

# De svære kabler

## Af-mystificering af kabelspecifikationer fra kategori 5e til 7A

Af Flemming Seerup, Lan-Com A/S

Standarder for strukturerede kabelsystemer specificerer generiske installationer og designer topologier, der er karakteriseret som kategorier eller klasser af transmission ydeevne.

Disse kablingsstandarder er altid refereret i standarderne for applikationer og er udviklet af komiteer, som IEEE og ATM som minimumskrav, der er nødvendige for at sikre en given applikation kan transmitteres.

### Fordele

Der er mange fordele ved, at et kabelsystem er specificeret i henhold til en standard.

F.eks. sikringen for, at applikationer kan transmitteres, fleksibiliteten af kabler og konnektorer er bagudkompatible og kan arbejde sammen, og at et struktureret kabelsystems design og topologi er anerkendt af personer, der er ansvarlige for et kabelsystems opretholdelse.

Telecommunications Industry Association (TIA) og International Organization for Standardization (ISO) komiteerne er de ledende udviklere af standarder for kabelsystemer.

Komiteemedlemmerne arbejder hånd i hånd med applikationsudviklingskomiteerne for at sikre, at nye kabel-

systemer vil understøtte den seneste udvikling af signaltransmissionsteknologien.

### Standardisering

TIA standarderne er ofte specificeret af nordamerikanske slutbrugere, mens ISO standarderne er mere almindelige på det globale marked, herunder Danmark.

Udover TIA og ISO er der ofte regionale standardiseringsgrupper, som for eksempel JSA/JSI (Japanese Standards Association), CSA (Canadian Standard Association), og CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization), som udvikler lokale specifikationer. Resultatet af disse regionale standardiseringsgruppers arbejde er, at deres specifikationer ligner meget TIA og ISO's specifikationer.

### Ydeevne

Mens de tekniske specifikationer i TIA og ISO er meget ens for de forskellige kategorier, er terminologien for niveauerne af egenskaberne meget forskellig og kan forårsage forvirring.

I TIA standarderne er kablingskomponenter og links karakteriseret med kategorier.

I ISO er produkternes niveau be-

skrevet som kategorier, mens linke-

ne er karakteriseret som klasser. TIA og ISO niveauer af kabelsystemers ydeevne er karakteriseret med deres frekvensområde og er vist i figur 1.

### Forudseende

Når man skal opgradere et eksisterende netværk eller designe en ny bygnings faciliteter, bliver kablingseksperter opfordret til at se på standarder og ydeevne og tage levetid i betragtning.

Både TIA og ISO mener, at kabelsystemer som de specificerer, er lavet for at have et meningsfuldt liv i mindst ti år.

Da applikationer, som f.eks. Ethernet, typisk har en levetid på fem år, anbefales det at specificere kabelsystemer, der kan understøtte to generationer af netværksprotokoller.

For de fleste slutbrugere betyder det, at kabelsystemer skal specificeres for at understøtte 1000BASE-T (Gigabit Ethernet) i dag og planlægges for at kunne opgraderes til 10GBASE-T inden for de næste fem år.

### Standard referencer

TIA kategorier og ISO klasser af strukturerede kabelsystemer, der er designet til at understøtte dataha-



stigheder, som er specificeret i de standarder, er nævnt i figur 2.

### Ingen kopiering

Selvom kategori 6A, klasse EA og klasse FA standarderne ikke er publiceret på dette tidspunkt, har betingelserne for den foreløbige standard været uændret.

Selvom der har været adskillige industrimøder, betragtes den af kablingseksperter for at ligge fast.

Disse standarder forventes at blive godkendt for publicering inden for de næste seks måneder og er allerede almindeligt specificeret i udbudsmaterialer.

Det er vigtigt at huske på, at TIA og ISO standarderne ikke må kopieres. De er ikke almindeligt tilgængelige, men kan rekvireres hos Dansk Standard.

### Kategori 5e/Klasse D

Kategori 5e/Klasse D kablings specifikationer blev publiceret i 2002 for at tilgodese højere transmissions-egenskaber såsom 1000BASE-T, som gør brug af transmission begge veje på alle fire par.

Standarden tilførte mere luft til kategori 5's begrænsede egenskaber og flere nye transmissions karakteristika, som var nødvendige for at

understøtte, at Gigabit Ethernet blev indført.

For at sikre sig, at de nye marginer for ydeevne var tilfredsstillende, tilførte man yderligere luft til parametrene for NEXT, ELFEXT og returnloss (returtab). Powersum Crosstalk, hvor man beregner krydstale, når alle fire par er i brug samtidig, blev ligeledes introduceret.

Selvom kategori 5 ikke længere er anerkendt for nye installationer af standardorganisationerne, er der en meget stor base installeret, som godt kan håndtere 1000BASE-T applikationer.

Informationer om dette findes i annex D i ANSI/TIA/EIA-568-B.2.

### Kategori 6/Klasse E

Kategori 6/Klasse E er det kabelsystem, der er blevet specificeret mest de seneste fem år, da det giver maksimal ydeevne.

Kategori 6/klasse E giver dobbelt så god ACR margin i forhold til Kategori 5e/Klasse D og er positiv op til 200 MHz.

Kategori 6 skulle have tilstrækkelige egenskaber til at modstå et kabelsystems hårdhændede miljø og kunne supportere en opgradering til 1 Gigabit når tiden er inde.

Selvom Kategori 6/Klasse E oprindeligt var lavet til at understøtte 100BASE-T og 1000BASE-T applikationer, så er den gode nyhed, at nogle Kategori 6/Klasse E installationer vil kunne understøtte 10GBASE-T applikationer.

Den nyligt publicerede TIA/TSB-155 og ISO/IEC 24750 technical bulletins klassificerer Kategori 6/Klasse D kabelsystemer til at kunne understøtte 10GBASE-T protokollen over kortere afstande.

### Alien crosstalk

Da 10GBASE-T's kodningsteknik eliminerer den interne krydstale, er denne applikation meget følsom over for krydstale fra kabler og konnektorer, der ligger umiddelbart ved siden af.

Denne kobling kaldes alien crosstalk (udefrakommende krydstale) og kendetegnet på alien crosstalk i den installerede Kategori 6/Klasse E base er det, der fokuseres på i TIA TSB-155 og IEC 24750 technical bulletin.

Da alien crosstalk i Kategori 6/Klasse E installationer er meget afhængig af, hvordan det er installeret, (f.eks. bundtning, brugen af kabelstrips og føringsveje) blev værdierne fastlagt ud fra en typisk »worst case«

**Figur 1: TIA og ISO klassifikation og terminologi**

Frekvens	TIA Komponenter	TIA Kabling	ISO Komponenter	ISO Kabling
1-100 MHz.	Kategori 5e	Kategori 5e	Kategori 5e	Klasse D
1-250 MHz.	Kategori 6	Kategori 6	Kategori 6	Klasse E
1-500 MHz.	Kategori 6A	Kategori 6A	Kategori 6A	Klasse EA
1-600 MHz.	-	-	Kategori 7	Klasse F
1-1000MHz.	-	-	Kategori 7A	Klasse FA

installation, hvor 10GBASE-T skulle køre på en Kategori 6/Klasse E channel over 37 meter og måske kunne håndtere længder på 37 til 55 meter.

Alt er afhængigt af alien crosstalk i den givne installation.

Da en folieskærm reducerer A-NEXT betragteligt, er disse begrænsninger i længde udelukkende et UTP problem.

### Halvvejs

TIA TSB-155 og ISO/IEC 24750 specificerer også anbefalinger i tilfælde af, at en Kategori 6/Klasse E channel ikke på tilfredsstillende vis opnår minimumskravet til A-NEXT.

Der anbefales bl.a. ikke brug af 10GBASE-T applikationer på de porte i patch panel, der ligger ved siden af, separering eller brug af bedre patch kabler og brug af skærmede patch kabler.

Opsplittede kabelbundter, rekonfigurering af mellem patchning og erstatte kategori 6/klasse E komponenter med Kategori 6A/Klasse EA komponenter, er andre anbefalinger til at reducere A-NEXT i en Kategori 6/Klasse E installation.

Kategori 6/Klasse E kabling er ikke anbefalet for nye installationer, som

har en målsætning at kunne supportere 10GBASE-T applikationer.

Kategori 6/Klasse E standarden blev publiceret i 2002 og har nået halvvejen af sine 10 års levetid.

I dag ser vi dog kabelspecifikationer med bedre ydeevne taget i brug for at maksimere den totale investering.

### Kategori 6A/klasse EA

Kategori 6A/Klasse EA specifikationer er ved at nå en ende og er udviklet til at håndtere udvidede frekvensbåndbredder og alien crosstalk marginer, som kan supportere 10GBASE-T over 100 meter med op til fire konnektorer.

Kategori 6A/Klasse EA kabling leverer en positiv signal-to-alien crosstalk margin op til 500 MHz. og anbefales som medie til at modstå det hårde kabelmiljø og understøtte 10GBASE-T, når det er tid til en applikationsopgradering.

Performance luft er indlagt i alle transmissionsparametrene, inklusive powersum alien crosstalk, og både laboratorie- og felttest metoder er specificeret for kategori 6A/klasse EA kabling.

Gennemsnitlig power sum alien crosstalk mellem alle fire par er spe-

### Lan-Com A/S

Lan-Com A/S, har de seneste 18 måneder leveret adskillige store højhastighedskabelsystemer til den danske industri. Lige fra Kategori 6A UTP løsninger til bankfilialer til Kategori 7 løsninger til børselskaber. Seneste installation er en Kategori 7A løsning til et datacenter.

Lan-Com A/S, er i Danmark den førende distributør af højhastighedskabling og sammen med The Siemon Company, USA, markedsfører de kabelsystemer fra Kategori 6A til Kategori 7A. Yderligere oplysninger kan fås på [www.lan-com.dk](http://www.lan-com.dk)

**Figur 2: TIA og ISO Standard referencer**

**TIA Kabel standarder**

**Kategori 5e** ANSI/TIA/EIA-568-B.2, Commercial Building Telecommunications Standard Part 2: Balanced Twisted pair Cabling Components, 2001

**Kategori 6** ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1, Commercial Building Telecommunications Standard Part 2: Addendum 1: Transmission Performance Specifications for 4 Pair 100 Ohm Category 6 Cabling, 2002

**Kategori 6A** ANSI/TIA/EIA-568-B.2-10, Commercial Building Telecommunications Standard Part 2: Addendum 10: Transmission Performance Specifications for 4 Pair 100 Ohm Augmented Category 6 Cabling, pending publication

**ISO Kabel standarder**

**Klasse D** ISO/IEC 11801, 2nd Ed, Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, 2002

**Klasse E** ISO/IEC 11801, 2nd Ed, Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, 2002

**Klasse EA** Amendment 1 to ISO/IEC 11801, 2nd Ed, Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, pending publication

**Klasse F** ISO/IEC 11801, 2nd Ed, Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, 2002

**Klasse FA** Amendment 1 to ISO/IEC 11801, 2nd Ed, Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, pending publication

cificeret for brug af IEEE komiteens channel capacity model. Kategori 6A/Klasse EA kabling er den bedste investering, set over en 10 års investeringsplan.

**Klasse F**

Klasse F specifikationer blev publiceret i 2002 og beskrev kriterierne for et fuldt skærmet medie (f.eks. individuelt skærmede par, samt en fælles skærm).

Klasse F kabling leverer positive attenuation-to-crosstalk marginer op til 600 MHz. og tilbyder hidtil uovertruffen EMC på grund af den skærmede konstruktion.

På grund af den nemme anvendelse, ydeevne og muligheden for at understøtte flere applikationer under en kappe, samt specifikationerne, som det anbefalede Kategori 7 interface i ISO 15018 standarden, er TERA den mest anvendte konektor.

Der er tydelige beviser på, at man i kabelindustrien og blandt applikationsudviklere er klar til adoptere den fuldt skærmede løsning.

**Levetid: 15 år**

For eksempel var Klasse F kabling udset til at være kobbermediets valg i en ny IEEE applikation og publiceret i ISO/IEC 14165-114 applikationsstandarden med navn »en fuld du-

plex« Ethernet specifikation for det fysiske lag for 1000 Mbit/s overførsel over en balanceret channel (Klasse F (Kategori 7 parsoet kabling). Det er interessant at notere sig, at selvom TIA ikke aktivt udvikler standarder for Kategori 7, så er det almindeligt acceptabelt at specificere Klasse F kabling på det nordamerikanske marked.

Grunden til dette er, udover at være anerkendt i BICSI, NEMA, IEEE p. g.a. andre standard organisationer, så er Klasse F simpelthen TIA Kategori 6A total overlegen.

Testinstrumenter og adaptorer til certificeringstest af Klasse F har været tilgængelig siden 2002.

Fordelen ved Klasse F i forhold til andre kabelsystemer er, at de er designet til at understøtte næste generations applikation over 10GASE-T.

Klasse F kabling er det eneste medie, der har en levetid på 15 år og Klasse F kabling er den bedste investering, hvis man betragter investeringen over en 15 års levetid.

**Klasse FA**

Klasse FA specifikationer er under udvikling og er baseret på den eksisterende Klasse F kablings design og Kategori 7's ikke RJ45konektor (Tera) interface.

Den betragtelige forbedring i Klasse

FA's specifikationer er udvidelsen af frekvens båndbredden fra 600 MHz. til 1.000 MHz.

Denne forbedring tillader Klasse FA kabling at være i stand til at understøtte bredbåndsvideo, der opererer ved 862 MHz.

Det er sandsynligt, at alle fuldt skærmede kabelløsninger i den nærmeste fremtid vil blive specificeret som Klasse FA.

**Understøttelse af applikationer**

Figur 3 summerer kablingstyper, der er i stand til at understøtte almindelige specificerede applikationer over 100 meter og 4 konnektorer.

**Konklusion**

Når man designer og installerer et nyt kabelsystem, skal man finde det stærkeste fundament for at understøtte sine nuværende og fremtidige behov for applikationer.

For at sikre sig understøttelse af nyopståede teknologier og udnytte de seneste fordele af protokoller, er det vigtigt at være så informeret som muligt.

Hav tillid og tro på TIA og ISO's standard udviklingsgrupper og specificer kablingskriterier, der er i stand til at supportere morgendagens teknologier.

*Dagens krydsfelter kan give selv den mest erfarne it-mand rynker i panden.*



### **Vigtige definitioner**

*Alien Crosstalk (udefrakommende krydstale)*

Uønsket signaloverførsel fra en komponent, channel, eller en permanent link til en anden, er defineret som alien crosstalk.

Da alien crosstalk er en indikator for balanceret signaloverførsel, kan alien crosstalk ikke sammenlignes med almindelig støj fra f.eks. lysstofrør, der er til stede i miljøet.

Power sum alien crosstalk målt i krydsfelt enden kaldes power sum alien near-end crosstalk loss (PSANEXT).

Power sum alien crosstalk målt fra den modsatte ende kaldes power sum alien attenuation to crosstalk ratio, far end (PSAACRF).

Høj power sum alien crosstalk værdi

kan vanskeliggøre transmission af 10GBASE-T applikationer.

*Attenuation to Crosstalk Ratio, Far end (ACRF) (tidligere kendt som ELFEXT)*

Par til par krydstale (FEXT) tab måler uønsket signaloverførsel mellem par i samme kabel i den modsatte ende (den modsatte ende af, hvor signalet kom fra).

ACRF er udregnet ved at trække den målte dæmpning fra den målte far-end crosstalk tab, og resultatet kan bruges til at sammenligne kablignens ydeevne uafhængig af dets længde.

Dårlig ACRF resultat kan resultere i forhøjede bitfejl eller ikke leverede signalpakker.

Bemærk, at NEXT loss margin ikke

alene er tilstrækkeligt til at sikre en ordentlig ACRF performance.

*Attenuation to Crosstalk Ratio (ACR)*

En kritisk overvejelse i vurderingen af et kabelsystems ydeevne, er forskellen mellem dæmpningen og near-end crosstalk tab (NEXT).

Forskellen er kendt som attenuation to crosstalk ratio (ACR). Positiv ACR værdier betyder, at det transmitterede signals styrke er stærkere end krydstalen (NEXT).

ACR kan bruges til at definere et signals båndbredde (f.eks. 200 MHz for Kategori 6), hvor signal til støjværdien er tilstrækkelig til at understøtte bestemte applikationer.

Det er interessant at notere sig, at Digital Signal Processing (DSP) tek-

nologi kan annullere krydstale og kan tillade applikationer til at udvide brugbar båndbredde op til, og over det niveau, som kaldes ACR nul værdi.

#### Balance

Parsnoede kabler stoler på signal-symmetri eller »balance« mellem de to ledere i et par.

For at opretholde den balance skal man sikre sig, at kabelsystemet ikke udsender uønsket elektromagnetisk udstråling og ikke er modtagelig for elektrisk støj.

Komponent balance egenskaber er specificeret for Kategori 6/Klasse E kabling.

Komponenter og kablers egenskaber er specificeret for Kategori 6A/Klasse EA og højere kategorier/klasser.

#### Equal Level Far-End Crosstalk (ELFEXT) Loss

Se definition for Attenuation to Crosstalk Ratio, Far end.

#### Insertion Loss (Attenuation/dæmpning)

Insertion loss er en måling af signalens styrke/tab over en transmissions længde.

At sikre sig minimalt signaltab er vigtigt, da signalprocessing (DSP) teknologien ikke kan kompensere for usædvanligt stort signaltab.

#### Near End Crosstalk Loss (NEXT)

Par til par near end cross talk (NEXT) tab er uønsket signaloverførsel fra det ved-siden-af-liggende par i den nærmeste ende (den ende, hvor signalet bliver sendt fra).

For meget NEXT tab kan være skadelig for applikationer, der ikke har krydstaleannulering indbygget i Digital Signal Processing teknologien (DSP).

#### Power Sum

Alle par-til-par krydstale parametre kan beskrives som power summering, som beregner niveauet af uønsket signaloverførsel, når alle 4 par arbejder. Power Sum NEXT tab, ACRF, ANEXT tab og AACFR karakteristika bekræfter, at et kabelsystem er særdeles robust til at minimere krydstale fra andre forstyrrende elementer.

Denne form for karakteristika er nødvendig for at sikre kablingens kompatibilitet med applikationer (1000BASE-TX), der anvender 4 par for at transmittere og modtage signaler samtidig.

Applikationer som 10GBASE-T er meget følsomme over for A-NEXT.

#### Propagation Delay

Propagation Delay er den tid, der går fra et signal er sendt, til det modtages i den anden ende af kablet.

Effekten kan sammenlignes med forsinkelsen fra et lyn, der kommer

på himlen til man hører et brag – dog undtaget, at elektriske signaler vander meget hurtigere end lyd.

Delay Skew er forskellen mellem parrene på ankomsttidspunktet.

Det måles på forskellen i tid mellem det først ankomne par og det sidst ankomne par.

Transmissionsfejl er i familie med betragtelig forsinkelse eller forsinkelse mellem parrene, og kan forårsage forhøjet jitter og bit fejl.

#### Return Loss (returtab)

Return loss er en måleenhed for et signals refleksioner langs en transmissionslinje og er relateret til de impedansforskelle, der er på hele linjen.

Da nye applikationer, som f.eks. 1000BASE-T og 10GBASE-T, skal bruge fuld duplex transmission kodingsteknikker, er de følsomme over for return loss.

#### Transfer Impedans

Skærmningens effektivitet karakteriseres ved dæmningen af de skjærmede (F/UTP) og de fuldt skjærmede kabler og konnektorer for at maksimere immuniteten fra udefrakommende støjkluder og minimere udstråling.

Transferimpedans er en måleenhed for skjærmens effektivitet.

Jo lavere transfer impedans værdier er, jo bedre skjærmning.

**Figur 3 Applikations skema**

	Kategori 5e Klasse D	Kategori 6 Klasse E	Kategori 6A Klasse EA	Klasse F	Klasse FA
4/16 MBPS Token ring	x	x	x	x	x
10BASE-T	x	x	x	x	x
100BASE-T4	x	x	x	x	x
155 MBPS ATM	x	x	x	x	x
1000BASE-T	x	x	x	x	x
TIA/EIA-854		x	x	x	x
10GBASE-T			x	x	x
Bredbånd CATV				x	x