabeln behandlas noggrannare i kapitel två.

I detta examensarbete undersöker jag hurdana nätverk man kan förverkliga med och för vilka ändamål man kan utnyttja Cat6-kablar. Studien begränsas inte bara till digital dataöverföring utan olika tillämpningar för kabeln inom analog signalförsörjning studeras också. Det klargörs också varför Cat6 föredras istället för alternativa lösningar som optiska fiber eller trådlös kommunikation.

I både hemmen och i offentliga byggnader har man i dagens läge olika apparater som använder sig av kopparkablage över kortare och längre sträckor. Examensarbetet undersöker vilka av dessa dedikerade kablar som kan ersättas med Cat6-kabel och var det är förnuftigt och kostnadseffektivt. För att undersöka till vilka olika tillämpningar man kan utnyttja Cat6-nät har jag intervjuat personer som i sitt yrke jobbat med olika intressanta Cat6-lösningar. Jag har även utfört olika experiment i ett mindre lokalnät jag byggt upp hemma. Arbetet beskriver också hur man bör planera ett nät för att nå en smidig användning. Till slut utreds vad det finns för krav, restriktioner och rekommendationer angående fysisk installation av nät. Dessa krav och rekommendationer kommer delvis från Telecommunications Industry Association samt Electronic Industries Association och i Finland delvis från kommunikationsverket. (ANSI-TIA-EIA, 2004 . Kommunikationsverket, 2013)

Examensarbetet är strukturerat enligt följande: I kapitel två ges en översikt över olika Ethernet kabelstandarder och kontakter. Kapitlet framför förutom Cat6 också äldre och kommande standarder. Kapitel tre och fyra fokuserar på hurdana tjänster och signaler man kan använda över ett Cat6 nät. Kapitel tre kommer att fokusera på hemmabruk medan kapitel fyra tar upp olika tillämpningar i publika utrymmen som t.ex. restauranger och nattklubbar. Kapitlen fem och sex koncentrerar sig på planering och

installation. I kapitel fem behandlas planering av ett nätverk dvs. hur man bör planera kopplingspunkter, linjer och centraler. Kapitel sex handlar om de krav kommunikationsverket i Finland har över planering och förnyelse av datanät samt vad som krävs vid nybygge. Kapitlet behandlar också internationella standarder över planering av nät. Studien avslutas med kapitel sju som behandlar installation och experiment i ett nät jag planerat och förverkligat samt intervjuer av personer som använt ett större Cat6-nät för signalöverföring med diverse olika tekniker på min föredetta arbetsplats Svenska Teatern i Helsingfors.

## **2 Nätverkskablar och kontakter**

### **2.1 Kategori 3**

Kategori (Cat3) kabeln är en kabeltyp med en bandbredd på 16MHz. Den användes i början av 1990-talet för dataöverföring i t.ex. 10BASE-T (lokalt nät med en maximal överföringshastighet på 10Mbps) (TIA-EIA-568-B.2, 2001). Cat3-kabel används ännu för telefoner och för att koppla ADSL-modem till Internet. (TIA-EIA-568-B.2, 2001)

### **2.2 Kategori 5 och 5e**

Kategori 5 (Cat5) kabeln finns definierad i ANSI/TIA/EIA-568-A dokumentet. Kabeln består av fyra lindade par kopparledningar. Varje par av ledningar är lindade med specifika varv och alla par har olika antal varv. Kabeln skall klara av frekvenser på upp till 100MHz. (ANSI/TIA/EIA-568-A, 2001)

Kategori 5e är en vidareutvecklad standard av Cat5, där man lagt mera värde på att minska överhörning. Överhörning är ett fenomen där en skickad signal förorsakar störningar i en invidliggande ledare. Överhörning uppstår på grund av att det uppstår magnetfält runt ledaren i kabeln och magnetfältet påverkar de närliggande ledarna. Överhörning resulterar i att man får en störning i signalen. Den maximala längden på en Cat5/Cat5e kabel är per definition 100m, om maxlängden överskrids bör en aktiv förstärkare användas. Cat5/Cat5e stöder dataöverföring upp till 1Gbit/s. (TIA-EIA-568-B.2, 2001)

## 2.3 Kategori 6 och 6a

Kategori 6 (Cat6) kabeln är bakåtkompatibel med Cat5 och Cat3. Skillnaden mellan Cat6 och Cat5 är att Cat6 har bättre motstånd mot överhörning och brus. Cat6 kabeln skall klara av frekvenser upp till 250 MHz och har en maximal längd på 100m då man använder 10Mbps, 100 Mbps eller 1Gbps överföringshastigheter. Då man använder kabeln till 10Gbps överföringshastighet har kabeln en maximal längd på 55m om omgivningen inte har mycket yttre överhörning. I omgivningar med mycket yttre överhörning är maximala längden 37m. Kabellängderna är specificerade i standarddokumentet TIA-EIA-568-B.2. (TIA-EIA-568-B.2, 2001)

Yttre överhörning är ett fenomen där signalen från en kabel stör signalen i en annan kabel. Mycket yttre överhörning förekommer då man har flere kablar ihopknippade. Ledarna i kablarna genererar magnetfält som resulterar i yttre överhörning i de omkringliggande kablarna. Yttre överhörning kan också förekomma mellan kablarnas kontakter. (simeon.com, 2013)

Cat6a är en nyare version av Cat6 specificerad 2008. Cat6a har bättre skydd mot yttre överhörning och bör klara frekvenser på 500MHz. (TIA-EIA-568-B.2, 2001)

## 2.4 Kategori 7

Kategori 7 (Cat7) kabeln har en bandbredd på 600MHz och Cat7a 1000MHz. Cat7 består som Cat5 & 6 av lindade par. I Cat7 är till skillnad från Cat6 varje par skyddat med folie, vilket resulterar i att man uppnår ett bättre skydd mot överhörning inom kabeln paren emellan och därmed kan Cat7 användas för dataöverföring med hastigheten 10Gbps över en sträcka upp till 100m. Med Cat7 kabeln kan man använda antingen GG45 kontakter som är 8P8C (RJ45) kompatibla eller TERA kontakter. Dessa kontakter behandlas senare i kapitlet. (ISO/IEC 11801, 2002)

## 2.5 Kategori 8

Kategori 8 (Cat8) kabeln är inte ännu standardiserad men enligt den information som TIA och IEEE har gett ut så kommer bandbredden troligtvis att vara 2GHz. Kabeln kommer att motsvara specifikationerna på 40GBase-T. Den kommer att ha en maximal längd på 20m och är riktad för användning i datacentraler. Cat8 kabeln kommer att använda sig av RJ45 kontakten så den kommer också att vara bakåt kompatibel med de tidigare standarderna. (Johnson, 2013)

Ett sammandrag över kablarnas egenskaper framgår ur Tabell 1

Tabell 1, kablarnas egenskaper

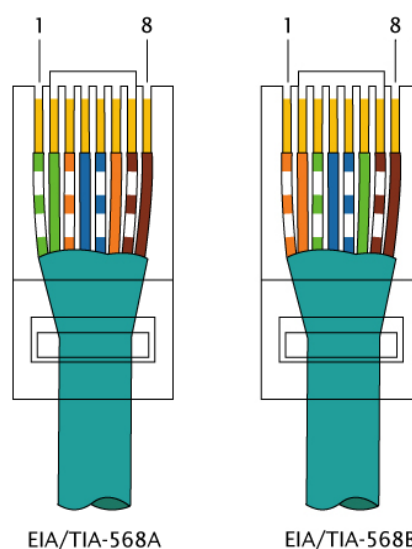
Kategori	Dataöverföring	Bandbredd MHz	Max kabellängd
Cat-3	10 Mbps	16	100m
Cat-5	100 Mbps	100	100m
Cat-5a	1 Gbps	100	100m
Cat-6	1 Gbps	250	100m
Cat-6a	1 Gbps *(10 Gbps)	500	100m *(55m för 10Gbps)
Cat-7	10 Gbps	600	100m
Cat-7a	10 Gbps	1000	100m
Cat-8	40 Gbps	2 000	30m

## 2.6 RJ45 (8P8C)

Den mest använda kontakten på Cat5/6 kablar är den modulära 8P8C kontakten, också kallad för RJ45. Kontakten kan kopplas på två olika sätt, enligt T568A eller T568B standarden. Skillnaden mellan standarderna är paren två och tre är omvända. För att få en vanlig rak kabel bör båda ändorna vara kopplade enligt samma standard. Om ändorna inte är kopplade på samma sätt så får man oönskad överhörning. Om man vill göra en såkallad korskopplad kabel t.ex. mellan två datorer utan en switch mellan dem så skapar man en kabel med ena ändan enligt ena standarden och andra ändan enligt den andra, se figur 1 och tabell 2 nedan. (TIA-EIA 568-B.2, 2001)

Tabell2, Tabell över kontaktens koppling

Kontakt	T568A	T568B
1	Vit/grön rand	<b>Vit/orange rand</b>
2	Grön	<b>Orange</b>
3	Vit/orange rand	<b>Vit/grön rand</b>
4	Blå	Blå
5	Vit/blå rand	Vit/blå rand
6	Orange	<b>Grön</b>
7	Vit/brun rand	Vit/brun rand
8	Brun	Brun



Figur 1, T568A / T568B Koppling

## 2.7 Tera-kontakt

Tera-kontakten är utvecklad av Simeon Company och standardiserades av IEC år 2003 i standard 61076-3-104. År 2006 förnyades standarden för kontakten för att stöda 1000MHz bandbredd. Kontakten används för skyddade Cat7 kablar. Kontakten är inte kompatibel med RJ45 (8P8C) kontakten. (IEC, 2006). I figur 2 visas en Tera-kontakt.



Figur 2, Tera-kontakt (Krock Hanne, 2006)

## 2.8 GG45-Kontakt

GG45-kontakten standardiserades år 2002 av IEC i IEC 60603-7-7. I och med ISO 11801 standardiserades kontakten världsomfattande för bruk med Cat7 nät. GG står för GigaGate och 45 för att påminna om att kontakten är kompatibel med RJ45 kontakten. Kontakten skiljer sig från RJ45 kontakten genom att den har ledare i hörnen av kontakten. Om en RJ45 hane kopplas i en GG45 hona används de normala ledarna enligt 8P8C specifikationen. Däremot om en GG45 hane kopplas i en GG45 hona används ledarna i hörnen. I figur 3 visas en RJ45 hane samt en GG45 hona och –hane.

Genom att placera ledarna i hörnen av kontakten förekommer mindre överhörning vilket resulterar i en bättre signal. (ISO/IEC 11801, 2002)



Figur 3, GG45 kontakt (Berte Philipe, 2007)

## 2.9 Andra kontakter

Cat-kablar av olika standarder kan använda sig av andra kontakter än de ovannämnda. I praktiken kan man använda vilken som helst kontakt men signalöverföringen begränsas då antingen av kontaktens eller kabelns prestanda, det är den lägre som utgör den maximala prestandan.



## **3 Lokalnät för hemmet**

I ett egnahemshus kan man tänka sig att man behöver ett lokalnät bara för att koppla ihop en dator med Internet. I dagens hem har man ändå flera datorer så ett litet nät behövs redan för dataöverföring så att alla datorer kommer till Internet. Förutom datorer har många en pekplatta eller smarttelefon som också använder sig av nätkontakt, dock en trådlös sådan.

### **3.1 Internet**

Förutom PC-datorer är numera många andra apparater i hemmet uppkopplade till Internet, såsom smarta televisioner, digiboxar och spelkonsoler.

De flesta moderna nätanslutbara apparater man har hemma kan uppkopplas trådlöst till Internet. Ett trådlöst nät har dock inte obegränsat med bandbredd. Tjänster såsom videostreaming och filöverföring belastar ett trådlöst nätverk betydligt mycket mer än t.ex. Internet-surfande. För att minska på trafiken i det trådlösa nätet bör man koppla möjligast många apparater med hög belastning till det trådbaserade nätet.

### **3.2 Trådlöst**

För användning av bärbara datorer, pekplattor, telefoner mm. är det nyttigt att ha ett trådlöst nät parallellt med det fasta kopparnätet. Belastningen på det trådlösa nätet förblir relativt litet om man i huvudsak använder det till Internet-surfande och annan tidsmässigt kortvarig kommunikation. Då man laddar webbsidor eller läser e-post formas tidsmässigt kortvarig trafik och flere samtidiga användare skickar förfrågningar sannolikt olika tider så totalbelastningen blir relativt liten.

Ett välplanerat kopparnät möjliggör att man kan placera basstationer på strategiska ställen så att man får en jämn täckning. Med trådlösa nät bör man komma ihåg att om det på samma område finns andra trådlösa nät på samma frekvensband så kommer överföringshastigheten att sjunka. Detta är ett problem i stadsförhållanden.

### 3.3 Att utnyttja Cat6-nätverk till icke-Internet-relaterad signalöverföring

Med ett välplanerat hemmanät kan man överföra otaliga andra signaler och protokoll än bara TCP/IP. Teoretiskt kan man överföra vilken som helst analog eller digital signal genom ett Cat-nätverk. För hemmabruk kan man använda nätverket för att slippa installera en massa dedikerade kablar som man traditionellt gjort.

#### 3.3.1 Högtalare

I vardagsrummet kan man t.ex. koppla ett Dolby surround högtalarsystem så att bakhögtalarna kopplas från förstärkaren till Cat-nätet och sedan kopplar man kablarna via kopplingspanelerna så att deras andra ända finns vid ett vägguttag i rummets andra ända. Exempelvis linjenivåljud till aktiva högtalare går att sända över korta sträckor utan att ljudkvaliteten försämras märkbart. För detta behövs dock en RCA till RJ45 adapter eller dylikt i båda ändorna. Figur 1 visar en RCA till RJ45 adapter.



Figur 4, RCA till RJ45 adapter (<http://ep.yimg.com>, 2013)

### **3.3.2 Multimedia**

För att koppla en videoprojektor till sin Blu-ray-spelare kan man också använda Cat-nätet. Cat6a-kabelns bandbredd är enligt specifikationen 500MHz så den kan utan problem överföra High-Definition Multimedia Interface (HDMI) 1.4 som har en maximal bandbredd på 340MHz. Resolutionen för HDMI 1.4 är 3840\*2160p 30fps. Detta gäller för video med ljud. (hdmi.org, 2013) Man kan alltså också koppla fast en Blu-ray-spelare i ett rum och överföra hela signalen med bild och ljud till en TV till ett annat rum.

### **3.3.3 Telefonter**

På grund av att Cat-standarderna är bakåtkompatibla kan man via ett Cat6 nätverk transportera en standard telefonsignal till en trådtelefon. I dagens värld finns det inte ett så stort behov av trådtelefoner längre men utanför storstäderna finns det ett behov för Internet-anslutning via telefonnätet, t.ex. ADSL. Man kan koppla in telefonsignalen till Cat-nätet och på så vis koppla sitt ADSL-modem till telefonnätet via Cat-nätet i ett rum som inte har en telefonkontakt men har Cat-nätverks kontakt. Idén med detta är att man kan placera modemmet på ett centralare ställe i lägenheten. Moderna ADSL-modemet kommer ofta med inbyggd trådlös basstation och genom att flytta modemmet kan man få bättre täckning för det trådlösa nätet.

### **3.3.4 Televisioner**

Om man i något skede märker att man inte har ett antennuttag någonstans i lägenheten där man vill ha en TV eller radio kan man koppla antensignalen via Cat nätet. Ett Cat-nätverksuttag kopplas med en koaxial till RJ45 adapter till en antennkontakt i ett rum som har båda kontakterna. Sedan kopplar man i en kopplingspanel den nätverkskontakt man kopplat till antennnätet till en nätverkskontakt i det rum man vill ha televisionen eller radion i. Till slut kopplar man televisionens eller radions anteningång med en koaxial till RJ45 adapter till nätverkskontakten. På detta sätt får man antensignal från antennnätet fast man inte har en antenkontakt i rummet. (Denna koppling har utprovats i ett lokalnät för ett egnahemshus som beskrivs i kapitel 7.1)

## 4 Lokalnät för offentliga fastigheter

När det gäller ett lokalnät i en offentlig fastighet, som t.ex. restaurang eller nattklubb, finns det enorm potential för användning av Cat6-nät för olika typer av signalöverföring. Nedan några exempel.

### 4.1 Ljud

I en nattklubb har man flere högtalare som samtidigt spelar samma musik. Under byggnads- eller renoveringsskedet kan man planera högtalarnas placering till en viss mån men efter att fastigheten har blivit inredd kan det framkomma akustiska problem. Om man installerat tillräckligt med Cat-kablar och elkontakter kan man koppla in en linjenivå- eller digitalljusignal över Cat-nätverket som man sedan spelar upp med aktiva högtalare. Samma kan man göra om man senare vill ha en annan sorts musik i en annan del av lokalen, då kopplar man om kablar som går till dessa delar av lokalen till en annan/ett annat förstärkare/mixerbord.

Naturligtvis kan man koppla om systemet så att om man har en artist på besök som uppträder t.ex. på dansgolvet så kan man göra en tillfällig koppling där man kopplar artisternas instrument, mikrofoner etc. via nätet till mixerbordet och därifrån ut till högtalarna. När artisterna har spelat färdigt och man vill använda dansgolvet för dans ersätter man den tillfälliga kopplingen med den vanliga. En kunnig tekniker återställer systemet snabbare än artisterna städar undan sina instrument.

### 4.2 Ljus

Cat-kablarna är inte enbart lämpliga för ljud. Man kan också överföra styrsignalerna för ljusen. Man kan inte koppla t.ex. en Shuko-kontakt i ena ändan på en Cat kabel och en glödlampa i andra ändan och kontrollera ljus på det sättet (strömmen blir för hög för kabeln och den brinner av).

Ljus kan däremot styras via Cat-kabel så om man har lampor med fjärrstyrning eller fjärrstyrda dimrar så kan man koppla styrsignalen via Cat-nätet till styrapparaturen. Traditionellt har detta gjorts med en fempolig XLR kabel (X series with Latch in a

resilient rubber)( Ray A. Rayburn) och Digital MultipleX (DMX) protokollet. DMX behandlas djupare i kapitel 7.2.1.1

För att styra en halogenbaserad lampa som kan byta färg, form, intensitet och position bör man vanligtvis ha förutom DMX-styrning också ett dimbart eluttag. Om man inte har dimbara uttag så kan man ändå kontrollera ljus om man har stälkastare som använder sig av urladdningslampor eller LED-lampor. LED-strålkastarna har praktiskt taget alltid en intern dimmer och urladdningsstrålkastarna har alltid lampan på och ljusintensiteten kontrolleras med hjälp av en slutare.

Då man använder Cat-nätet för att koppla ljusen till DMX kan man fritt installera sin ljusapparat utan att dra XLR-5-kablar långa vägar. Det räcker att dra en kabel med adapter från Cat-uttaget till den apparatur man vill styra. Fördelen med att redan i byggskedet dra Cat-kablar istället för XLR-3 och XLR-5 kablar är att Cat kabeln är betydligt billigare och att man vid behov kan ta och koppla om en Cat-kabel så att den inte är kopplad till en högtalare utan ett ljus.

Med DMX kontrolleras också ofta apparater som rökmaskiner och laserprojektorer. Platsen där dessa apparater installeras är kritisk. Rökmaskinerna är kritiska över sin placering ty rökens spridning påverkas av luftdrag i lokalen. Ofta måste man ändra på rökmaskinernas placering beroende på årstid för ventilationen i lokalen ändras och röken dras åt olika håll.

Strålsäkerhetscentralen har mycket strikta regler när det gäller laserprojektorer. Laserprojektorn måste vara på ett ställe dit publiken inte kan komma. I en uppvisning där man har en tekniker på plats och bevakar laserprojektorn får laserstrålarna inte komma närmare än tre meter i höjdläge och 2.5 meter i sidoläge från platser där publiken kan infinna sig. (Strålsäkerhetscentralen, 2007, Ohje ST 9.4)

### **4.3 Brandalarm**

Cat6-nät kan användas även till mycket annat än nöje. Brandalarm kan kopplas till centralen av ett brandalarmsystem. I centralen registreras sedan vilket larm som avfyrats och brandkåren kan snabbt utreda om det brinner eller inte. Då man får ett brandlarm är det vanligt i publika utrymmen att man har ett inbandat meddelande som spelas upp. Meddelandet ger information till dem som infinner sig i byggnaden om hur de skall bära sig åt och vart de skall gå och därför är det viktigt att meddelandet når hela byggnaden. I detta fall underlättar Cat-nätet placering och eventuella utvidgningar av systemets högtalare.

### **4.4 Kamera**

Över ett Cat nät kan man koppla övervakningskameror. Man kan använda sig av moderna IP baserade kameror med ström över Ethernet eller traditionella koaxialkameror som man kopplar till nätet med en adapter. Fördelen med IP-kameror som tar sin ström över Ethernet är att de kan växlas och i och med att detta så behöver de inte skild strömförsörjning.

### **4.5 Interkom**

För att personalen skall kunna kommunicera med varandra är det möjligt att bygga upp ett interkom nät. Exempelvis har Riedel olika system som baserar sig på att man har ett dedikerat Cat-nät med basstationer, trådslutna paneler och trådlösa bärbara sändare/mottagare. Ljudsignalerna skickas digitalt över systemet och distribueras till mottagarna. Systemet möjliggör att man kan ha flere olika kanaler för t.ex. olika avdelningar. Riedels system använder sig av AES/EBU, ett protokoll för digitalt ljud över Ethernet. (riedel.net, 2013)

## 5. Planering av Cat-nät

I planeringen av ett Cat nät bör man börja med att reda ut var man vill ha sin huvudcentral. I denna central kommer den mesta hårdvaran att läggas så att man på ett och samma ställe sedan kan göra underhållsarbete och uppdatering av den fysiska apparaturen. Lägenhetens kopplingspaneler bör också ha direkta rutter till huvudcentralen så att man kan koppla ihop olika kopplingspaneler med varandra direkt i huvudcentralen och på detta vis få en lätthanterlig koppling utan flere hopp.

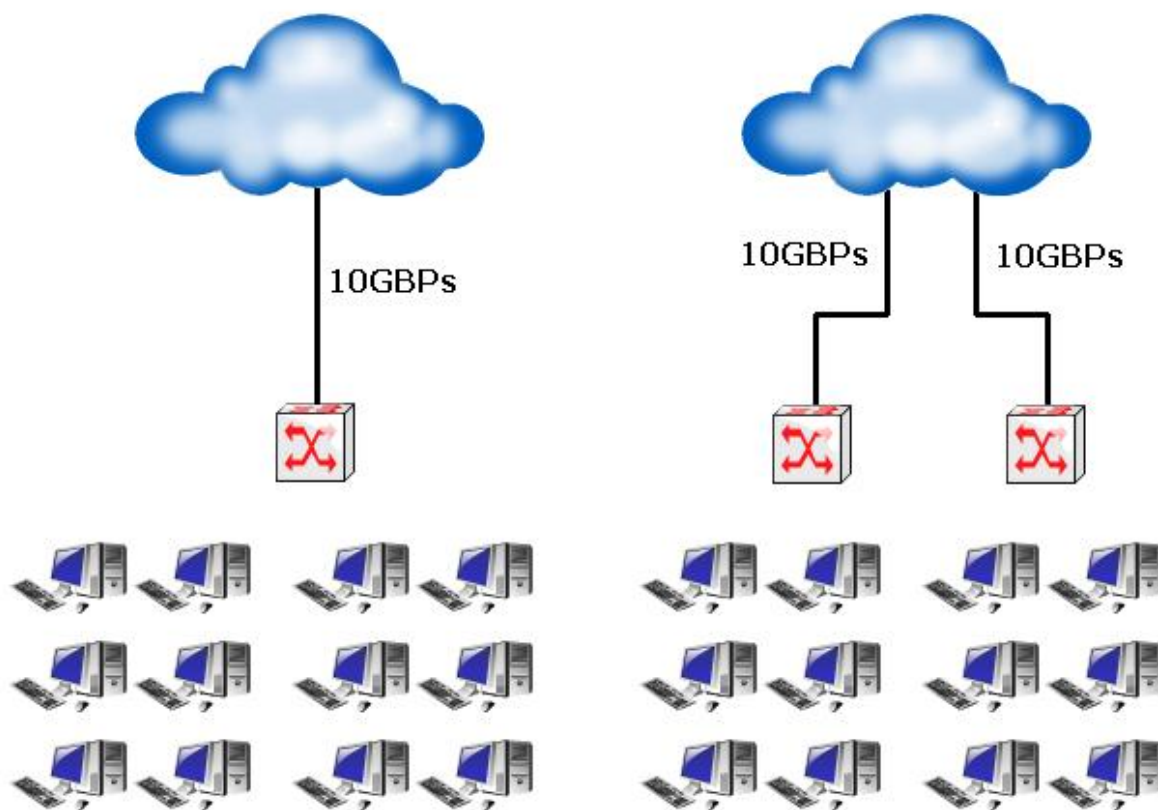
Förutom att ha direkta linjer från kopplingspanel till huvudcentral så kan det vara nyttigt att ha direkta linjer från en kopplingspanel till en annan. Dessa linjer är nyttiga om man överför annat än IP-baserad trafik för då kan man koppla signalen från sin källa till sin destination över en kortare sträcka då man inte behöver koppla signalen via huvudcentralen. Detta resulterar i en bättre signalkvalitet speciellt om man skickar analoga signaler. Den IP-baserade trafiken bör kopplas med så få hopp som möjligt till huvudcentralens switch och hanteras där.

Praktiskt taget betyder detta att man kopplar alla datorer, printrar och annan apparatur som använder IP-baserad trafik från var sitt vägguttag till huvudcentralen via en kopplingspanel. All annan trafik som inte är IP-baserad och som inte kan växlas kopplas från sin källa till ett vägguttag, därifrån till en kopplingspanel och vidare till ett vägguttag varifrån man tar ut signalen till destinationsapparaturen. Den IP-baserade trafiken går alltså fysiskt i andra kablar än den icke-IP baserade trafiken så de påverkar inte varandras nätbelastning.

Om man redan i planerigsskedet vet att man kommer att ha flere datorer bakom en switch och att datorerna kommer att belasta nätet samtidigt är det motiverat att planera flere kablar till det ställe där switchen kommer att ha sin uplink.

Hastighetsbegränsningen med nuvarande Cat nätverk är 10GBPs. Detta betyder att om man har över tio datorer i en switch som är kopplad till ett annat nät kommer alla datorer inte samtidigt att kunna kommunicera med det andra nätet med 1Gbps för uplinken från switchen blir en flaskhals. För att undvika detta kan man koppla flere switchar eller switchar med flere uplinkar med parallella kablar till det andra nätet, se figur 5. Om man önskar högre överföringshastighet än 10Gbps per linje måste man

använda sig av optisk fiber.



*Figur 5, parallell uplink.*



## **6. Reglemente och bestämmelser om planering av nätverk**

När man planerar ett Cat-nät bör man ta iakt de olika bestämmelser och standarder som finns. Om nätet är planerat enligt dessa så är installation, service och problemdiagnostisering lättare.

### **6.1 Kommunikationsverket i Finland**

Kommunikationsverket i Finland har 12.7.2013 godkänt Föreskrift 65 om inomhusnäten i en fastighet och teleentreprenader. Föreskrift 65 träder ikraft 1.1.2014 och specificerar hur interna nät skall byggas både i samband med nybygge och renovering, både i publika och privata fastigheter. Dokumentet specificerar förutom datanät också telefon, TV- och radionät. (Kommunikationsverket, 2013)

Kommunikationsverket har skrivit Föreskrift 65 på grund av att det inte tidigare funnits en tydlig föreskrift över hur inomhusnät skall planeras och byggas.

Kommunikationsverket har upptäckt olika problem angående bland annat installation av inomhusnät och därför publicerat en ny föreskrift angående ämnet.

Föreskriften förpliktar ägaren till det interna nätet, fastighetens byggare, telemontören och den som planerar nätet. Detta betyder alltså att alla som kan i något skede av nätets livscykel ändra något i nätet bör följa de specifikationer som föreskriften ger.

I varje fastighet bör man installera en huscentral och tillräckligt med undercentraler så att kraven uppfylls angående t.ex. maximala kabellängder. Man bör planera och installera ett tillräckligt antal våningscentraler i kommersiella- och publika fastigheter samt lägenheter. I varje bostad bör en hemcentral installeras. Om det i en bostadsfastighet finns också kommersiella lägenheter bör också dessa ha en egen hemcentral.

Vid installation av kablage i bostadsfastigheter finns det vissa specialkrav. Installationen av kablar från huscentralen till hemcentralen bör förverkligas med åtminstone en optisk kabel bestående av minst fyra optiska fiber. Minst en

kopparparkabel bestående av fyra par bör också dras. Om sträckan mellan huscentralen och undercentralen är över 90 meter bör en optisk kabel med minst sex optiska fiber användas. Genom att använda dessa extra fibrer säkras en snabb kontakt till tjänster som kräver hög hastighet.

Enligt specifikationerna bör man i nybygge av bostadsfastigheter installera minst en tvådelad datakontakt i varje rum dit man drar två koppar parkablar från huscentralen. De fasta kablarna bör vara av Cat6 standard eller högre. Vid renovering av datanätet bör man från huscentralen dra åtminstone till ett rum en tvådelad datakontakt.

(Kommunikationsverket, 2013)

## **6.2 Specifioner av TIA/EIA om fast installerade kopparparkabel nät**

### **6.2.1 Planering av kablage**

I dokument 568 B specificerar TIA/EIA förutom kablar och kontakter också hur fast installerade nät skall planeras. (TIA-EIA-568-B, 2001) Standarden delar up kablaget i tre olika typer, vågräta-, lodräta- och kopplingskablar.

Vågräta linjer används för att distribuera datanätet i en våning av en byggnad eller lägenhet. Vågräta datalinjer skall installeras som en stjärntopologi. I mitten skall det finnas en kopplingscentral och ändorna på linjerna skall ha Cat5e eller högre standards kopplingsändor. Kabeln som används skall möta Cat5e eller högre standard. Varje ändpunkt (t.ex. ett rum eller kontor) skall ha två kontakter och två linjer från kopplingspanelen.

Det lodräta kablaget används för att koppla ihop kopplingspanelerna för de olika vågräta linjerna, man kopplar alltså ihop näten mellan våningarna. Kopplingen mellan de vågräta och lodräta linjerna bör göras med en kopplingspanel eller en sammankopplare som t.ex. en switch eller hubb. (TIA-EIA-568-B, 2001)

## **6.2.2 Krav för installation**

I dokument ANSI-TIA-EIA-569 specificeras krav för fysisk installation av kablage och apparatur. (ANSI-TIA-EIA-569, 2004) Dokumentet ställer krav för hur kablarna monteras samt hur olika centraler bör planeras. Nedan behandlas de väsentligaste delarna av standarden.

### **6.2.2.1 Rum för nätverksutrustning**

Vid planering av rum som kommer att innehålla telekommunikationsutrustning skall man reservera  $0.07\text{m}^2$  utrymme för varje  $10\text{m}^2$  golvyta som används för bostads eller arbetsbruk. I byggnader som hotell eller sjukhus räknas inte bostads utrymmen till detta utan bara arbetsutrymmena. Rummet skall ha en höjd på minst 2.44m. Rummet skall dock planeras så att all planerad utrustning ryms.

Rummet skall befinna sig ovanför vattennivå och rummet får inte ha vatten- eller pneumatikrör som går genom rummet om de inte är relaterade till sprinklersystemet. Om det finns risk för vattenläckage skall rummet ha en golvbrunn. Rummet skall ha belysning som kontrolleras med en avbrytare som inte är dimbar. (TIA-EIA-569, 2004)

### **6.2.2.2 Specifikationer på installation av kablage**

Kablar skall installeras i kabelkanaler, -bryggor, -stegar eller dylika som är avsedda för fast installation av kablar. Om datakablar installeras i samma kanal som elkablar bör en avskiljare användas för att skydda datakablarna mot elektromagnetiska fält.

Kabelkanalerna får inte fyllas till över 50 % av det utrymme som finns i dem.

Kabelkanalernas installation skall inte förorsaka att kablarna måste böjas mer än vad de är specificerade för. All installation bör ske i enlighet med de bestämmelser som berör elektriska installationer i landet där installationen görs. (TIA-EIA-569, 2004)

## **7 Cat6-nät i praktiken samt utprovning av olika tillämpningar**

Till den praktiska delen av examensarbetet hörde att planera och bygga ett Cat6-nät för ett egnahemshus samt att utföra experiment med olika typer av signalöverföring i såväl egnahemshuset som i en offentlig byggnad.

### **7.1 Planering och Installation av Cat6-nätverk i ett egnahemshus**

Nätet som jag byggt är planerat för ett egnahemshus med två våningar samt en källarvåning. Nätet är planerat så att man kan koppla ihop vilka rum som helst till varann med en direkt linje så man kan överföra vilken som helst analog eller digital signal. Alla rum kan kopplas till huvudcentralen med högst två hopp. I planeringen följde jag kommunikationsverket föreskrift F65 för nybygge (Kommunikationsverket 2013). En av utgångspunkterna var att alla kablar hålls så korta att det är möjligt att koppla vägguttag till huvudcentralen utan att överskrida en kabellängd på 55m. Nätet är alltså kompatibelt med 10Gbps standarden för Cat6.

Det nät jag planerat och förverkligat har använts förutom för TCP/IP-kommunikation även för att koppla kökets och andra våningens televisioner till antennnätet, för att överföra telefonsignal till ADSL-modem och för att skicka musik från en dator i arbetsrummet till stereoanläggningen i vardagsrummet. I framtiden kommer bl.a. vardagsrummets kommande Dolby Surround system att kopplas via nätet istället för att det skulle kopplas med dedikerade högtalarkablar som skulle ligga löst på golvet.

#### **7.1.1 Huvudcentralen**

I källaren finns ett litet rum där huvudcentralen är placerad. Internetanslutningen kommer in från telefont nätet direkt till rummet så det var logiskt att göra rummet till central. Centralen har två stycken kopplingspaneler, med 12 portar via vilka nätet kopplas till resten av huset. Förutom kopplingspanelerna finns det en switch och en server i centralen. Switchen och servern har en avbrottsfri kraftförsörjning kopplad till

sig så de är skyddade mot korta elavbrott och strömspikar. Placeringen på centralen är förmånlig eftersom den är i källaren där temperaturen är konstant 20c (de övriga våningarna har varierande temperatur beroende av årstid). I och med att rummet är litet så värmer servern rummet på vintern och på sommaren kyler marken rummet eftersom det är under marknivå.

### **7.1.2 Källarvåningen**

I källaren finns det förutom centralen också ett arbetsrum, ett garage, bastu och ett kombinerat hemvårdsrum/pannrum. Från centralen kommer en Cat-linje direkt till arbetsrummet där den är kopplad till en switch och delas till två datorer. En Cat linje går från centralen direkt till garaget där den kopplas till en dator. Till pannrummet kommer två Cat-linjer att dras för ändamål som inte ännu är bestämda. I framtiden kan dessa användas för t.ex. styrning av husets värmesystem. Garaget och arbetsrummet kommer båda att få en Cat6-linje till för att kraven på två Cat6-linjer per rum enligt föreskrift 65 skall uppfyllas. (Kommunikationsverket, 2013)

### **7.1.3 Första våningen**

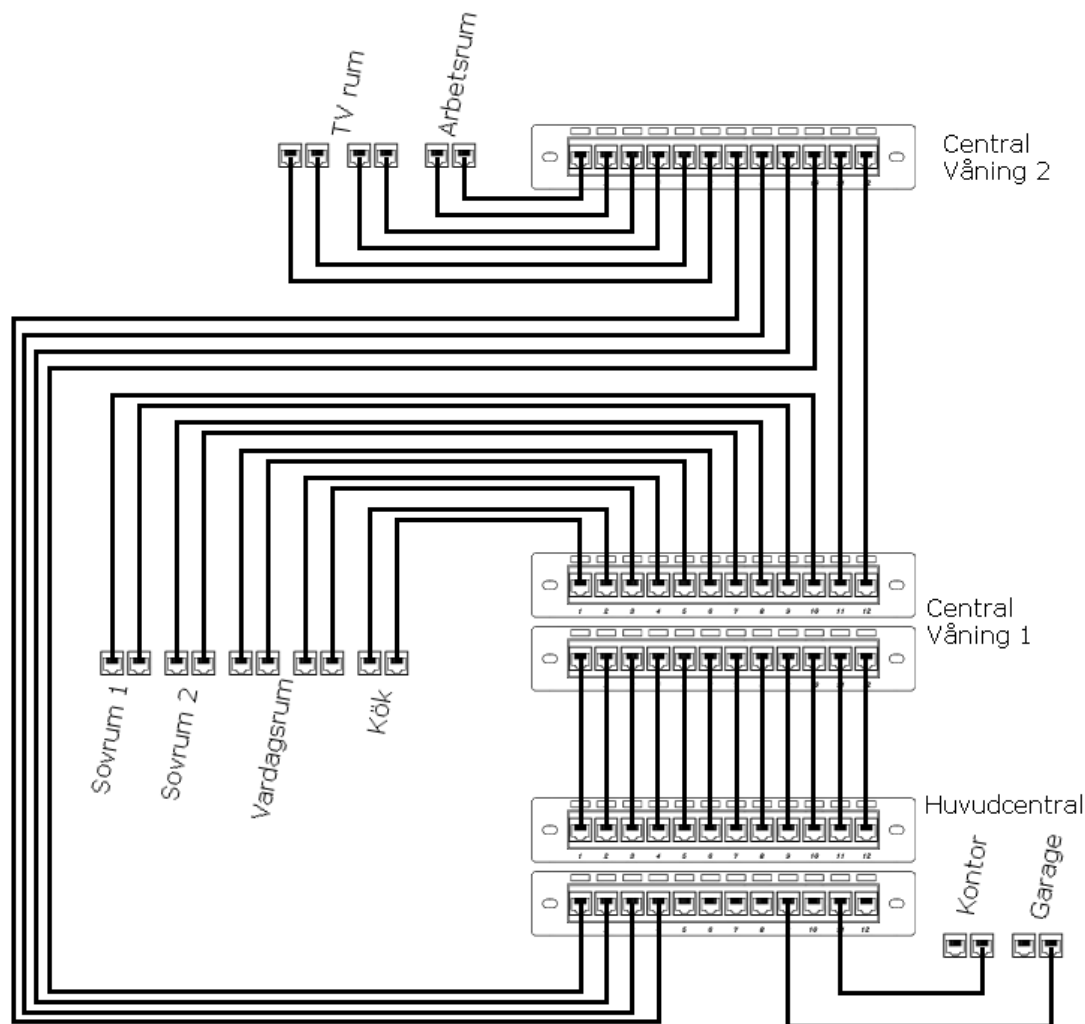
Från huvudcentralen kommer det 12 stycken Cat linjer till första våningens kopplingscentral. Centralen är placerad vid säkrings-skåpet och består av två stycken 12 portars kopplingspaneler. Den ena panelen är kopplad direkt till huvudcentralen. Den andra panelen har 10 portar kopplat till första våningens rum och två portar till andra våningen.

Den panel som är kopplad till huvudcentralen möjliggör att man kan lätt koppla varje rum i första våningen till huvudcentralens switch. Man kan också koppla varje rum till vilket annat rum som helst i första våningen utan att kopplingen skulle gå via källaren. De två linjerna som är kopplade mellan första och andra våningens centraler möjliggör att man kan koppla vilka som helst kontakter i de två våningarna till varann utan att koppla via källaren. Detta gör att signalen har en betydligt kortare väg att färdas.

### 7.1.4 Andra våningen

Andra våningens central består av bara en kopplingspanel på 12 portar. De sex första portarna är kopplade till vägguttag i andra våningen. Fyra portar har direkta linjer till huvudcentralen i källaren och två portar är kopplade till första våningens kopplingspanel.

Genom att linjerna går direkt från andra våningen till huvudcentralen i källaren utan några extra kopplingspaneler hålls kabellängden kort. Den längsta kombinerade linjen från vägguttag via kopplingspanel till huvudcentralen är ca 35m. Se figur 5 nedan för ett diagram över Cat6-linjerna i huset.



Figur 6, Diagram över Cat6-linjerna i husnätet

## **7.1.5 Tillämpningar**

### **7.1.5.1 ADSL**

För att få kontakt med Internet är huset anslutet till telefonnätet via ett ADSL -modem. ADSL-modemet som används har en inbyggd WLAN basstation i sig. Att dela ut ett WLAN-nät från källaren är inte möjligt eftersom källarens betongstruktur dämpar signalen så mycket att man inte får radiotäckning i huset. Problemet löstes med att koppla telefonkabeln i huvudcentralen till Cat nätet och koppla ADSL-modemet till nätet i en av portarna i kopplingscentralen i första våningen. Detta förverkligades med två stycken RJ11 till RJ45 omvandlare, alltså en Cat3 kabel med en RJ11 kontakt i ena ändan och en RJ45 kontakt i andra. I och med att ADSL-modemet använder telefonsignalen för uppkoppling till Internet så visas här med det samma att man kan också koppla trådtelefoner till telefonnätet via Cat-6 nätet, sådana används dock inte i huset.

### **7.1.5.2 Internet / Intranät**

För att få Internet till de olika datorerna i huset är ADSL-modemets WAN-port kopplad till en port i första våningens kopplingspanel som leder ner till huvudcentralen. I huvudcentralen är respektive port kopplad till switchen. Då man vill koppla en dator till Internet kopplar man in datorn i en väggkontakt, väggkontaktens respektive port i kopplingspanelen kopplas till en port i en kopplingspanel som går till huvudcentralen och i huvudcentralen kopplas denna port till switchen. På detta vis har man IP-trafikens växling centraliserat på ett ställe så felsökningen är lätt.

Vanligtvis kopplas datorerna direkt till ADSL-modemet men då är man bunden till modemets interna switch, nu används den bara för att koppla Cat-nätet till Internet. Detta har en större betydelse om man har parallella nät med egna switchar eller switchar som är snabbare än ADSL-modemets switch.

### 7.1.5.3 Mediador

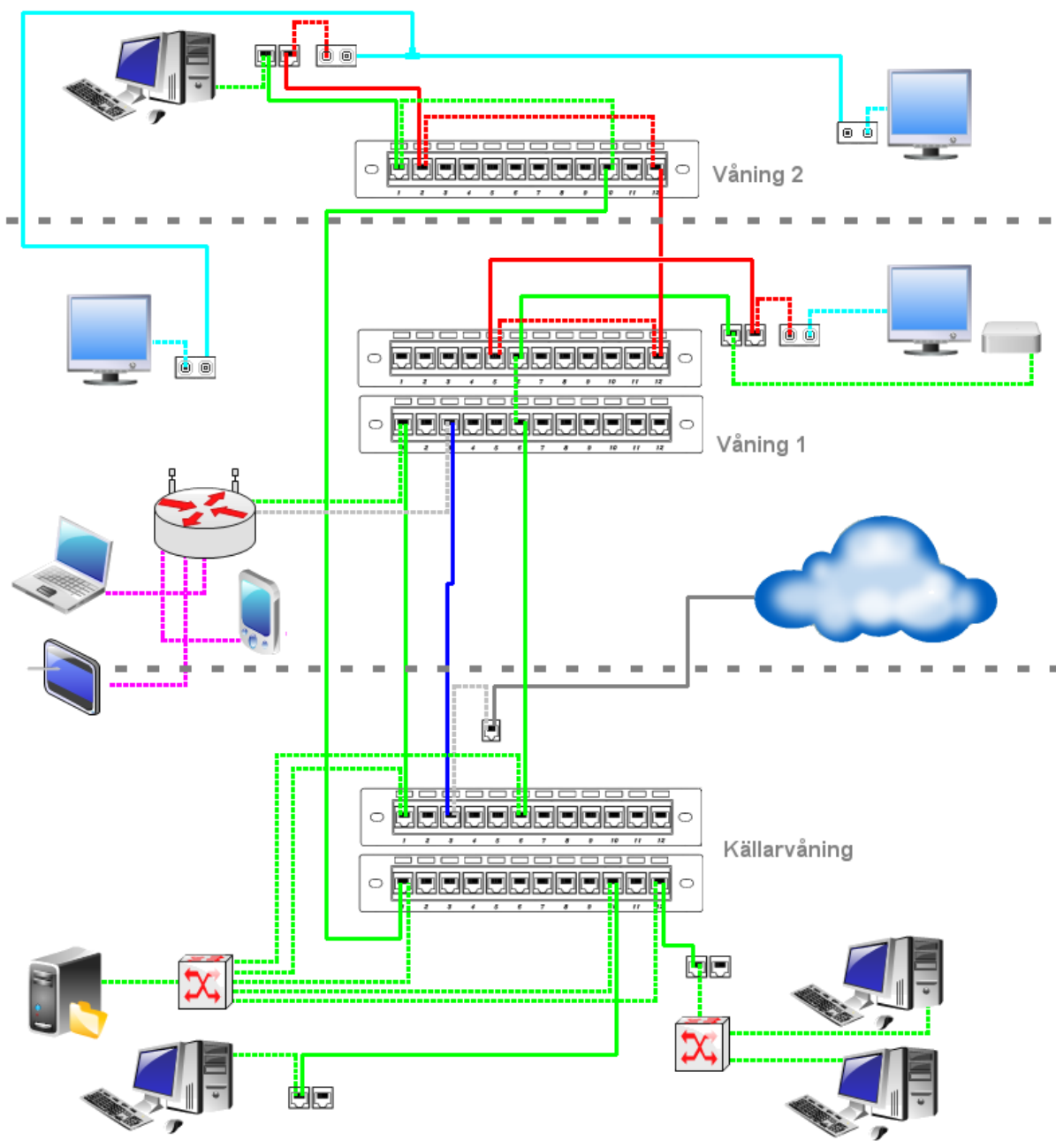
Cat nätverket möjliggjorde också en diskret installation av en mediador i vardagsrummet. TVn är kopplad till en Raspberry Pi dator som är kopplad till nätet via en vägkontakt invid TVn. När man vill se på filmer, bilder eller annan digital media man har så tar man trådlöst kontakt med Rasperryn datorn antingen med en smarttelefon eller en pekplatta och väljer vilken fil på huvudcentralens server man vill se på. Raspberry datorn använder servern som en extern hårddisk och visar upp filmen på TVn. (Raspberry Pi är en liten enkorts dator i storlek med ett kreditkort.)

### 7.1.5.4 Temporära lösningar

Cat6-nätverket gör det också möjligt att snabbt förverkliga temporära lösningar. Eftersom TV-antennanslutningar inte ännu var kopplade till antennätet i andra våningen och i köket så kopplades TV-antennen i ett rum till en nätkontakt i väggen med en adapterkabel. Sedan styrdes signalen från denna kontakt till andra våningens central där den sedan kopplades till TV-antennkontakterna som inte ännu var kopplade till antennätet. Antennkabeln till köket kommer via andra våningen så köket fick på samma gång också TV-signal. Genom denna koppling av antensignal lyckades man få TV-antensignal till våningen utan att dra en dedikerad kabel från en våning till en annan. Detta är dock bara en temporär lösning före man hinner spjälka en signal från antennen till över våningen.

En annan temporär lösning som gjordes var att koppla ljudkortet i datorn i arbetsrummet till stereoanläggningen i vardagsrummet via Cat nätet. Ljudkortet kopplades med en 3.5mm stereokontakt till RJ45 adapter till nätet, i kopplingscentralen kopplades ett av vardagsrummets nätkontakter till ett av arbetsrummets nätkontakter och till slut kopplades stereoanläggningen till nätkontakten i vardagsrummet med en RCA till RJ45 adapter. Detta möjliggör att man under fester kan ha en spellista som spelar på datorn men musiken kommer ur högtalarna som är kopplade till stereon i vardagsrummet där man underhåller sina gäster. Se figur 7 nedan för ett diagram över kopplingarna i huset.





	Bordsdator		ADSL-router		Wlan signal
	Mediador		Switch		TV antensignal över Coaxial 75 ohm
	Server		Cat6 uttag		TV antensignal över Cat6
	Trådlösa klienter		Antennutttag 75ohm		Telefonsignal över Cat3
	TV		Telefonkabel VMOHBU		Fast installerad linje
	Telefonsignal över Cat6		IP baserad trafik över Cat6		Kopplingslinje

Figur 7, Kopplingsdiagram av husnätet

## **7.2 Cat6-tillämpningar vid Svenska Teatern i Helsingfors**

Under mina studier har jag jobbat på Svenska Teatern i Helsingfors som ljus tekniker. Där används ett Cat6-nätverk förutom för TCP/IP också för flere olika skräddarsydda protokoll som har med teaterns teknik att göra. Den tekniska avdelningen på teatern som jobbar med produktion kan kategoriseras i tre underavdelningar: ljus-, ljud- och scenteknik varav alla har sina egna tekniska lösningar.

På Svenska Teatern har man valt att använda ett Cat6 nätverk för signalöverföring i och med att varje produktion har unika krav på tekniska lösningar. Alternativet skulle ha varit att bygga upp egna nät för ljus- ljud- och scentekniken med kablage som skulle vara avsedda för respektive avdelnings signalöverföringsbehov. Detta skulle ha varit betydligt svårare att planera och inte varit kostnadseffektivt. Ett system med olika kablar skulle inte heller varit lika flexibelt eftersom de olika avdelningarna inte kan använda sig av varandras kablage i samma utsträckning som de kan med Cat6.

### **7.2.1 Ljustekniken**

Ljustekniska avdelningen tar hand om ljussättningen under föreställningarna. Med ljus kontrollerar man tyngdpunkterna på scenen och med ljusen åstadkommer man olika stämningar. Under en föreställning har man beroende på pjäsen vanligtvis mellan 150 och 300 färdigt programmerade ljusmoment som körs. Till ljustekniken på Svenska Teatern hör också projicering av video.

#### **7.2.1.1 MA-Net**

Ljustekniken baserar sig på DMX-protokollet som används för att styra olika parametrar inom ljusen såsom färg, intensitet, mönster osv. DMX-protokollet har lanserats år 1986 och är den viktigaste standarden för att styra ljus inom industrin. DMX är ett 8-bit

protokoll och kan därmed hantera 512 kanaler. Moderna strålkastare kan kräva till och med 20 DMX-kanaler. På grund av att DMX protokollet inte klarar av att rakt hantera de ca. 200 strålkastare på teaterns stora scen så har man tagit i användning MA-Net. Ma-Net är ett dedikerat protokoll som möjliggör att man kan över ett Cat nät styra upp till 32,768 DMX kanaler. (MA Lighting, 2009)

Nätet är uppbyggt så att man har på olika ställen Cat-uttag som är kopplade till en switch som sedan är kopplad till en nätverksprocessor som tar emot kommandon från ljusbordet. Cat-uttagen kopplas till 2-portnoder som ger ut 512 DMX adresser var. En nod bildar ett såkallat universum i nätverket. Varje nod har inställt i sig ett unikt universumnummer mellan 1 och 64, om man vill lägga till eller flytta en nod kopplar man bara in noden i en kontakt som är kopplad till MA-Net switchen så hittar processorn automatiskt noden och man kan kalla på en apparatur som är kopplat till noden genom att ange universumnummer och DMX adress.

Förutom MA-Net används också DMX direkt över Cat nätet. I ljuskontrollrummet för stora scenen finns det en kopplingspanel där man kan koppla DMX direkt till Cat nätet, detta är praktiskt då man behöver en DMX-styrd apparat någonstans dit man inte switchat MA-Net. Ljustekniken på stora scenen använder sig av ca. 14 km Cat-6 för MA-Net. (Intervju Mats Fors, ljustekniker, 6.11.2013)

### **7.2.1.2 Video**

För olika tillfällen kommer det ett behov att ha en videoprojektor i teaterns salong. För att man inte skulle behöva ha en tekniker i salongen vid projektorn och trycka igång videon måste man kunna kontrollera projiceringen från antingen ljud, ljus eller scenemekaniska kontrolldisken. Det är inte möjligt att dra t.ex. en dedikerad VGA kabel från ljuskontrollen till salongen utan att den skulle störa publiken. Man har därför kopplat en dators grafikkort i ljuskontrollrummet till Cat nätet med en aktiv VGA över Ethernet adapter. Man skickar sedan signalen via kopplingspanelerna till en mottagare som är kopplad till projektorn. Denna teknik fungerar mycket bra då den totala kabellängden är under 50 meter. Om man närmar sig 100 meter börjar man få

förskjutningar i VGA-signalens färger och då måste mottagaren ljusteras så att den kompenserar färgförskjutningen genom att sätta en liten fördröjning på de olika färgerna. Signalen som mottagaren skickar är efter detta likadan som signalen var då sändaren tog emot den. Problemet beror på att man skickar en analog signal. De olika paren i kabeln är olika mycket lindade kring sig själv och därmed olika långa, denna längdskillnad bidrar på längre sträckor till att de olika färgerna inte kommer samtidigt fram till mottagaren och bilden blir otydlig.

## **7.2.2 Ljudteknik**

Den ljudtekniska apparatur som används på Svenska Teatern kan grovt klassificeras grovt i tre olika kategorier, Teknik som använder sig av TCP/IP, tekniker som använder sig av egna skraddarsydda protokoll och tekniker som inte ursprungligen är menade för att användas i Cat nätverk men fungerar bra även över Cat. Nedan behandlas några av de tekniker som används för ljudet.

### **7.2.2.1 TCP/IP-baserad ljudteknik**

På teatern används en framtida standard som heter AVB (Audio Video Bridging) (mayersound.com, 2013). Med AVB kan man komma upp till 200 kanaler ljud över en traditionell gigabit Ethernet port. (Intervju Janne Sivonen & Anton Lindblom, ljudtekniker, 8.11.2013)

AVB är specificerat att ge en snabb överföring av data. Ett system som är uppsatt enligt specifikationerna för AVB skall ge maximalt en fördröjning av 0.25 millisekunder per hopp mellan switchar eller kopplingspaneler och en maximal fördröjning på 2 ms genom sju switchar. (mayersound.com, 2013)

### **7.2.2.2 Skräddarsydda protokoll**

Optocores Sane protokoll är ett öppet protokoll där man kan skicka och ta emot synkroniserad data. (optocore.com, 2010) Från början var Optocore designat för fiberkommunikation men senare har stöd för Cat nätverk kommit till. På teatern används Sane protokollet så att man överför olika ljudprotokoll som för Multichannel Audio Digital Interface (MADI) (Audio Engineering Society, 2011) och Audio Engineering Society/European Broadcasting Union (AES/EBU) (Michael Robin, 2004) över det. Med hjälp av Sane protokollet kan man digitalt skicka 128 kanaler ljud över en vanlig Cat5e eller Cat6 kabel. (Intervju Janne Sivonen & Anton Lindblom, ljudtekniker, 8.11.2013)

MADI är en teknik som möjliggör digital överföring av flerkanal ljud. MADI är standardiserat i AES10 Standarden (Audio Engineering Society, 2011). AES/EBU är en annan standard för digital överföring av ljud. Standarden är ett resultat av samarbete mellan Audio Engineering Society och European Broadcasting Union. (Michael Robin, 2004)

### **7.2.2.3 Icke standardiserade lösningar**

Ljudteknikerna använder sig av en massa olika tekniker som inte överhuvudtaget är planerade för att användas med Cat-kabel. För att kunna panorera ljudet rätt då t.ex. en person står på vridscenen och scenen vrids tar ljudavdelningen emot en 5 volts styrsignal för att automatiskt få vridscenpositionen. Olika relä är kopplade över Cat-nätet för att styra olika system, bland annat via en Raspberry PI dators GPIO port. Också Midi noter skickas över nätet. Med Midi kan man koppla ihop t.ex. ljudbordet med ljusbordet så att en ljudeffekt startar en ljuseffekt, detta användes bland annat i Kristina från Duvemåla musikalen för att synkronisera en blixteffekt och ljudet av åska. (Intervju Janne Sivonen & Anton Lindblom, ljudtekniker, 8.11.2013)

### **7.2.3 Scentekniken**

Scentekniken håller hand om att kulisser och rekvisita kommer på sin plats och scenens utseende ändrar under föreställningen. Mindre kulisser flyttas av människor men t.ex. den roterande vridscenen och de kulisser som lyfts och sänks från taket eller golvet är styrda av scenemekaniken.

#### **7.2.3.1 Synkronering med ljud**

Scenemekaniken använder husets Cat-6 nätverk för att koppla ihop sig med ljudavdelningens kontroller. Ljudtekniken ger från ljudbordet signaler då en ljudeffekt körs och denna sätter igång mekaniken så att någonting fysiskt händer på scenen, vridscenen roterar, en fond lyfts eller dylikt. Detta är en stor fördel för ofta måste ljudeffekten vara synkroniserad med scenemekaniken för att någonting skall se vettigt ut. Ljudeffekterna är ofta förskjutna med ca. en sekund så att scenemekanikens tekniska inre latency inte påverkar resultatet. (Intervju Hans Ekman, scenemekanikoperator, 6.11.2013)

#### **7.2.3.2 Säkerhet inom scenemekanik**

Scenemekaniken har en mängd säkerhetsåtgärder som hindrar skådespelarna att bli i kläm mellan rörliga luckor och dylikt. Dessa luckor har sensorer i kanterna som känner av om det kommer ett motstånd som inte är normalt, alltså om t.ex. en skådespelare lämnar handen emellan. Dessa säkerhetssensorers kontrollenheter är kopplade med hjälp av Cat nätet som ett ringnät. Systemet använder ett skräddarsytt protokoll som leverantören gjort. (Intervju Hans Ekman, scenemekanikoperator, 6.11.2013)

## 8. Slutsatser

Ett Cat6 nätverk kan användas till mycket annat än bara för att koppla upp sig till Internet. Medan mobila plattformar och applikationer varit mycket framme i median på sista tiden så är ändå den mesta apparatur vi har i hemmen och på jobbet ännu inte mobil. Dessa stationära apparater kan man nästan alltid koppla till ett Cat-nät för att billigt och effektivt få en snabb och säker signalöverföring.

Användningen av Cat6 som ett överföringsmedia är otroligt flexibelt och det finns en massa olika teknologier man kan använda kabeln för. För digital överföring finns det tillräcklig bandbredd för de flesta saker man kommer på och för analog överföring finns det tillräckligt med ledare för att åstadkomma lösningar till de flesta behoven. I framtiden kommer det säkert att komma mer och mer olika adaptrar som möjliggör att man kan ansluta sina vardagliga apparater med varandra eller kringutrustning via ett Cat-nät.

Inom teknik som används i teater och liknande underhållning används redan Cat-nät för olika ändamål. Ljusets-, ljudets- och mekanikens styrsignaler sänds över nät med olika protokoll. Denna teknik börja småningom komma till hemmen, t.ex. ljud- och videoöverföring.

Marknaden för adaptrar för hemmabruk kommer troligtvis att öka inom en kort framtid. I och med kommunikationsverkets föreskrift för datanät finns det i nya byggnader färdig infrastruktur för olika Cat6-baserade lösningar och därmed är tröskeln lägre att ta i bruk ny teknik.

För att förverkliga ett Cat-nätverk kräver kommunikationsverket ingen skolning av planeraren eller montören. Detta är i och för sig en bra sak för vem som helst kan då planera och installera ett nätverk. Nackdelen är att om planeraren och montören inte har en utbildning i el- eller informationsteknik så är risken stor att den slutliga installationen inte uppfyller alla krav och standarder.

## **Källor:**

Audio Engineering Society. 2011, AES-10id-2005 Guidelines for AES10 (MADI) has been reaffirmed

Tillgänglig: <http://www.aes.org/standards/blog/2011/4/aes-10id-2005-guidelines-for-aes10-madi>

Hämtad 16.11.2013

ANSI-TIA-EIA. 2001, TIA-EIA 568 B - Commercial Building Telecommunications Cabling Standard

Tillgänglig: <http://www.csd.uoc.gr/~hy435/material/Cabling%20Standard%20-%20ANSI-TIA-EIA%20568%20B%20-%20Commercial%20Building%20Telecommunications%20Cabling%20Standard.pdf>

Hämtad: 25.9.2013

ANSI-TIA-EIA. 2004, TIA-EIA 569 A - Commercial Building Standard for Telecom Pathway & Spaces

Tillgänglig: <http://www.nds.com.vn/images/download/Cabling%20Standard%20-%20ANSI-TIA-EIA%20569%20A%20-%20Commercial%20Building%20Standard%20for%20Telecom%20Pathway%20&%20Spaces%20%28FULL%20VERSION%29.pdf>

Hämtad 17.11.2013

Berte Philipe.2007, Nexans Cabling Solutions, GG45 jack&plug&RJ45plug.jpg

Tillgänglig: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:GG45\\_jack%26plug%26RJ45plug.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:GG45_jack%26plug%26RJ45plug.jpg)

Hämtad 25.10.2013

FAQ for HDMI 1.4. 2010

[http://www.hdmi.org/manufacturers/hdmi\\_1\\_4.aspx](http://www.hdmi.org/manufacturers/hdmi_1_4.aspx)

Hämtad 26.9.2013



Simeon.com, Guide to Alien Crosstalk in Network Cabling Systems,  
Tillgänglig: <http://www.simeon.com/us/learning/alien-crosstalk-guide.asp>  
Hämtad 16.11.2013

ep. yimg.com, 2013, stereo-rca-audio-balun-extender-over-cat5-cat5e-cat6-cable-2.gif  
Tillgänglig: <http://ep.yimg.com/ay/amberly/stereo-rca-audio-balun-extender-over-cat5-cat5e-cat6-cable-2.gif>  
Hämtad 15.11.2013

IEC. 2006, IEC60603-7-7  
Tillgänglig: <http://www.encnn.com/design-training/RJ45/IEC%2060603-7-7-2006.pdf>  
Hämtad 15.11.2013

IEC. 2006, IEC 61076-3-104 Detail Specification For 8-Way, Shielded Free and Fixed Connectors for Data Transmissions With Frequencies up to 600 MHz Minimum,  
Reffererat på simeon.com  
Tillgänglig: [http://www.simeon.com/us/standards/13-18\\_iec\\_61076-3-104\\_detail\\_specification\\_for\\_8-way\\_shielded\\_free\\_and\\_fixed\\_connectors.asp](http://www.simeon.com/us/standards/13-18_iec_61076-3-104_detail_specification_for_8-way_shielded_free_and_fixed_connectors.asp)  
Hämtad 15.11.2013

ISO. 2002, ISO 11801  
Tillgänglig: <http://iiti.it/home/index.php/Download-document/6-Generic-cabling-for-customer-premises.html>  
Hämtad 15.11.2013

Johnsson, Heather. 2013, Cat 8: TIA performance standards committee chairman previews parameters of forthcoming twisted-pair cable standard for 40G, Network World, publicerad 7.6.2013  
Tillgänglig: <http://www.networkworld.com/news/tech/2013/060713-category8-270623.html>  
Hämtad 24.9.2013

Kommunikationsverket, 2013, Föreskrift 65, Publicerad 15.7.2013

Tillgänglig: [https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/M\\_65\\_2013\\_SV.pdf](https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/M_65_2013_SV.pdf)

Hämtad 4.11.2013

Krock Hannes, 2006, Tera steckverbinder.JPG

Tillgänglig: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Tera\\_steckverbinder.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Tera_steckverbinder.JPG)

Hämtad 25.10.2013

MA Lighting. 2009, MA Networking

Tillgänglig: [http://www.mklight-](http://www.mklight-sound.si/media/uploads/downloads/file_801_grandma_networking_ix_01_72dpi.pdf)

[sound.si/media/uploads/downloads/file\\_801\\_grandma\\_networking\\_ix\\_01\\_72dpi.pdf](http://www.mklight-sound.si/media/uploads/downloads/file_801_grandma_networking_ix_01_72dpi.pdf)

Hämtad 7.11.2013

Meyer sound, D-Mitri

Tillgänglig: [www.meyersound.com/products/d-mitri/avb.htm](http://www.meyersound.com/products/d-mitri/avb.htm)

Hämtad 10.11.2013

Michael Robin. 2004, The AES/EBU digital audio signal distribution standard,

Broadcast Engineering

Tillgänglig: [http://broadcastengineering.com/mag/broadcasting\\_aesebu\\_digital\\_audio](http://broadcastengineering.com/mag/broadcasting_aesebu_digital_audio)

Hämtad 16.11.2013

Optocore. 2010, Technology SANE

Tillgänglig: <http://www.optocore.com/products/technologySANE.html>

Hämtad: 26.11.2013

Ray A. Rayburn, XLR

Tillgänglig: <http://www.rane.com/par-c.html#XLR>

Hämtad: 26.11.2013

Riedel. 2013, PERFORMER – Digital Partyline Intercom

Tillgänglig: <http://www.riedel.net/en->

[us/products/communications/performerdigitalpartylineintercom/matrixcomponents.aspx](http://www.riedel.net/en-us/products/communications/performerdigitalpartylineintercom/matrixcomponents.aspx)

Hämtad 16.11.2013

Stuk ohje ST 9.4 / 28.2.2007 (laser)

Tillgänglig: [www.finlex.fi/data/normit/2877-ST9-4.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/2877-ST9-4.pdf)

Hämtad 15.11.2013

TIA-EIA-568-A. 2001, TIA-EIA-568-B.2, Annex N Category 5 cabling

Tillgänglig: <http://www.csd.uoc.gr/~hy435/material/TIA-EIA-568-B.2.pdf>

Hämtad 15.11.2013