آموزش الکترونیک برای همه
Electro Volt.ir
کتاب های الکترونیک | نرم افزارهای الکترونیک | پروژه های الکترونیک | AVR | ARM | FPGA
Electrovolt_ir
Electrovolt.ir

بررسی اثرات نویز روی انواع کابل های LAN

مقدمه

اترنت (Ethernet) یکی از معروف ترین پروتکل های ارتباطی در شبکه های LAN (شبکه های محلی) می باشد که از سال 1980 تجاری سازی و از سال 1983 تحت اولین استاندارد یعنی IEEE802.3 گسترش یافت. فرستنده و گیرنده در پروتکل اترنت به دو صورت دارای سیم (Wired) و بدون سیم (Wireless) با هم در ارتباط می باشد. که در حالت دارای سیم به صورت انواع مختلف کابل های زوج سیم به هم تابیده (Twisted Pair) ، کابل های کواکسیال (Coaxial) و کابل های فیبر نوری (Fiber Optic) وجود دارد.

Copper Twisted pair

Copper Coaxial Cable

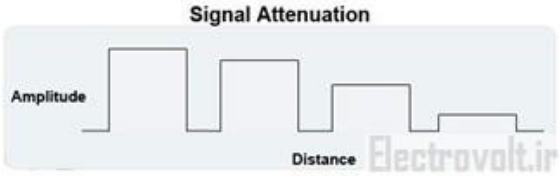
Optic Fiber Cable

تکنولوژی اترنت در کابل های به هم تابیده (Ethernet over Twisted-Pair) در لایه فیزیکی شبکه های کامپیوتری استفاده می گردد. این تکنولوژی از سال 1984 در انواع پروتکل ها وکابل های مختلف عرضه شده است که روند رو به رشد از نظر سرعت انتقال دیتا و کاهش اثرات نویز محیطی و نویز CrossTalk داشته است. در این مقاله به بررسی و نحوه اتصال این نوع شبکه ها می پردازیم و در نهایت راهکار عملی برای مقابله با تخریب سیگنال در کابل Twisted Pair ارائه خواهیم کرد.

تعاریف اولیه مورد نیاز در این مقاله

تضعیف Attenuation

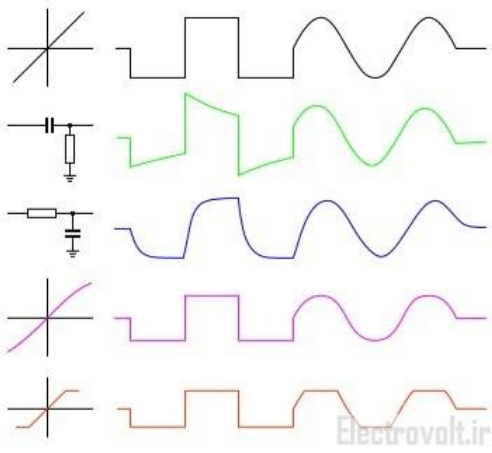
کاهش انرژی سیگنال؛ هنگام عبور سیگنال از محیط انتقال بخشی از انرژی سیگنال به دلیل مقاومت محیط، هدر می رود. مثلاً در محیط سیم ممکن است به گرما تبدیل شود. میزان تضعیف سیگنال به عواملی مانند فرکانس سیگنال، ویژگی های محیط انتقال مثل جنس سیم و طول سیم و مواردی از این دست وابسته است.



اعوجاج Distortion

تغییرات در شکل و فرم سیگنال؛ اعوجاع در سیگنال های مرکب که از چندین هارمونی تشکیل شده اند اتفاق می افتد. اعوجاج ممکن از نوع تاخیری باشد (Delay Distortion) و یا از نوع Intersymbol Distortion (معادل فارسی ندارد) در Delay Distortion هنگامی که سیگنالی ارسال می شود بخشی هایی از سیگنال با تاخیر بیشتری نسبت به بخش های دیگر سیگنال به مقصد برسند. این مساله باعث تغییر فاز سیگنال می شود.

Intersymbol Distortion در اثر Delay Distortion به وجود می آید. فرض کنید جریانی از بیت ها بوسیله سیگنال دیجیتال و یا آنالوگ در حال ارسال باشد. در اثر اعوجاج تاخیری ، برخی از اجزای سیگنال تشکیل دهنده یک بیت ، ممکن است در مکان بیت دیگری قرار گرفته و در نتیجه ارزش آن بیت دچار تغییر شود



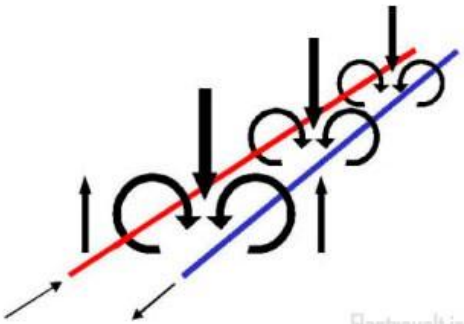
نویزNoise

اثری است ناخواسته از منابعی غیر از فرستنده که باعث تحریف سیگنال می شود. انواع نویز عبارت است از:

- نویز حرارتی
- نویز مدولاسیون داخلی
- نویز القایی
- نویز هم شنوایی
- نویز ضربه

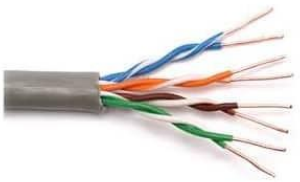
نویز هم شنواییCrossTalk

تاثیر یک سیم یا کابل بر روی یک سیم یاکابل دیگر که در اثر کوپلینگ الکترومغناطیس اتفاق می افتد. یک سیم نقش آنتن فرستنده و دیگری نقش آنتن گیرنده را بازی می کند. برای مثال وقتی در حال تماس تلفنی صدایی گرچه ضعیف از مکالمه دیگری را می شنوید.



انواع کابل هایTwisted Pair

کابل های Twisted Pair از نظر جنس شیلد و نحوه قرار گرفتن شیلد در دو دسته کلی قرار می گیرند: UTP وSTP



UTP Cable

STP Cable

Electrovolt.ir

UTPیا Unshielded Twisted Pair

- زوج سیم های تابیده شده درون غلاف پلاستیکی قرار دارند.
- درون غلاف هیچ حفاظ یا Shield دیگری بر روی زوج سیم ها وجود ندارد.
- نسبت به STP ارزانتر است.
- نسبت به STP نویز پذیرتر است. چون هیچ شیلدی برای زوج سیم ها ندارد.
- UTPرا با UDP که پروتکلی است در لایه 4 در مدل OSI اشتباه نگیرید.

STPیا Shielded Twisted Pair

- همان کابل UTP است با این تفاوت که داخل غلاف، بر روی زوج ها یک یا دو شیلد کشیده شده است.
- شیلد کشیده شده بر روی زوج سیم، یک ورق فلزی مانند فویل است (آلومینیوم)
- در برخی موارد یک شیلد سیمی رشته ای بر روی فویل قرار می گیرد.
- هدف از این شیلد گذاری افزایش مقاومت کابل در برابر امواج الکترومغناطیسی و نویز است.
- اگر این شیلد ها به زمین متصل شوند، نقش حفاظتی بیشتری در مقابل نویز خواهند داشت.

انواعSTP

بسته به نوع شیلد و نحوه قرارگیری آن بر روی زوج سیم ها، دسته بندی های گوناگونی برای STP به وجود می آید:

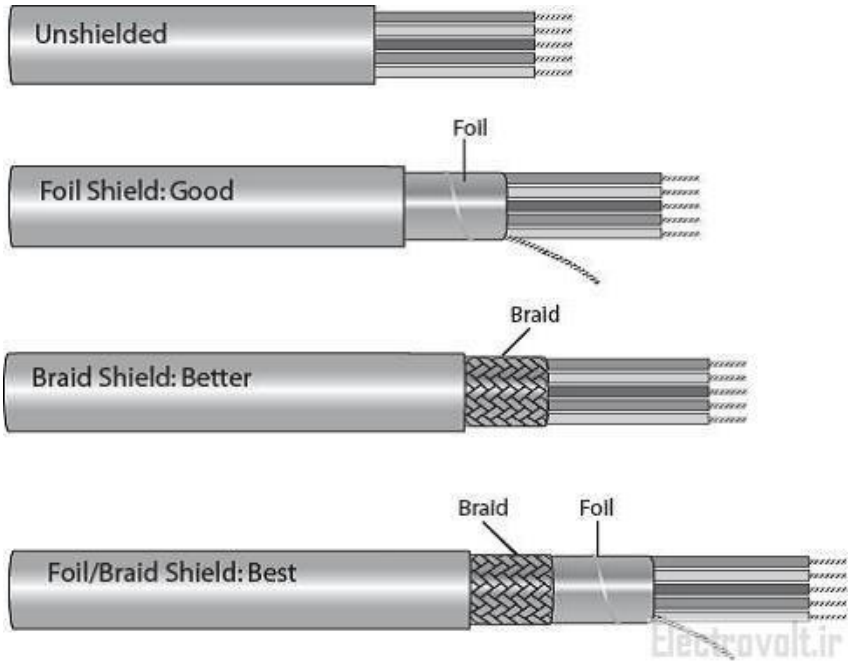
- اگر جنس شیلد فویل باشد، نوع کابل FTP می شود.
- کابل FTP هیچ ربطی به پروتکل FTP (File Transfer Protocol)که در لایه 7 مدل OSI کار می کند، ندارد.
- اگر جنس شیلد از نوع رشته سیمی (Braid) باشد، نوع کابل STPمی شود.
- شیلد ممکن است هم روی کل زوج سیم ها باشد و هم به طور مجزا بر روی هر زوج سیم کشیده شده باشد.

به طور کلی دو نوع شیلد بندی وجود دارد یکی Foil و دیگری. Braid

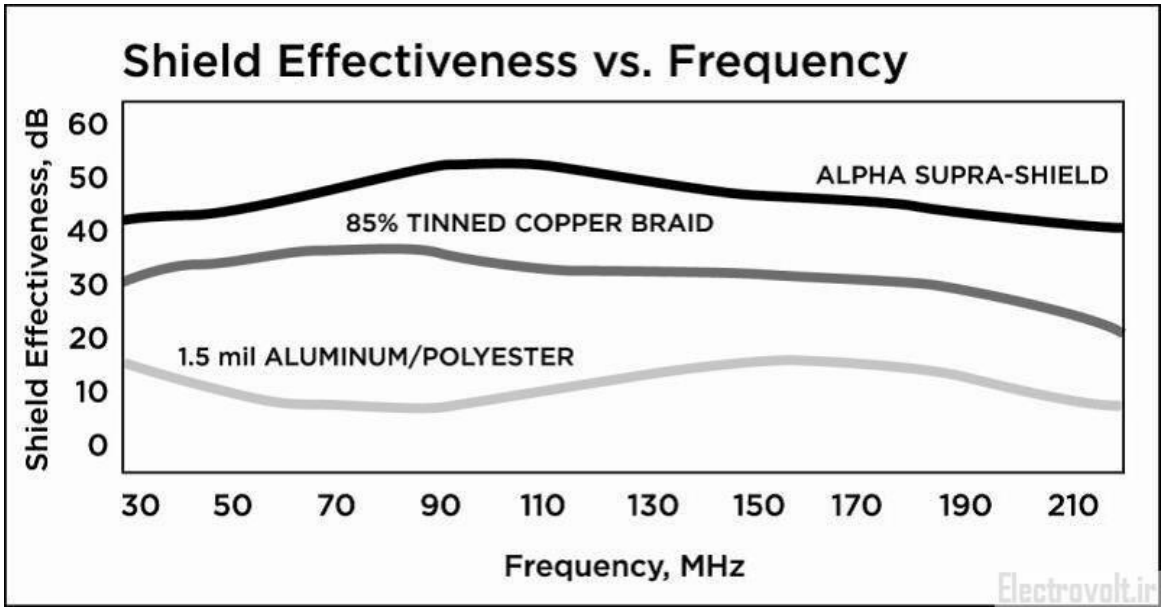
در شیلد بندی با فویل یک لایه نازک از آلومینیوم به همراه یک لایه نازک پلاستیکی روی سیم قرار دارد. در این نوع شیلد بندی پوشش 100 درصد وجود دارد که خوب است.

در شیلد بندی با Braid از سیم مسی نازک با مقاومت کم در اطراف سیم استفاده می شود که باعث می شود اتصال به زمین (Grounding) راحت تر صورت گیرد اما به علت فضاهای خالی (gap) پوشش 100 درصد ندارد. پوشش های مختلفی از Braid وجود دارد که معمولا بین 70 تا 95 درصد می باشد.

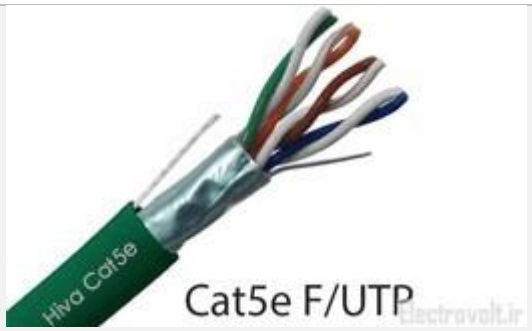
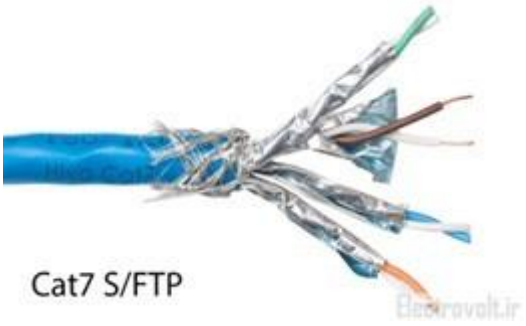
برای محیط های خیلی پر نویز استفاده از هر دو نوع شیلد بهتر است. اینگونه شیلد بندی را Foil-Braid گویند. شکل زیر این موضوع را نشان می دهد.



نمودار زیر مقایسه بین سه مدل شیلد دار فوق را نشان می دهد.



جدول زیر انواع کابل های Twisted Pair را بر اساس استاندارد ISO/IEC 11801 نشان می دهد:

نام رایج	نام گذاری بر اساس استاندارد ISO/IEC 11801	نوع شیلد روی هر زوج سیم	نوع شیلد روی کل زوج سیم ها	تصویر
UTP	U/UTP	ندارد	ندارد	
STP	U/FTP	ندارد	فویل	
FTP	F/UTP	فویل	ندارد	
SSTP	S/FTP	رشته سیم	فویل	
SFTP	SF/UTP	فویل - رشته سیم	ندارد	

FFTP	F/FTP	فویل	فویل	

علاوه بر دسته بندی بالا که بر اساس جنس شیلد و شیوه قرارگیری آن در کابل بود، کابل های Twisted Pair بر اساس پهنای باند، Bit Rate و کاربرد، در دسته بندی ها یا Category های مختلفی قرار می گیرند. جدول زیر طبق استاندارد ISO/IEC 11801 بیان گر این Category ها می باشد.

نام کابل	پهنای باند	Bit Rate	مسافت	کاربرد
Level 1 (cat1)	0.4-1 MHz	-	-	**انتقال صدا** **نامناسب برای شبکه های کامپیوتری**
Level 2 (cat2)	4 MHz	4 Mbps	-	**انتقال صدا – دیتا** **شبکه های Token Ring و تلفن**
Cat3	16 MHz	10 Mbps	100متر	**انتقال صدا – دیتا** **10Base-T** **100Base-T4**
Cat4	20 MHz	16 Mbps (token Ring) 100 Mbps (100Base-T4)	100متر	**انتقال صدا – دیتا** **10Base-T** **100Base-T4** **Token Ring**
Cat5	100 MHz	1 Gbps (اسمی) 100 Mbps (در عمل)	100متر	**انتقال صدا – دیتا – ویدئو** **10Base-T** **100Base-TX** **1000Base-T**
Cat5e	100 MHz	1 Gbps	100متر	**100Base-TX** **1000Base-T** **ظریب پیچش بیشتر نسبت به Cat5**

Cat6	250MHz	1 Gbps 10 Gbps	100متر 55متر	**10GBase-T**
Cat6a	500-550 MHz	10 Gbps	100متر	**10GBase-T**
Cat7	600-1000 MHz	10 Gbps	100متر	**10GBase-T**
Cat7a	1000-1200 MHz	40 Gbps 100 Gbps	50متر 15متر	**40GBase-T**
Cat8/8.1	1600-2000 MHz	40 Gbps	بیش از 30 متر	**40GBase-T** **در حال توسعه** **کاربرد در Data Center**
Cat8.2	1600-2000 MHz	40 Gbps	بیش از 30 متر	**40GBase-T** **در حال توسعه** **کاربرد در Data Center**

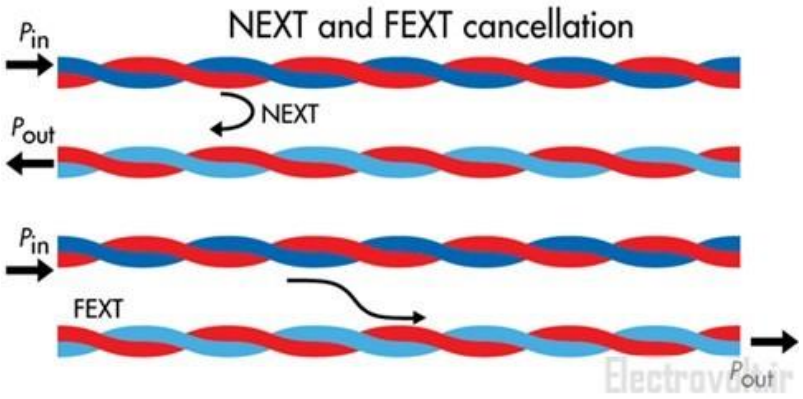
شاید یکی از سوالاتی که ذهن شما را درگیر می کند این باشد که با توجه به وجود Cat7a دیگر چه نیازی به کابل های خانواده Cat8 است؟ برای بهره گیری از سرعت 40 Gbps به فرکانس بیشتر از 1 GHz نیاز است که این مساله در Cat8 حل می شود. البته Cat8 همچنان در حال توسعه است و ویژگی های واقعی آن پس از نهایی شدن این محصول مشخص می شود.

بررسی نویز Crosstalk در کابل های Twisted Pair

هم شنوایی بین زوج سیم های درون کابل. هر زوج سیم در کابل Twisted Pair بر روی زوج سیم های دیگر اثر می گذارد.

نویز NEXT و FEXT

اثر هم شنوایی را می توان در Near (نزدیک) و یا در Far (دور) اندازه گیری کرد. همانطور که در شکل زیر مشاهده می کنید ، نویز NEXT بین دو سیم در خلاف جهت و نویز FEXT بین دو سیم در جهت یکسان اتفاق می افتد.



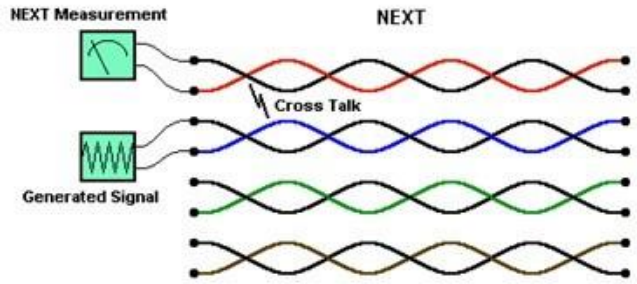
ELFEXT

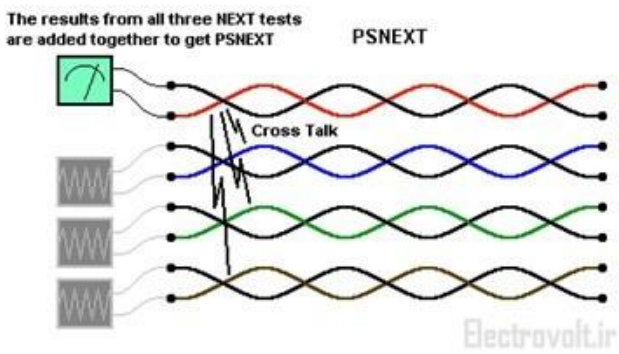
فرض کنیم می خواهیم اثر Crosstalk را بر روی یک زوج سیم در حالت Far یا دور بررسی کنیم .(FEXT) فرض کنیم در زوج سیم اثر تضعیف هم وجود داشته باشد (که در واقعیت دارد). در این صورت علاوه بر سیگنال های اصلی ای که ما فرستادیم، خود نویز FEXT نیز تحت تاثیر اختلال تضعیف قرار می گیرد و توانش کم می شود. پس در نهایت بر روی زوج سیم، نویز FEXT ای که تضعیف شده است، اثر نهایی را می گذارد. به نویز FEXTتضعیف شده، ELFEXT می گویند.

```
ELFEXT = FEXT - A
A = تضعیف
```

PSNEXT و PSFEXT

بر هر زوج سیمی از طرف 3 زوج سیم دیگر اثر NEXT گذاشته می شود. مجموع نویز های NEXT بر روی یک زوج سیم همان PSNEXT است. مجموع نویز های FEXT هم PSFEXT نامیده می شود.





PSLFEXT

فرض کنیم می خواهیم اثر Crosstalk را از طرف 3 زوج سیم دیگر بر روی یک زوج سیم در حالت Far یا دور بررسی کنیم .(PSFEXT) سیگنال تحت تاثیر نویز PSFEXT قرار گرفته است. اما خود PSFEXT هم تحت تاثیر تضعیف یا Attenuation قرار گرفته و از اثرش کم شده.پس آنچه سیگنال ما را تحت تاثیر قرار می دهد PSFEXT ای است که تضعیف شده PSELFEXT .همان PSFEXT تضعیف شده است.

```
PSELFEXT = PSFEXT - A
```

هدف از پیچش زوج سیم ها در کابل Twisted Pair ، کاهش اثر Crosstalk است. هر چه تعداد پیچش زیادتر باشد، اثر Crosstalk نیز کمتر می شود.

اما از طرفی هر چه تعداد پیچش بیشتر باشد، مقدار سیم بیشتری مصرف می شود. یعنی مثلا اگر ما دو عدد سیم با طول 1متر را 10 بار بپیچانیم در نهایت یک زوج به هم تابیده 80 سانتی متری داشته باشیم و اگر 20 با بپیچانیم یک زوج به هم تابیده 60 سانتی متری داشته باشیم. پس یک متر کابل 20 بار تابیده شده گرانتر از یک متر کابل 10 بار تابیده شده است.

مساله دیگر این است که اگر سیگنالی را هم از یک متر کابل 20 بار تابیده شده و هم از یک متر کابل 10 بار تابیده شده عبور دهیم، سیگنالی که از یک متر کابل 20 بار تابیده شده عبور می کند مسافت بیشتری را طی کرده است. پس بیشتر تضعیف شده است.

با توجه به موارد بالا، باید تعادلی را در پیچش زوج سیم ها رعایت کنیم تا این پیچش به گونه ای باشد که اثر Crosstalk و تضعیف در کمترین حد خود باشد. در کابل های Twisted Pair تعداد پیچش هر زوج سیم با دیگری متفاوت است. همه این عوامل دست به دست هم می دهند تا انواع مختلفی از کابل های Twisted Pair داشته باشیم.

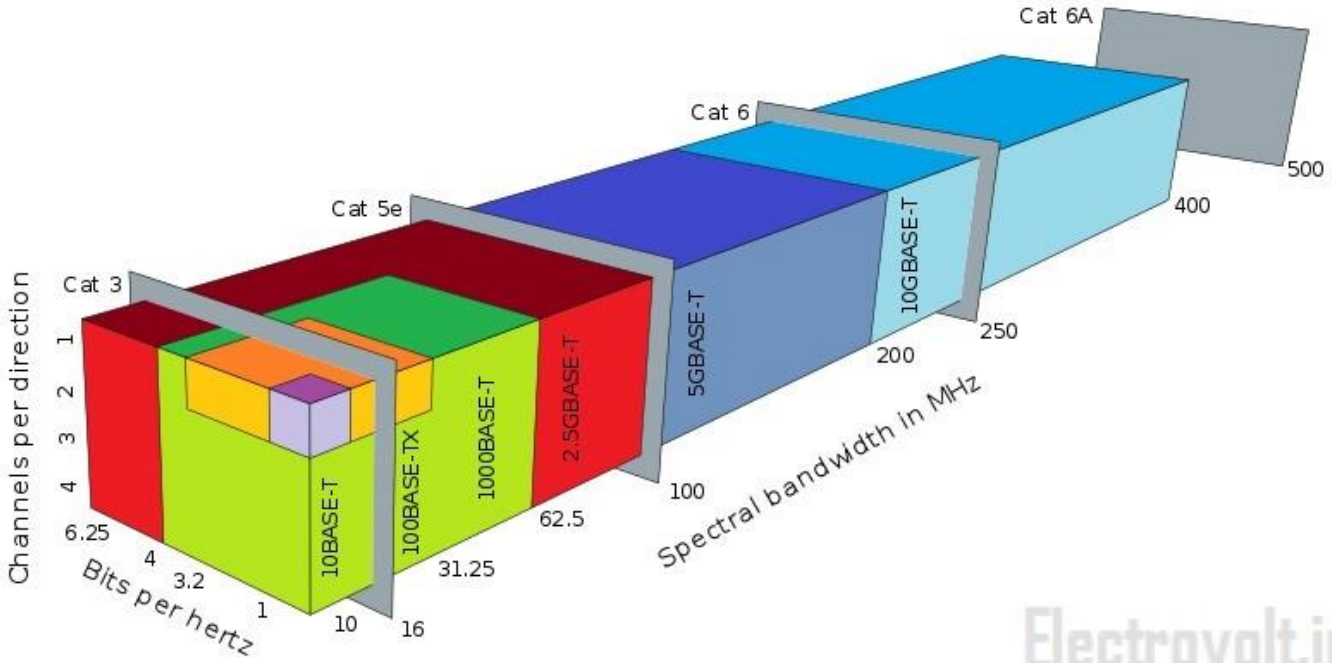
انواع پروتکل هایEthernet

در شکل زیر انواع پروتکل های استاندارد شده اترنت از سال 1986 به همراه سرعت ، مسافت و نام استاندارد لیست شده است.

Speed [Mbit/s]	Distance [m]	Name	Standard / Year	Description
1	100 (nominally)	StarLAN	802.3e 1986[16]	Runs over four wires (two twisted pairs) on telephone twisted pair or Category 3 cable. An active hub sits in the middle and has a port for each node. Manchester coded signaling.
10	100 (nominally)	LattisNet	(pre) 802.3i 1987	Runs over AT&T Premises Distribution System (PDS) wiring or four wires (two twisted pairs) on telephone twisted pair or Category 3 cable.[7][17]
10	100 (nominally)[18]	10BASE-T	802.3i 1990	Runs over four wires (two twisted pairs) on a Category 3 or Category 5 cable. Star topology with an active hub or switch sits in the middle and has a port for each node. This is also the configuration used for 100BASE-T and Gigabit Ethernet. Manchester coded signaling.
100	100	100BASE-TX	802.3u 1995	4B5B MLT-3 coded signaling, Category 5 cable copper cabling with two twisted pairs.
1,000	100	1000BASE-T	802.3ab 1999	PAM-5 coded signaling. At least Category 5 cable with four twisted pairs copper cabling. Category 5 cable has since been deprecated and new installations use Category 5e. Each pair is used in both directions simultaneously.
2,500 5,000	100	2.5GBASE-T 5GBASE-T	802.3bz 2016	Downscaled 10GBASE-T for Category 5e (2.5G) and Category 6 (5G) cabling
10,000	100	10GBASE-T	802.3an 2006	THP PAM-16 coding. Uses category 6a cable.
25,000 40,000	≥30	25GBASE-T 40GBASE-T	802.3bq 2016[4]	Upscaled 10GBASE-T for proposed Cat 8.1/8.2 shielded cable
Speed [Mbit/s]	**Distance [m]**	**Name**	**Standard / Year**	**Description**

Electrovolt.ir

شکل زیر محدوده عملیاتی هر یک از این پروتکل ها را بر اساس پهنای باند و تعداد بیت ها در هر هرتز نشان می دهد.



Electrovolt.ir

کانکتور RJ45

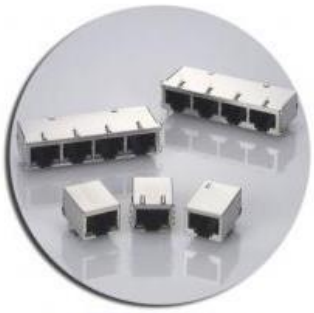
کانکتور RJ45 که مخفف Registered Jack 45 و نام دیگر آن (8position, 8contact) 8P8C می باشد ، یک کانکتور استاندارد است که به منظور اتصال فیزیکی کامپیوترها و تجهیزات توسط کابل در شبکه های LAN مورد استفاده قرار می گیرد. دو نوع از این کانکتور وجود دارد نوع Maleو نوعFemale . در شکل زیر انواع مختلف Female این کانکتور را مشاهده می کنید.

RJ45 Adapter type

RJ45+USB type

2xN Multi-port type

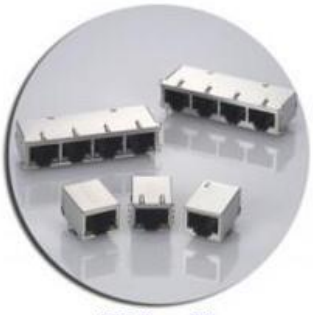
Low profile type


1xN Tab-Down type

1xN Tab-Up type

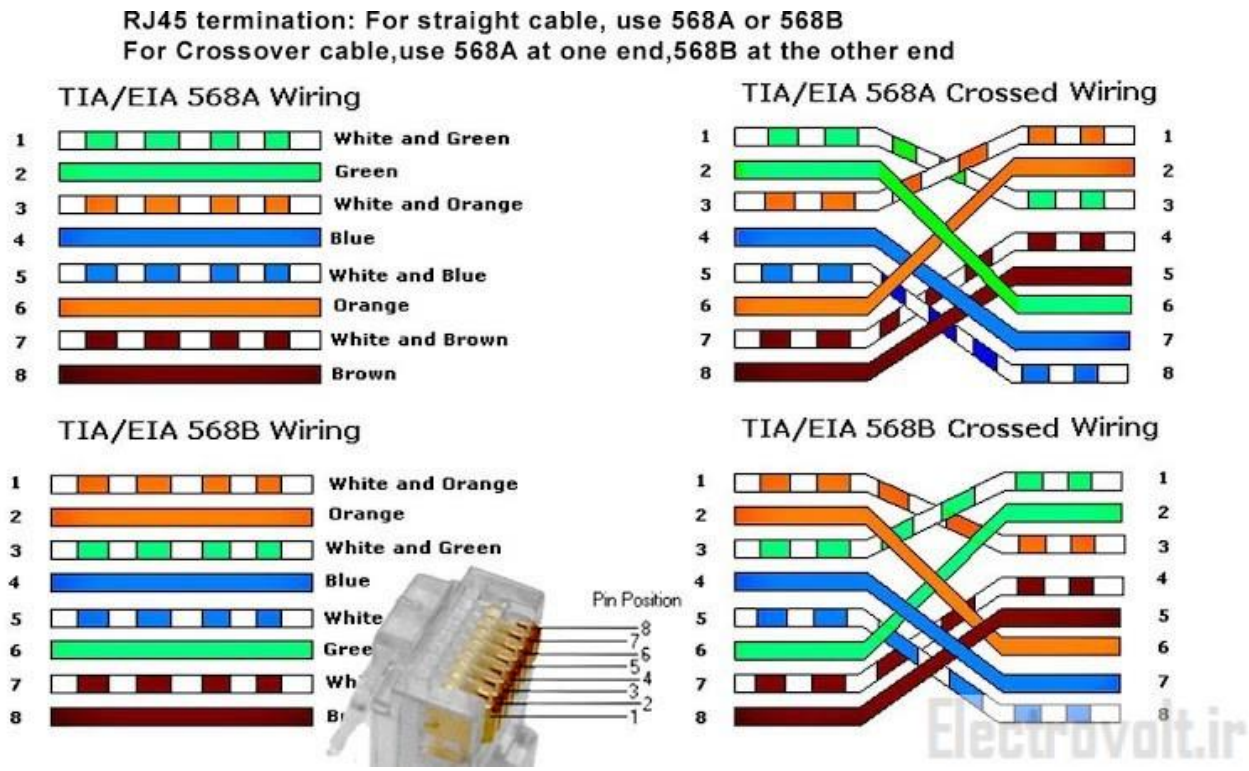
Vertical type

2.5G/5G Base-TX


10G Base-TX

Electrovolt.ir

دو استاندارد برای نامگذاری پایه های این کانکتور وجود دارد T568A وT568B . در هر یک از استانداردها نحوه قرار گیری متفاوتی از سیم ها وجود دارد این استانداردها را که توسط مجمع TIA/EIA ارائه شده است ، در شکل زیر مشاهده می کنید.



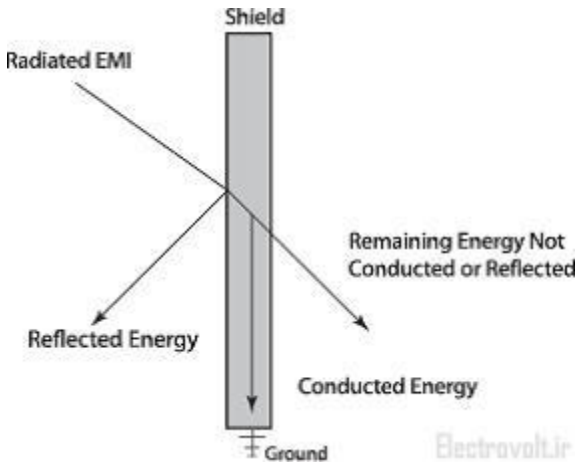
برای اتصال تجهیزات به شبکه از کابلی استفاده می شود که هر دو طرف آن به صورت 568 Aیا 568 Bبسته شده باشد) کابل .(Straight اما برای اتصال دو وسیله به صورت مستقیم به هم از کابل Crossover استفاده می شود که در آن یک طرف به صورت 568 Aو طرف دیگر به صورت 568 Bبسته می شود.

کانکتور RJ45 معمولا به صورت پلاستیکی و بدون شیلد می باشد. در صورتی که از کابل شیلد دار استفاده می کنید ، از کانکتورهای RJ45 فلزی استفاده می شود. در شکل زیر کانکتورهای بدون شیلد و شیلد دار را مشاهده می کنید.

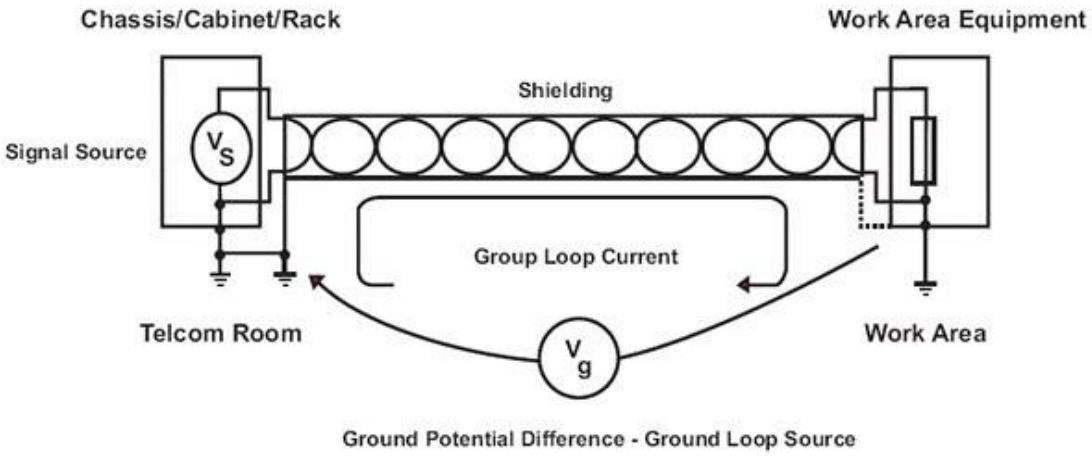
استفاده از کابل شیلد دار

برای افزایش مقاومت در برابر نویز و افزایش سرعت انتقال دیتا ، از ارتباط LAN به صورت شیلد دار استفاده می شود. در شبکه های شیلد دار ، از کانکتورهای شیلد دار فلزی Rj45 و کابل های STP با سوکت فلزی استفاده می شود. سپس با اتصال همه شیلد ها به زمین ، ایمنی مدار افزایش می یابد.

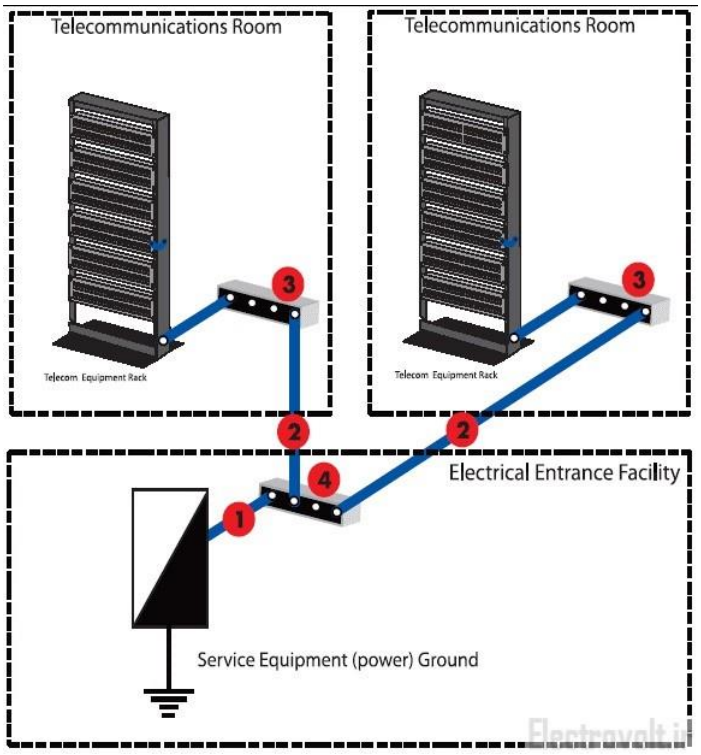
با وصل کردن شیلد به زمین برخی از اثرات الکترومغناطیسی محیط بازتابش و دور می شود و برخی دیگر جذب و خنثی می شود. شکل زیر این موضوع را نشان می دهد.



تذکر مهم : اگر در هنگام شیلدبندی از دو زمین در مدار استفاده کنیم و این دو زمین دارای ولتاژهای متفاوتی باشند ، در مدار حلقه بوجود می آید که این حلقه خود باعث بوجود آمدن نویز در مدار می گردد. شکل زیر این موضوع را نشان می دهد.



راه حل جلوگیری از این موضوع استفاده از یک زمین برای همه تجهیزات شبکه می باشد. زمین در همه تجهیزات به یکدیگر متصل می شود و در نهایت به یک ولتاژ متصل می گردد. شکل زیر این موضوع را بین دو رک (Rack) مختلف نشان می دهد.



منابع اصلی :

https://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet_over_twisted_pair

http://www.hiva-network.com/index.php/education/edu/459-twisted-pair-cable

http://www.mouser.com/pdfdocs/alphawire-Understanding-Shielded-Cable.pdf

https://www.siemon.com/us/standards/Screened_and_Shielded_Guide_4_Ground_Loops.asp

آموزش الکترونیک برای همه

Electro Volt.ir

FPGA | ARM | AVR | پروژه های الکترونیک | نرم افزارهای الکترونیک | کتاب های الکترونیک

Electrovolt_ir

Electrovolt.ir