

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
ÚSTAV APLIKOVANÉ INFORMATIKY**

Přenosové charakteristiky metalických spojů a jejich rušení

BAKLÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Rudolf Vohnout Ph.D.

Odborný konzultant: Ing. Pavel Musila

Vypracoval: Václav Liška

České Budějovice 2014

Bibliografické údaje

Liška, V. 2014: Přenosové charakteristiky metalických spojů a jejich rušení [Transmission characteristics of metallic wires and their interference. Bc.. Thesis, in Czech.] – 27 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Abstrakt

Metalické kabely jsou nedílnou součástí strukturované kabeláže, která se řídí přesně definovanými normami a postupy. Tato pravidla se dodržují k docílení požadovaných výsledků vycházejících z potřeby stabilního a spolehlivého spojení v síti.

Úkolem této práce bylo za pomoci několika experimentů otestovat kvalitu přenosu dat po metalických kabelech zejména za podmínek neslučitelných s normou nebo doporučenými pracovními podmínkami uvedenými výrobcem daných kabelů.

Zaměřila se na čtyři kabely, UTP, FTP a STP, kdy UTP byl ve dvou verzích a to verzích lišících se výrobcem daného kabelu.

Hypotéza byla taková, že kabely mohou kvalitně pracovat i za podmínek překračující normu.

V průběhu testování a sběru naměřených dat došlo k zjištění, že na správnost posílání datových rámců má nejvyšší vliv Impulsní EMI a že existují velké rozdíly mezi kabely stejné kategorie různých výrobců. Rozdíl v ochranných prvcích je též hmatatelný a signál postihnutý útlumem kvůli velké délce je pro síťovou kartu čitelný i po 125 metrech.

Hypotéza, že kabely mohou kvalitně pracovat i za podmínek překračující normu či výrobcem doporučené pracovní podmínky, v provedených experimentech vyvrácena nebyla.

Wires are an integral component of any structured cabling system ruled by strictly defined norms and methods. These rules are necessary in order to achieve desired results based on the need for stable and reliable connection in a network.

The objective of this thesis was to test, through a series of experiments, the quality of data transfers via various wires, especially under circumstances contradicting norm or recommended working conditions as specified by the manufacturer.

It focused on four wires, UTP, FTP and STP, with two version of UTP by different manufacturers.

The hypothesis was that wires can work reliably even under conditions exceeding norms. During the testing and data collection, it was revealed that the correctness of sent data frames is mostly influenced by impulse EMI and that there are great differences between the same type of wire depending on its manufacturer.

There is also a noticeable difference in protective elements and the signal affected by decline due to its length is measurable by the network interface controller even after 125 meters. The hypothesis that wires can reliably work even under conditions exceeding the norm or conditions other than those recommended by the manufacturer was not refuted in the course of the experiments.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 12. 12. 2014

.....

Jméno a příjmení studenta

Poděkování

Tato práce by nemohla být dokončena bez prostředků zajištěných vedoucím práce, Ing. Růfolfem Vohnoutem, Ph.D., kterému patří mé díky. Střední škole spojů a informatiky v Táboře je třeba poděkovat za poskytnutí prostor ke všem experimentům a největší poděkování si zaslouží odborný konzultant a obětavý asistent Ing. Pavel Musila.

Dále je třeba poděkovat mé rodině, bez které bych neměl čas potřebný k dokončení práce a také mé nejmilejší a nejdražší Píšťalce, která by mi byla tou největší oporou.

Pravdou také je, že by nebylo inspirace bez Champieho a v nebi bych se po smrti nudou kousal, kdybych nepoděkoval i Velkému Maďarovi.

Těm všem děkuji!

Obsah

1. Úvod	4
2. Cíle práce	6
3. Používané přístroje	7
4. Metodika	10
5. Experimenty	11
5.1. Rušivé vlivy	11
5.2. Vytvoření testovací sítě	16
5.3. Měření	19
5.3.1. Bez zdroje rušení	19
5.3.2. Zdroj spojitého EMI	20
5.3.3. Impulsní EMI	22
5.3.4. Zdroj přepětí	25
5.3.5. Vyšší pracovní teplota	26
6. Závěr	27
7. Literatura	28
8. Přílohy	31

Úvod

Pro dnešní informační společnost je přenos informací klíčový a jen málokdo si bez něj dokáže představit svůj život. Často se jedná o citlivá data, která mají pro svého vlastníka obrovskou cenu. Nejen proto se od takového přenosu požaduje co nejvyšší spolehlivost a konzistence vysílaných dat.

Přenos dat funguje za pomoci signálů, které procházejí skrz médium do požadovaného koncového zařízení. Přenosové médium určuje, jaký druh signálu se k přenosu použije. V případě vzduchu se jedná například o elektromagnetické vlny (bezdrátový wi-fi přenos) [1], u optických vláken je nositelem informace světlo [2], u metalických spojů jde o řetězce elektrických impulsů [3].

V ideálním světě by každý přenos probíhal beze ztrát a zkreslení na libovolnou vzdálenost. Skutečnost je bohužel taková, že každý z těchto přenosů, ať už prochází vzduchem, optickým vláknem, nebo metalickým drátem, se potýká s problémy plynoucími z prostředí a podmínek, které v jeho pracovním prostoru panují.

Tato práce si klade za cíl podrobit zkoušce stále ještě hojně využívanou technologii metalických spojů a zjistit, jak odolné a spolehlivé toto médium je za nepříznivých a mnohdy i výrobcem nedoporučených podmínek.

K tomu, aby mohlo proběhnout relevantní otestování této technologie, bylo zapotřebí vybrat zástupce metalických spojů, kteří jsou mezi sebou porovnatelní, ale současně se liší v použité ochraně.

Tyto vybrané metalické spoje se testují v různých délkách, které v několika případech dokonce překračují doporučenou maximální vzdálenost [4]. Naleznou tak odpověď na otázku, zda je tato určená hraniční vzdálenost opravdu hraniční a signály nad ní jsou odsouzeny ke katastrofické míře chybovosti, nebo by bylo možné tuto hranici o nějakou použitelnou vzdálenost rozšířit.

Data, ze kterých se bude vycházet, se budou shromažďovat z několika měření za stejných podmínek, aby se minimalizoval vliv náhody a aby měl konečný verdikt co nejvyšší vypovídací hodnotu.

K otestování byly vybrány čtyři druhy metalických kabelů:

UTP (nestíněná kroucená dvojlinka) kategorie 6

- Solarix
- Planet Elite

FTP (fólií stíněná kroucená dvojlinka) kategorie 6

- Solarix

STP (stíněná kroucená dvojlinka) kategorie 6a

- Solarix

Jedná se o kabely určené pro horizontální strukturovanou kabeláž, které by neměly být využívány v délkách překračujících sto metrů [4]. Současně s tím by se měl minimalizovat souběh s jinými vodiči.

Jejich rozdílné stupně stínění budou ukazovat nejen význam těchto ochranných prvků, ale také míru, s jakou bude na jednotlivé kabely působit uměle vytvářené rušení. To bude vznikat v laboratorních podmínkách.

V závěru práce se tedy ukáže, jak si tyto kabely vedly díky vyhodnocení veškerých naměřených a zaznamenaných dat. Grafem se vizualizuje vliv rušivých vlivů a pomocí dedukce dosáhne vytyčených cílů.

Cíle práce

Předpokládá se, že vybrané certifikované kabely jsou skutečně účinné a že jsou schopné do určité míry spolehlivě pracovat i nad udávané maximální rozměry, doporučený souběh a pracovní teploty.

Cílem této práce pak je:

- Experimentálně ověřit a zaznamenat, s jakou chybovostí prochází signál médiem za různých rušivých vlivů.
- Rozhodnout, zda jsou výrobcem deklarovaná stínění a doporučené pracovní podmínky (maximální délka kabelu, pracovní teplota,...) dostatečnou ochranou metalického vedení.
- Vyhodnotit, které rušení signál ovlivňovalo nejvýznamněji.

Použité přístroje

Metalické spoje:

K otestování byly zvoleny čtyři druhy kabelů.

1. UTP kabel kategorie 6 Planet Elite (KAB-UTP6-D-V-GR) od společnosti XtendLan
2. UTP kabel kategorie 6 (SXXD-6-UTP-PVC) od společnosti Solarix
3. FTP kabel kategorie 6 (SXXD-6-FTP-PVC) od společnosti Solarix
4. STP kabel kategorie 6a (SXXD-6A-STP-LSOH) od společnosti Solarix

XtendLan dle svých vlastních slov poskytuje profesionální výrobky pro zkušené techniky a manažery IT [5].

Solarix tvrdí, že jde v jeho případě o nejprodávanější strukturované kabeláže na českém trhu splňující požadavky mezinárodních standardů [6].

Ve všech čtyřech případech se jedná o technologii kroucené dvojlinky. Kroucená dvojlinka je druh kabelu používaný v telekomunikacích a počítačových sítích. Je tvořena páry vodičů, které jsou po celé své délce pravidelně zkrouceny a zakrouceny jsou následně i samy výsledné páry. Jedná se o symetrické vedení, jelikož oba vodiče jsou v rovnocenné pozici, což znamená, že ani jeden není spojován se zemí či s kostrou. [7]

Smysl kroucení vodičů je takový, že zlepšuje elektrické vlastnosti kabelu. Díky němu dochází k minimalizaci přeslechů mezi páry a k vyzařování elektromagnetického záření do okolí i jeho příjmu z okolního prostředí.

K elektromagnetickému záření dochází, protože dva souběžně vedoucí vodiče se chovají jako anténa, a pokud je jimi přenášen střídavý proud, vyzařují do okolí elektromagnetické vlny. [8]

Kategorie 6

Kabely kategorie 6 jsou určeny pro horizontální rozvody strukturované kabeláže, který dle slov distributora splňují a rovněž převyšují požadavky specifikované v mezinárodních standardech.

Vodiče těchto kabelů jsou vyrobeny z měděného drátu a jednotlivé páry drátů jsou odděleny plastovým křížem. Plášť celého kabelu je vyroben z PVC. V případě FTP kabelu jsou všechny čtyři páry navíc obaleny přidaným ochranným prvkem, aluminiovou fólií [9].

Kategorie 6a

Kabely kategorie 6A jsou určeny pro použití ve velmi náročných aplikacích a stejně jako kategorie 6 splňují požadavky specifikované mezinárodními standardy. Vodičem je také měděný drát, ale s polyethylenovou izolací a jednotlivé páry jsou stíněny samostatně aluminiovou fólií. Typ pláště je LSOH. To znamená, že takový kabel splňuje standardy: Kyselost plynů vznikajících při hoření, Hustota kouře a Nehořlavost/šíření plamene kabelu s jednou izolací [10].

Dokumentace

V dokumentaci ke kabelu Planet Elite nalezneme všechny informace ohledně použitého kabelu. [11]

V případě kabelů od společnosti Solarix je dokumentace k oběma kategoriím téměř identická. Lze se z ní dozvědět, že obě kategorie používají jako vodič měděný drát AWG 23, obě mají totožný Delay skew a že jejich provozní teplota je od mínus dvaceti do plus šedesáti stupňů Celsia.

Rozdíly se ukazují v podporovaných protokolech (kategorie 6a podporuje 10GBaseT a nižší, kategorie 6 1000BaseT/TX a nižší), v průměru použité izolaci, průměru kabelu, v Propagation delay (zpoždění šíření), apod. Kategorie 6A je také testována do vyšší šířky pásma než kategorie 6 (do 500MHz).[9][10]

Krimpovací a stripovací kleště:

Krimpovací kleště neslouží k ničemu jinému než k nalisování konektoru na konec kabelu. Stripovací kleště umožňují snadné a bezpečné odříznutí vnějšího ochranného pláště kabelu tak, aby bylo možné jednotlivé páry drátů připravit na zalisování do příslušného konektoru.

Cisco Catalyst 2950:

Switch od společnosti Cisco je aktivním síťovým prvkem a zajistí v průběhu práce důležitou roli spočívající v analýze datového provozu.

Ta je realizována díky jeho výchozímu módu Store and Forward, který nedělá nic jiného, než že procházející data nejdříve ukládá do vyrovnávací paměti, kde ověřuje integritu dat předtím, než je odešle dál. Kontrolují se hlavičky rámců i jejich FCS (kontrolní součet) a až pak se data posílají dále. [12]

V tomto případě je klíčová kontrola FCS, která prozradí, kolik z poslaných rámců bylo po cestě zkresleno tak, že bylo třeba jejich opětovné zaslání. [13]

Měření probíhají na jeho Fast Ethernet portech, na kterých lze dosáhnout maximální přenosové rychlosti 100 Mbit/s [4].

Kompletní manuál s dokumentací lze najít na stránkách výrobce. [14]

DTX-ELT CableAnalyzer:

Tento přístroj je profesionální tester kabelů, který poskytuje podrobná data o měřených kabelech. Skládá se ze dvou přístrojů a to DTX-ELT CableAnalyzer a DTX-ELT SmartRemote. Tyto přístroje se od sebe liší tím, že SmartRemote nemá žádný displej a veškerá uživatelská nastavení a výsledky se realizují na CableAnalyzeru.

Dokumentaci k tomuto přístroji lze najít na stránkách výrobce. [15]

Metodika

Nejprve je třeba určit metodologický přístup, kterým se bude následný výzkum řídit. V tomto případě půjde o kvantitativní výzkum, verifikační experiment. Na jeho konci bude z naměřených hodnot vyvozeno dedukcí, zda je daná hypotéza platná, či nikoliv.

Dalším krokem je seznámení se s testovanými metalickými spoji na teoretické úrovni a určit, jakým druhům testů budou podrobeny. To znamená nastudování parametrů jednotlivých kabelů a naplánování podmínek, které budou simulovat žádané rušení (ať už půjde o útlum, který bude ovlivněn délkou testovaného spoje, o šum, který bude generován například elektronickými spotřebiči zapnutými v blízkosti spoje, nebo o teplotu okolí).

Dále je třeba rozvrhnout jednotlivé kroky k co nejefektivnějšímu využití času vymezeného k testování. Jelikož není možné operovat s nekonečným počtem libovolně dlouhých kabelů, je třeba logicky rozvrhnout měření tak, aby se daly otestovat v různě dlouhých verzích ty, které jsou k dispozici. Jedná se o již dříve zmíněné čtyři druhy, které mají shodnou délku 125 metrů.

Začne se s testováním 125 metrových kabelů, které se z obou stran za pomoci krimpovacích a stripovacích kleští opatří konektorem RJ-45.

Následuje pět sérií měření:

- Bez rušení (pozoruje se pouze vliv útlumu)
- Spojité, konstantní EMI
- Impulsní EMI
- Přepětí
- Vyšší pracovní teplota

Z těchto měření se zaznamenají pro tuto práci důležitá data.

Poté se kabely za použití štípaček, které snadno přestřihnou plášť i jednotlivé měděné dráty, zkrátí na další testovanou délku a veškerý již popsany postup se bude opakovat.

Každá série měření se provede desetkrát, aby se co nejvíce potlačil faktor náhody a dosáhlo se co nejpřesnějších výsledků.

Experimenty

Rušivé vlivy

Testované metalické spoje budou vystaveny několika druhům rušení, kterým je třeba nejdříve porozumět.

Útlum

Útlum je pojem, který v sobě skrývá ztrátu síly signálu, která může být způsobena například překročením maximální doporučené délky, kvalitou materiálu kabelu, podmínkami instalace kabelu, atd. Tuto ztrátu je nemožné fyzikálně eliminovat, neboť je způsobena odporem materiálu, kterým signál prochází. [16]

S útlumem se bojuje za pomoci repeaterů, ve kterých dochází k takzvané regeneraci signálu, kdy je vstupující signál uveden do původního stavu. [17]

Udává se v decibelech na jednotku délky (např. dB/100m) a je kmitočtově závislý, což znamená, že v čím vyšších kmitočtech kabel pracuje, tím vyšší je útlum. [9][10][11]

Účinky útlumu se budou testovat zejména překročením doporučené maximální délky kabelu.

Odraz

Odraz je produktem odrazu elektrického signálu od nějakého porušení kontinuity. Tou může být ukončení materiálu, jeho vada, apod. Při přechodu do jiného prostředí dochází k odrazu části energie, která, je-li dostatečně vysoká, může ovlivnit rozpoznávací schopnosti systému komunikací. Problémy s odrazem se minimalizují výběrem odpovídajících komponent a jejich správná instalace. [16]

Odraz je pro tuto práci nejméně přitažlivým druhem rušení, navíc se dá snadno minimalizovat pečlivým a správným nalisováním konektoru.

Šum

Šum je parazitní energie, která se nabalila na původní vysílaný signál. Žádný signál není bez šumu a úkolem je udržet ho na přijatelné úrovni. Vysoká úroveň šumu může změnit úroveň signálu a tím i její interpretaci, což je nežádoucí. Šum může generovat hned několik zdrojů.

Pro tuto práci je však nejzajímavější šum způsobený EMI (elektromagnetické rušení). Každý drát v kabelu se chová jako anténa a absorbuje signály i z vnějších zdrojů. Těmito zdroji jsou například blesky, elektromotory nebo rádiové systémy.

K co největší eliminaci tohoto druhu šumu je důležité vybrat kvalitní kabely a dodržet doporučenou vzdálenost a postup instalace. [16]

Protože není cílem této práce někoho v průběhu testování zabít bleskem, bude se tento šum generovat za pomoci přístrojů, které jsou zdroji EMI.

V rámci této práce se bude pracovat s těmito typy EMI:

- Impulsní rušení
- Spojité rušení

Elektrická zařízení dnes musí splňovat požadavky na Elektromagnetickou kompatibilitu (EMC), která je definována jako schopnost zařízení, systému nebo přístroje vykazovat správnou činnost i v prostředí, v němž působí jiné zdroje elektromagnetických signálů a naopak svou vlastní elektromagnetickou činností nepřípustně neovlivňovat své okolí, tj. nevyzařovat signály, jež by byly rušivé pro jiná zařízení. [18]

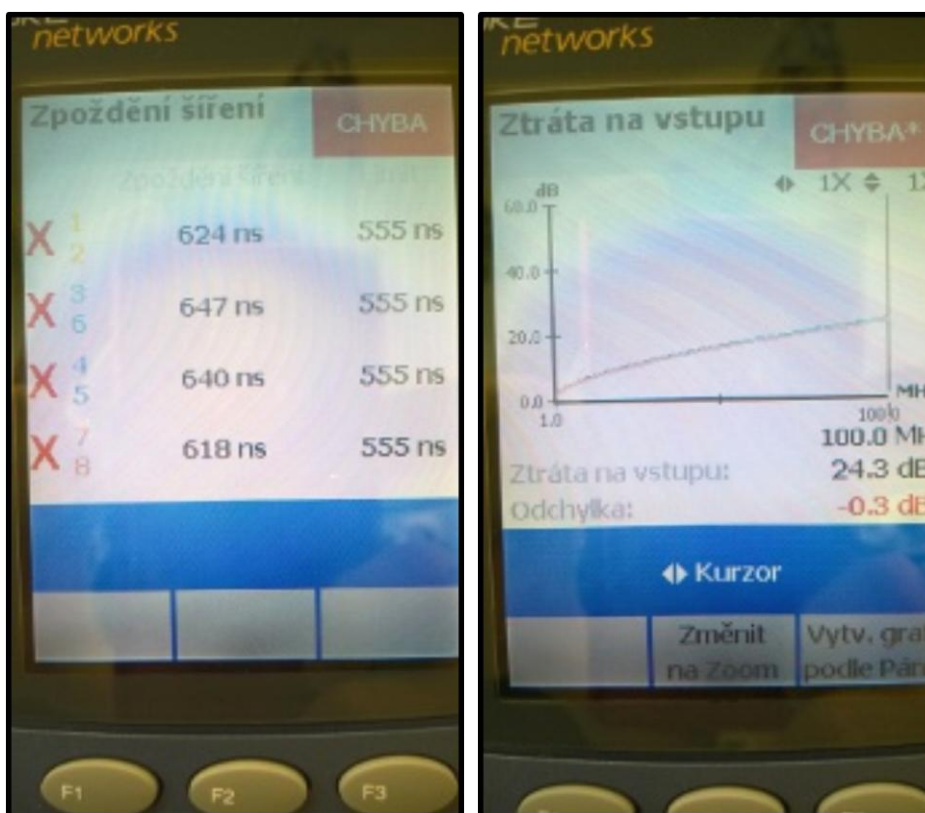
Výsledky testeru

Před samotným experimentálním měřením a testováním se všechny čtyři kabely otestovaly na kabelovém testeru DTX-ELT CableAnalyzer.

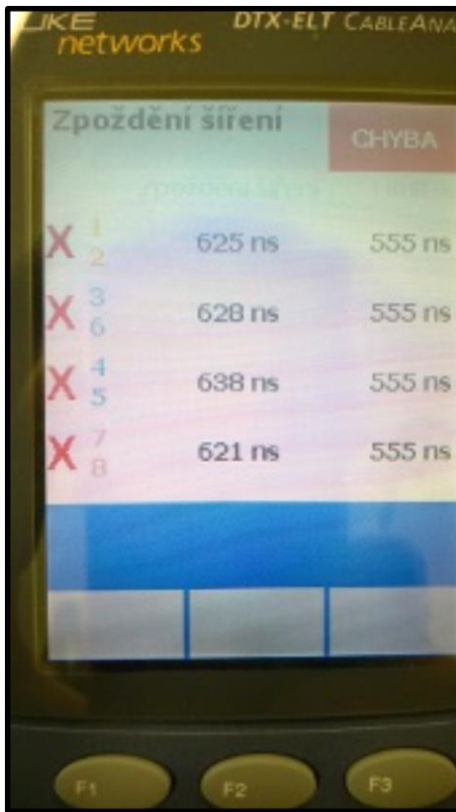
Kabel opatřený na obou koncích správným RJ-45 konektorem se jedním koncem zapojil do DTX-ELT CableAnalyzer a druhým do DTX-ELT SmartRemote.

Na CableAnalyzer se zvolil druh testovaného kabelu a pak už se zmáčklo pouze tlačítko TEST, které zahájilo automatické testování zapojeného kabelu.

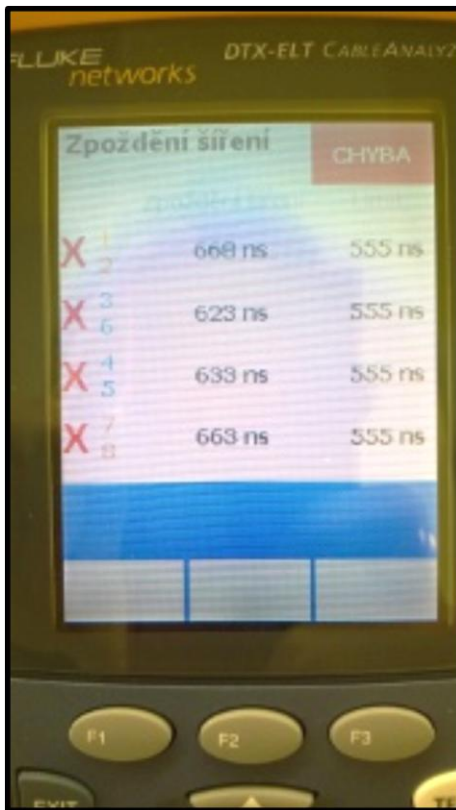
UTP cat6 Solarix



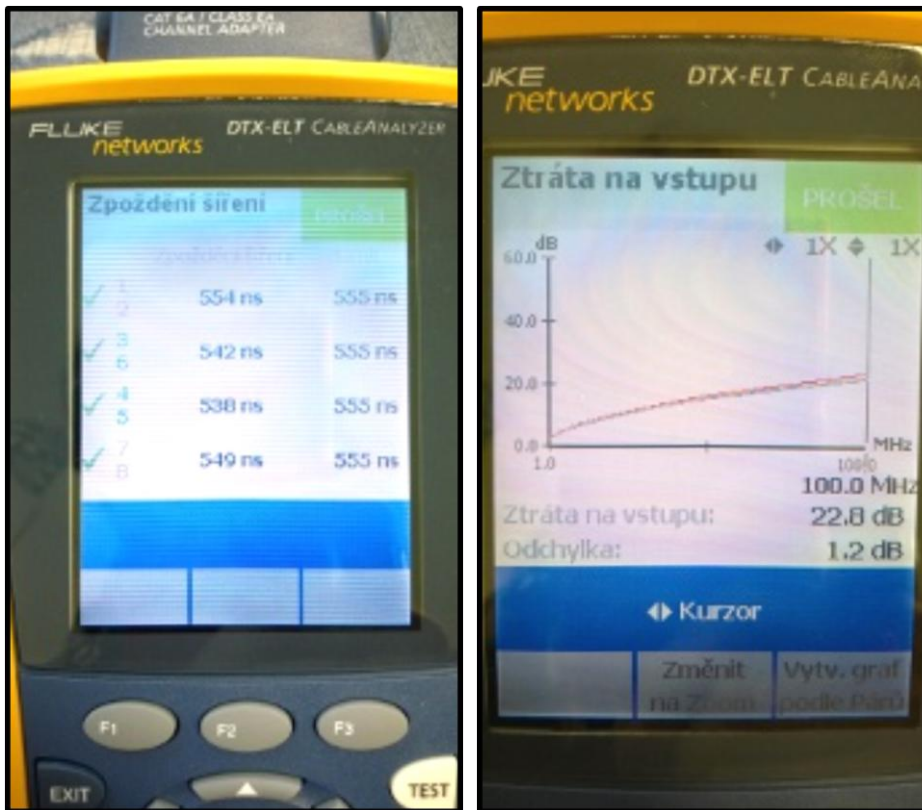
UTP cat6 Planet Elite



FTP cat6 Solarix



STP cat6a Solarix



Z obrázků lze vypočítat, že se kabely testovaly při 100 MHz.

- Na UTP kabelech se kromě zpoždění šíření projevil i mírně útlum na vstupu.
- U FTP kabelu je vidět, že útlum na vstupu je již v normě, ale zpoždění šíření je také vyšší.
- STP kabel prošel ve všech kategoriích, i když v té ve zpoždění šíření skutečně natěsno.

Vytvoření testovací sítě

V laboratoři, ve které veškeré měření probíhalo, se vytvořila jednoduchá síť za použití:

- switch Cisco Catalyst 2950
- PC
- dva notebooky
- metalické kabely

Jedním kabelem byl jednoduchý 40 centimetrů dlouhý UTP kabel kategorie 5e od společnosti Ningbo Kaifeng Electric Appliance Co., Ltd.

Druhým byl testovaný kabel, jehož délka závisela na fázi testování.

Konfigurace switche

Switch se přes sériový port spojil s PC.

Na PC se stáhl open source softwarového SSH a telnet klientu PuTTY, který nebylo třeba instalovat a stačilo jej spustit. [19]

V nabídce Session se zvolil sériový typ připojení a k připojení se ke switchi scházelo už pouze potvrdit výběr tlačítkem Open.

Nejprve se bylo třeba dostat do privilegovaného modu (příkaz: enable), ze kterého bylo možné přejít do konfigurační vrstvy (příkaz: configure terminal).

Z té se jednoduchým příkazem vytvořila virtuální síť (příkaz: interface vlan 88), které se přiřadila IP adresa (příkaz: ip address 192.168.200.1 255.255.255.0) a zajistilo se, že bude aktivní (příkaz: no shutdown).

Po navrácení se do konfigurační vrstvy (příkaz: exit) bylo třeba přiřadit do virtuální sítě ty porty, přes které budou propojeny notebooky a přes které bude probíhat datový přenos. To se provedlo vybráním rozsahu portů (příkaz: interface range fastEthernet 0/1 – 2), u kterých pak stačilo nastavit propouštění dat z vytvořené virtuální sítě (příkaz: switchport access vlan 88) a na konec ještě pro jistotu manuálně nastavit, aby vybrané porty nebyly náhodou vypnuté (příkaz: no shutdown).

Propojení všech prvků sítě

Po nastavení switchu přišlo na řadu připojení notebooků. Jeden z notebooků byl propojen testovacím kabelem na první port switchu (fa 0/1). Druhý notebook byl spojený krátkým UTP kabelem kategorie 5e na druhý port switchu (fa 0/2).

Na obou bylo třeba nastavit IP adresu z rozsahu sítě, která byla vytvořena na switchi.

Jednalo se o adresy 192.168.200.18 a 192.168.200.20.

Jakmile bylo propojení potvrzeno úspěšným ICMP dotazem jak mezi oběma notebooky, tak ze samotného switchu (příkaz: ping ip 192.168.200.18 a ping ip 192.168.200.20), na notebookech byl vybrán adresář, který byl do vytvořené sítě nasdílen a z kterého byl později odeslán testovací blok dat o počtu 1 250 000 rámců (přibližně 3,50 GB).

Ethernetový rámeček

Ethernetový rámeček je protokolová datová jednotka linkové vrstvy (2. vrstva ISO/OSI modelu) v síti Ethernet. Na fyzické vrstvě (1. vrstva ISO/OSI modelu) mu předchází preambule a oddělovač začátku rámečku (SFD).

Hlavička				Tělo	Patička
MAC cíle	MAC zdroje	802.1Q tag (volitelné)	Délka/Typ	Datové pole	FCS
6 oktetů	6 oktetů	(4 oktety)	2 oktety	42 – 1500 oktetů	4 oktety

Ethernetový rámeček začíná hlavičkou, která obsahuje:

- Cílovou MAC adresu.
- Zdrojovou MAC adresu.
- Nepovinnou část, která definuje virtuální síť. [20]
- Pole Délka/Typ při hodnotě menší než 1500 udává délku datového pole. Hodnoty nad 1536 indikují, jaký protokol je zapouzdřený v datovém poli rámečku.

Pokračuje tělem, které označuje:

- Datové pole slouží k přenosu dat vyšší vrstvy.

A končí patičkou, která se skládá z:

- FCS (kontrolní součet) se používá pro detekci poškozených dat při přenosu. [21]

Analýza chybných rámců

K tomu, aby bylo možné zjistit kolik z odeslaných datových rámců bylo doručeno v pořádku a kolik jich bylo chybných, nebylo třeba nastavovat nic, neboť switch Cisco Catalyst 2950 je automaticky nastaven na Store and Forward mode. Jeho počítačla chybných rámců pracují automaticky. Třeba bylo pouze vypsát seznam, který výsledky těchto počítačel zobrazí (příkaz: show controllers ethernet-controller).

Jelikož probíhalo opakované měření, bylo příhodné po každém měření a zaznamenání naměřených hodnot vyčistit seznam zobrazující výsledky počítačel (příkaz: clear controllers ethernet-controller). Na první pohled pak bylo zřejmé, jak přenos proběhl a nepletly se do něj výsledky předešlých měření.

Všechny konzolové příkazy lze najít online v manuálu vydanému k Cisco Catalyst 2950 [22].

V přílohách jsou na fotografiích zachyceny jednotlivé kroky konfigurace. (viz. Příloha 1)

V průběhu testování se v tomto seznamu objevily tyto zaznamenané chyby:

FCS errors – udává celkový počet rámců přijatých na rozhraní, které měly správnou velikost (v bytech), ale neměly správnou FCS hodnotu (kontrolní součet rámce).

Alignment errors – jedná se o počet rámců přijatých na rozhraní, mající lichý počet bytů [23].

Symbol error frames – počet rámců obsahujících chybný symbol.

False carrier errors – počet výskytů, při kterých rozhraní zaznamenalo falešný přenos, kdy rámec nebyl přenesen nebo přijat.

Invalid frames, too small – počet přijatých rámců, které měly méně než 64 bytů (včetně FCS bitů a vyjma hlavičky rámce) a stejně měly FCS error nebo Alignment error.

Invalid frames, too large – počet přijatých rámců, které měly více jak 1500 bytů (včetně FCS bitů a vyjma hlavičky rámce) a stejně měly FCS error nebo Alignment error. [22]

U jednotlivých měření se v rámci vizualizace pomocí grafu tyto hodnoty sečtou a dají vzniknout konkrétní hodnotě, kolik bylo chybných rámců. V přílohách však budou příslušné tabulky se všemi hodnotami, ze kterých se vycházelo. (viz. Příloha 2)

Měření

Bez zdroje rušení

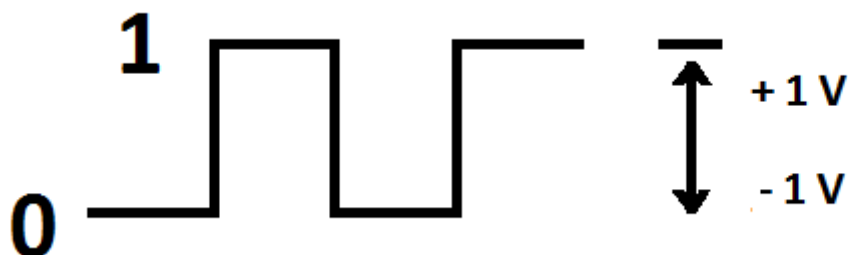
V okamžiku, kdy byly všechny kabely opatřeny správnými konektory a byly zapojeny do testovací sítě, se začalo samotným měřením.

Jak již bylo řečeno, jednalo se o řetězec čítající 1 250 000 rámců (přibližně 3,50 GB), který byl posílán přes switch, který zaznamenával počet chybných rámců.

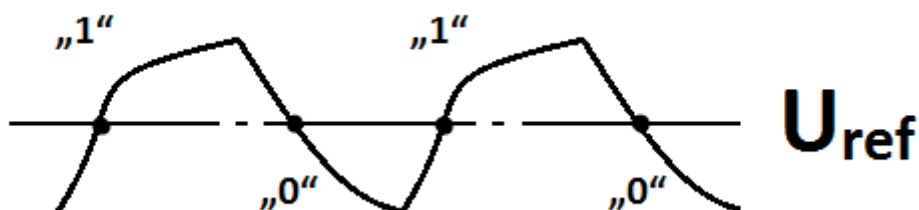
I když tester DTX-ELT CableAnalyzer zaznamenal při délce 125 metrů útlum u UTP kabelů pod normu, v žádném z deseti měření nebyl zaznamenán byť jediný chybný rámeček. Správné vyhodnocení má na starosti přijímač signálu, během experimentů switch, a je vhodné si popsat, jak takové vyhodnocení přenášených dat probíhá.

Přenášená data se převádějí do binární posloupnosti 0 a 1 [24]. V Ethernetu jsou na výstupu v datovém vodičích -3 a +3V, aby byla i po 100 metrech na vstupu přijímače amplituda signálu větší než +1, resp. -1V.

Přijímač pak rozlišuje tři napěťové úrovně +1V, 0V a -1V [25].



Logická 0 a 1 se na vstupu rozpozná pomocí referenčního napětí, které je rovné polovině výstupního napětí.



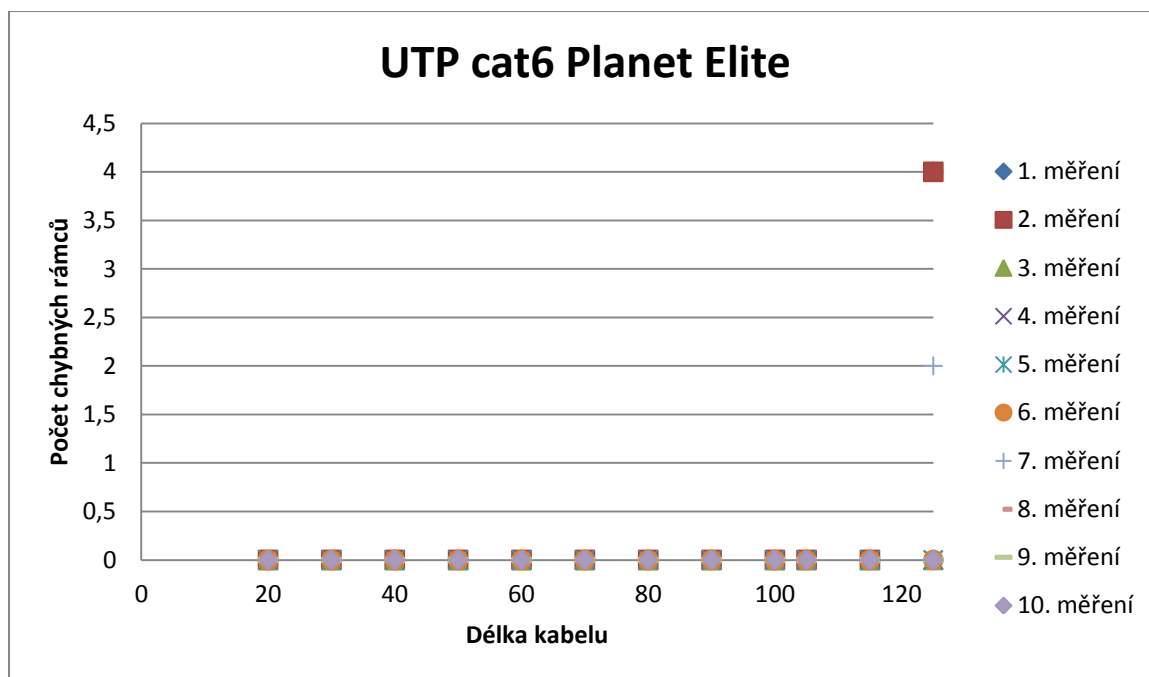
Přijímač rozhoduje o logické 1 a logické 0 tak, že sleduje přijímaný signál a porovnává ho s referenčním napětím. Pokud napětí signálu překročí referenční napětí, vyhodnotí se logická 1. Pokud klesne pod referenční napětí, vyhodnotí se jako logická 0. Dnešní operační zesilovače, které jsou součástí síťových karet, dokážou běžně zesilovat užitečný rozdílový datový signál 10^5 krát, a tak přijatý utlumený signál dostat do podoby, ze které je možné logické 0 i 1 vyhodnotit. [26]

U FTP i STP kabelu také nedošlo k žádnému chybnému rámcu a stejně tak dopadla měření při všech ostatních testovaných délkách.

Zdroj spojitého EMI

Aby se co nejvíce navýšil vliv rušení, byl zdroj EMI rušení o síle 1000 W zapojen do prodlužovacího kabelu o délce 50 metrů, který byl veden souběžně s testovaným kabelem.

I tak se objevilo jen několik chybných rámců a to u UTP kabelu Planet Elite pouze při maximální testované délce 125 metrů.

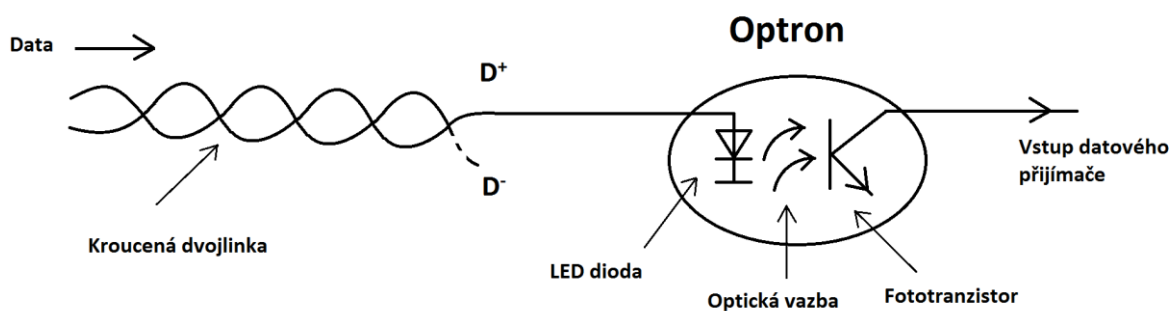


Graf zobrazuje počet chybných rámců v patřičné délce, ale je třeba si uvědomit, že proporčně neodpovídá objemu odeslaných dat.

Konkrétně při délce 125 metrů při spojitém EMI rušení se z deseti měření objevily chybné rámce pouze ve třech případech, a to maximálně 4 z celkového počtu 1 250 000 rámců, což je 0,0032% z celkového počtu rámců, tedy 0,32‰ (promile).

Setkáváme se zde se sériovým rušením. To se indukuje do uzavřených smyček vodičů mezi vysílačem dat a přijímačem [27].

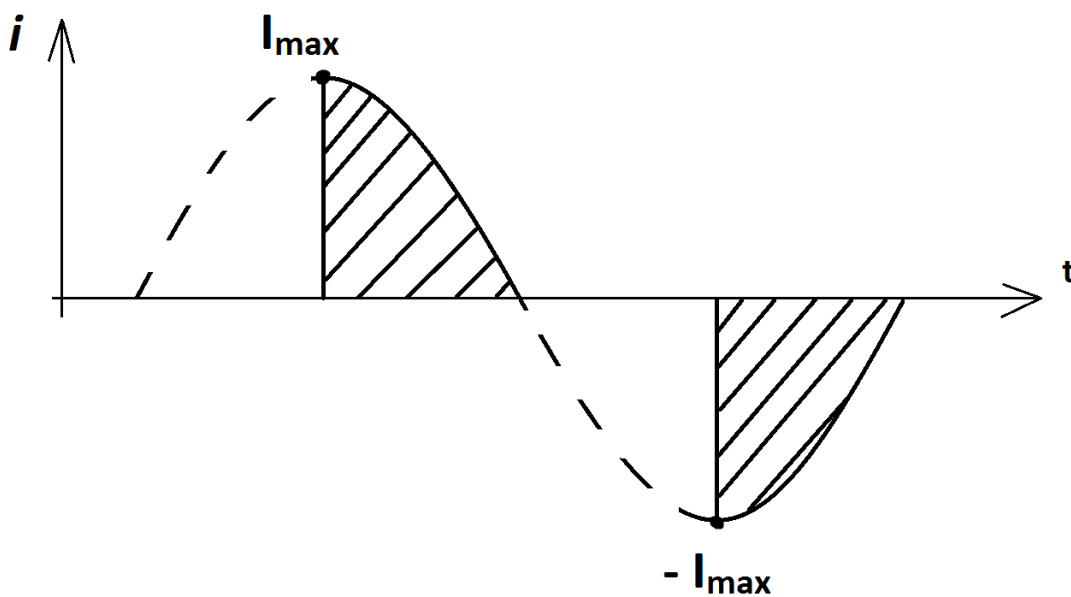
Odstraňuje se běžně galvanickým přerušením těchto smyček použitím optických vazebních členů (optronů – optoelektronický spojovací člen) standardně zapojených na vstupu datových přijímačů [28]:



Impulsní EMI

Toto rušení bylo simulováno stejným zdrojem EMI jako v předešlém popsaném experimentu, ale s tím rozdílem, že tentokrát během přenosu dat docházelo k opakovanému zapínání a vypínání zdroje.

Tento druh rušení zaznamenal nejvyšší míru chybovosti ze všech experimentů. Způsobeno je to tím, že z energetické sítě vzniká největší rušení při zapínání velkých proudů právě v okamžiku maxima sinusovky [29]:

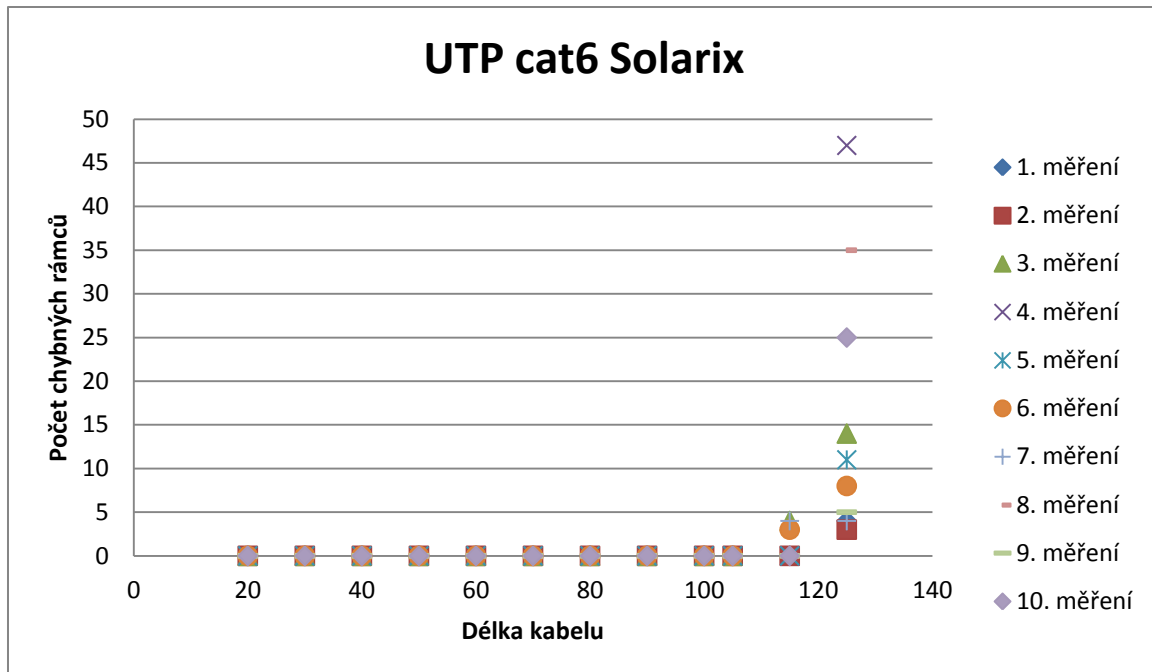


Takové rušení mohou produkovat neodrušené tyristorové nebo triakové regulátory výkonu.

Tyristor je polovodičová součástka, která slouží ke spínání elektrického proudu a funguje jako jakýsi řízený elektronický ventil.

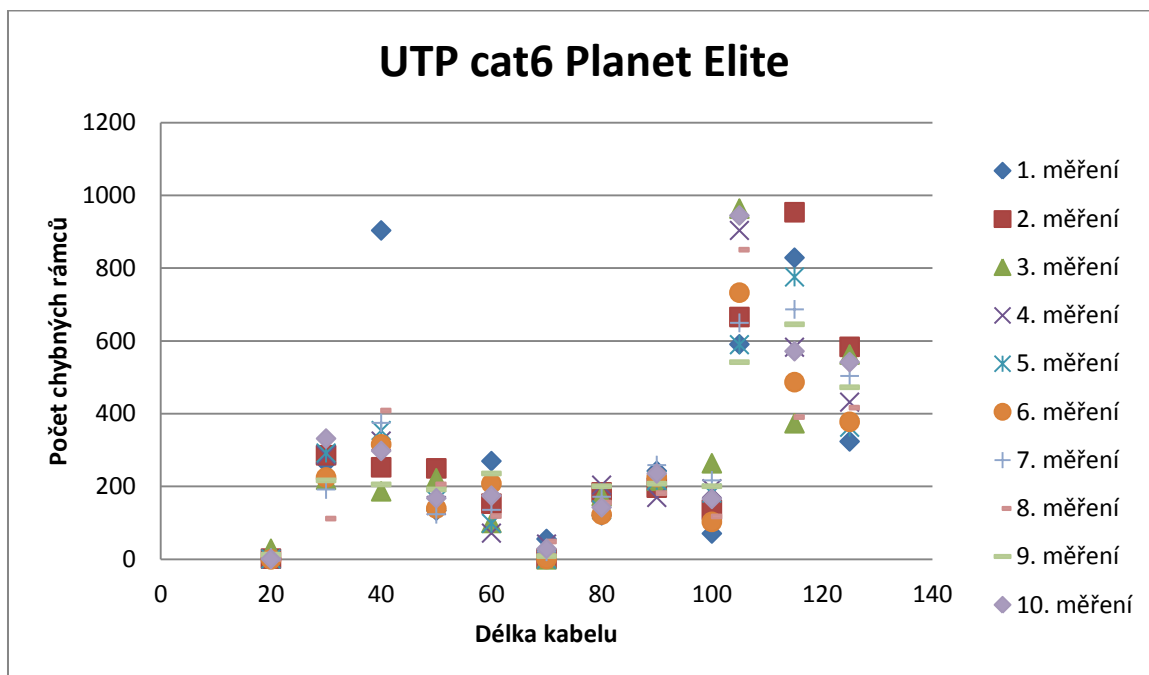
Triak je polovodičový prvek schopný vést elektrický proud oběma směry. Jsou konstruovány pro běžná napětí v rozvodných sítích a pro proudy do několika ampérů. Běžně se vyskytují v regulaci domácího osvětlení, otáček vrtaček, apod. [30]

UTP cat6 Solarix



Jak je vidět z grafu, u kabelu UTP od společnosti Solarix se objevila jistá míra chybovosti při délce 125 metrů, ale začala radikálně klesat se zkracováním jeho délky, až na 105 metrech takřka zmizela. V provedeném experimentu se u něj tedy podařilo naměřit maximálně 47 chybných rámců, což je pouhých 3,76%.

UTP cat6 Planet Elite



U UTP Planet Elite to už není tak jednoznačné. Chybné rámce se pohybují ve stovkách, a to takřka od délky kabelu 30 metrů až do finálních 125 metrů. Nacházejí se zde kvalitativní skoky, kdy mezi 105 a 115 metry docházelo k vyšší chybovosti než při délce 125 metrů. Jedná se sice stále o maximálně stovky chybných rámců z více jak milionu, ale demonstruje to, jak se od sebe mohou lišit dva kabely stejné kategorie lišící se výrobcem. Nejvíce naměřených chybných rámců bylo 964, což odpovídá 77,12‰

Zdroj přepětí

Tento test probíhal tak, že souběžně vedený prodlužovací kabel byl na konci vyzkratován a zapojen do jiného elektrického obvodu.

Během přenosu dat byl prodlužovací kabel zapojen do elektrického obvodu s motorovým 16 A jističem. Kvůli zkratu protékal kabelem na několik ns maximální proud, dokud neseplnil jistič a nerozpojil elektrický obvod.

Přepětí můžeme rozdělit na přírodní a uměle vytvořené. Klasickým představitelem přírodního zdroje přepětí je bleskový výboj, který může dosáhnout až 200 kA.

Uměle vytvořené přepětí mají na svědomí prakticky všechna spínací zařízení (stykače, jističe, relé,...).

Během měření bylo vygenerováno vždy více jak dvacet proudových špiček, ale ve výsledku kvalitu přenosu nijak neovlivnily a k zaznamenání chybných rámců nedošlo ani u jednoho z kabelů.

Jednalo se o souběžné rušení (součtové indukované napětí), které se indukuje zvnějška do obou datových vodičů stejně a potlačuje se diferenciálním (rozdílovým) zpracováním datového signálu mezi D^+ a D^- . [29]

Dnešní integrované obvody dokážou zesilovat užitečný rozdílový datový signál běžně 10^5 x tj. $20\log(10^5)=100\text{dB}$ a současně potlačovat rušivé součtové napětí 50 až 120dB, tzv. CMRR (Common mode rejection ratio).

Jednoduchým vzorcem lze pak vypočítat, jak velký vliv má CMRR na potlačování rušivého součtového napětí:

$$CMRR = 20\log \frac{U_{vst}}{U_{ruš}}$$

kde CMRR se je hodnota komparátoru v dB, U_{vst} je napětí užitečného signálu, $U_{ruš}$ je součtové napětí, které je na obou vodičích stejné. [31]

Vyšší pracovní teplota

Tento experiment probíhal tak, že se desetimetrový segment testovaného kabelu ponořil do nádoby s vodou o teplotě přibližně 100 stupňů Celsia a během toho probíhal datový přenos.

Ten byl testovaný hned několikrát a to při absenci EMI, při spojitém EMI i impulsním EMI.

Na žádném z měření se teplota na chybovosti posílaných dat nepodepsala. Pouze na polyethylenových pláštích kabelu došlo k jejich změknutí a poddajnosti. S rostoucí teplotou sice mírně roste odpor vodiče v kabelu, ale na útlum signálu to nemá podstatný, měřitelný vliv, protože útlum ohmickým odporem vodičů datového vedení je zanedbatelný oproti útlumu způsobenému induktivní reaktancí vedení $X_L = \omega \cdot L$, kde $\omega = 2\pi f$ a kmitočet f je v našich datových přenosech vysoký (10 MHz, 100 MHz i 1 GHz). [32]

Poznámka k analogii s charakteristickou impedancí vedení:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}} ; \text{ kde } R - \text{ odpor vedení}$$

L – indukčnost vedení

G – vodivost izolace mezi žilami vedení

C – kapacita mezi žilami vedení

U kvalitních kabelů platí, že $R \ll \omega L$ a $G \ll \omega C$. Lze tedy psát: [33]

$$Z_0 = \sqrt{\frac{j\omega L}{j\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

V případě našich UTP, STP i FTP kabelů je $Z_0 = 50\Omega$.

Měřením útlumu daných kabelů při 100° C se prokázalo, že vyšší teplota na útlum kabelu nemá měřitelný vliv. Vyšší teploty mohou však mít destruktivní vliv na ochranný obal kabelů a izolaci mezi jeho žilami.

Závěr

V rámci této bakalářské práce došlo k otestování metalických spojů, které byly vystaveny různým druhům rušení. Toto rušení ovlivňovalo datový přenos, který přes tyto metalické spoje probíhal, a ze zaznamenaných dat se následně vyhodnotily cíle této práce.

1. Všechny testované kabely byly prověřeny experimentální cestou a při té vystaveny několika druhům rušení. Všechna tato měření byla zaznamenána.
2. V provedených experimentech se ukázalo, že existují značné rozdíly mezi stejnými kabely různých výrobců.

Doporučené pracovní podmínky se v případě kabeláže od společnosti Solarix ukázaly jako garantující bezchybný provoz.

Při testech, které se neshodovaly s doporučenými pracovními podmínkami, se podařilo nevyvrátit hypotézu, že metalické kabely dokážou pracovat spolehlivě i nad tyto doporučené pracovní podmínky a normy.

Při překročení maximální délky aspoň 125 metrů sice došlo ke zpoždění šíření a mírnému útlumu, avšak s útlumem si přijímač signálu poradil díky operačnímu zesilovači na vstupu.

Při vysokých teplotách došlo pouze k změknutí plastového pláště kabelu a k ovlivnění signálu nijak nedošlo.

EMI rušení se na chybovosti posílaných dat projevilo mírně, a to v impulsní formě. Kabely s nějakým druhem přidané ochrany (FTP a STP) dopadly ve všech testech bezchybně a prokázaly tak, že tyto ochranné prvky mají reálný dopad na kvalitu přenosu v prostředí s rušením.

3. Nejvyšší míra chybovosti byla zaznamenána při působení impulsního EMI rušení.

Literatura

- [1] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 345. ISBN 9781133608196.
- [2] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 108. ISBN 9781133608196.
- [3] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 55. ISBN 9781133608196.
- [4] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 214-217. ISBN 9781133608196.
- [5] XtendLan: Datové sítě a komunikace. ASM SPOL. S R.O. [online]. © 2003-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.xtendlan.com/inpage/corporate/>
- [6] Solarix: O Solarixu. SOLARIX A.S. [online]. © 1994-2015 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: http://www.solarix.cz/info.jsp?name=o_solarixu
- [7] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 99. ISBN 9781133608196.
- [8] Kabeláž Strukturovaná.cz: UTP, FTP nebo STP kabel?. KABELÁŽSTRUKTUROVANÁ.CZ. [online]. © 2010 - 2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.kabelazstrukturovana.cz/utp-ftp-nebo-stp-kabel>
- [9] Kategorie 6: Instalační kabely Solarix. SOLARIX A.S. [online]. © 1994-2015 [cit. 2014-12-11]. Dostupné z: [http://www.solarix.cz/db/repository.nsf/v/A5FB7563D17AAD31C125783100286E92/\\$file/Datasheet_solarix_6_instal_kabely.pdf](http://www.solarix.cz/db/repository.nsf/v/A5FB7563D17AAD31C125783100286E92/$file/Datasheet_solarix_6_instal_kabely.pdf)
- [10] Kategorie 6A: Instalační kabely Solarix 10G. SOLARIX A.S. [online]. © 1994-2015 [cit. 2014-12-11]. Dostupné z: [http://www.solarix.cz/db/repository.nsf/v/3697F27E707FD94BC125771A0025088B/\\$file/Datasheet_solarix_6A_instal_kabely.pdf](http://www.solarix.cz/db/repository.nsf/v/3697F27E707FD94BC125771A0025088B/$file/Datasheet_solarix_6A_instal_kabely.pdf)
- [11] Planet Elite: UTP kabel kategorie 6, drát. ASM SPOL. S R.O. [online]. © 2003-2014 [cit. 2014-12-11]. Dostupné z: http://download.asm.cz/inshop/prod/Kabelaz/kabely/Planet_Elite_UTP_CAT6_drat.pdf
- [12] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 260. ISBN 9781133608196.
- [13] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 63. ISBN 9781133608196.
- [14] Cisco Catalyst 2950 Series Switches: Products & Services. CISCO SYSTEMS, Inc. [online]. © 1992-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-2950-series-switches/index.html>

- [15] DTX Cable Analyzer: Network Cable Certification Tester. FLUKE CORPORATION. [online]. © 2006-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.flukenetworks.com/datacom-cabling/copper-testing/dtx-cableanalyzer-series>
- [16] ODRÁVKÁ, Petr. Měření kabeláže. *Svět síťí* [online]. 28. června 2001 [cit. 2014-02-10]. Dostupné z: <http://www.svetsiti.cz/clanek.asp?cid=Mereni-kabelaze-2862001>
- [17] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 91. ISBN 9781133608196.
- [18] SVAČINA, Jiří. Základy elektromagnetické kompatibility Část 1: Základní pojmy a členění oboru EMC. [online]. 19.6.2000, roč. 2000, č. 25 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00025/index.htm>
- [19] PuTTY Download Page. TATHAM, Simon. [online]. © 1997-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/download.html>
- [20] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 260-264. ISBN 9781133608196.
- [21] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012, s. 220-222. ISBN 9781133608196.
- [22] Catalyst 2950 and Catalyst 2955 Switch Command Reference, 12.1(22)EA7: Using the Command-Line Interface. CISCO SYSTEMS, Inc. [online]. © 1992-2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2950/software/release/12-1_22ea/CR/cr/intro.html
- [23] Common network errors and causes. TECHTARGET. [online]. © 2000 - 2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://searchnetworking.techtarget.com/tip/Common-network-errors-and-causes>
- [24] DEAN, Tamara. *Network guide to networks*. 6th Ed. Clifton Park, NY: Course Technology, Cengage Learning, 2012. ISBN 9781133608196.
- [25] WESTON, David A. *Electromagnetic compatibility: principles and applications* [online]. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, c2001 [cit. 2014-12-10]. Electrical and computer engineering. ISBN 0-8247-8889-3.
- [26] STŘEDNÍ ŠKOLA, Havířov-Šumbark, Sýkorova 1/613, příspěvková organizace. Operační Zesilovač. [online]. s. 9 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: http://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_eltech/ea/oz.pdf
- [27] KOŠŤÁL, Josef. Indukce proti indukci: Dočasné snížení svodových proudů ve vodiči PE pomocí kruhového jádra. [online]. Hüthig & Pflaum Verlag GmbH München, roč. 2008, č. 23-24, s. 4 [cit. 2014-12-11]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40437.pdf>
- [28] ZOZEI: Optron. SŠSE BRNO. [online]. © 2012 - 2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://zozei.sssebrno.cz/optrony/>
- [29] SVAČINA, Jiří. Základy elektromagnetické kompatibility Část 2: Zdroje rušivých signálů a vazební mechanismy jejich přenosu. [online]. 21.8.2000, roč. 2000, č. 31 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00031/index.html>

[30] MILAN, Tichý. Tyristor, diak, triak, funkce, aplikace. [online]. [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: http://physics.mff.cuni.cz/kevf/skripta/elektronika/kap2/2_4.html

[31] TI E2E Community: What you need to know about CMRR. TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. *What you need to know about CMRR* [online]. © 1995-2013 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: http://e2e.ti.com/blogs_/b/analogwire/archive/2013/10/14/what-you-need-to-know-about-cmrr-the-operational-amplifier-part-1

[32] KOŠŤÁL, Josef. Teplotní závislost odporu kovových vodičů. [online]. Hüthig & Pflaum Verlag GmbH München, 2007, roč. 2008, č. 1, s. 2 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/36489.pdf>

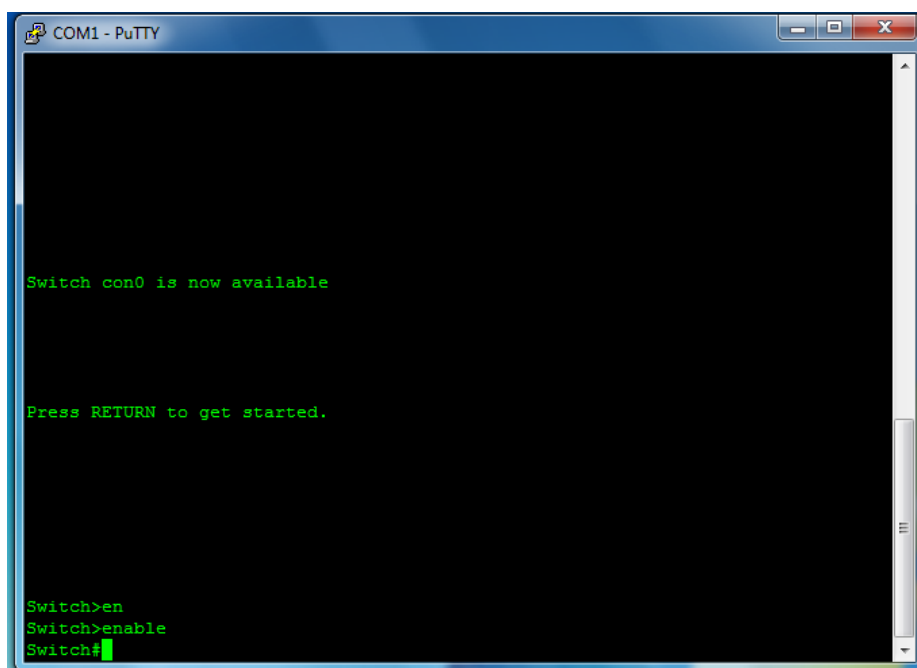
[33] HOREVAJ, Michal. Charakteristická impedance. [online]. [cit. 2014-12-11]. Dostupné z: http://horevaj.com/horevaj/K1_files/K1_6.pdf

Přílohy

Přílohy obsahují snímky nastavování Cisco Catalyst 2950 přes PuTTY a tabulky s naměřenými chybovými rámci.

1. Příloha 1	31
2. Příloha 2	35

Příloha 1

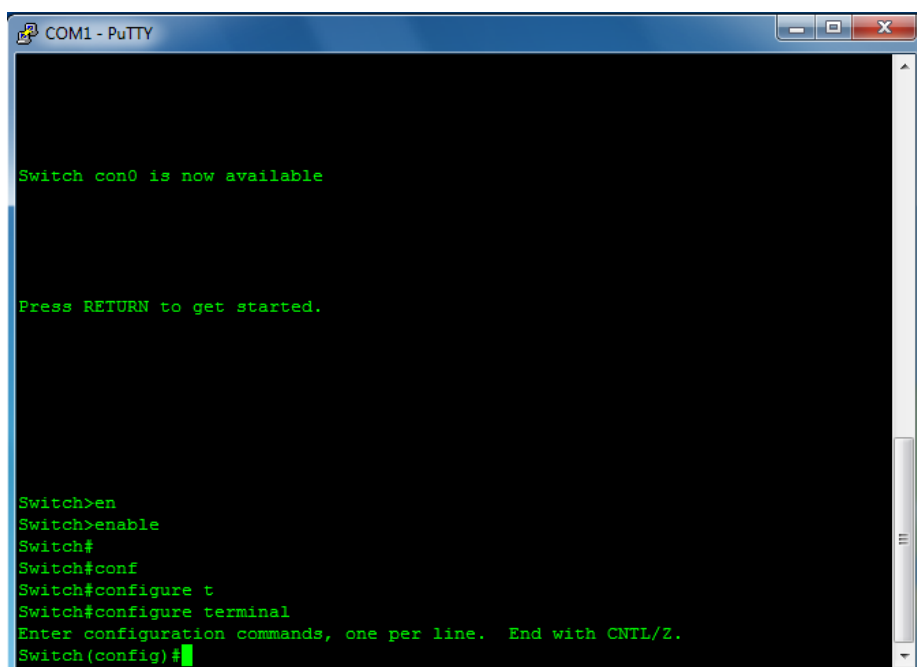


```
COM1 - PuTTY

Switch con0 is now available

Press RETURN to get started.

Switch>en
Switch>enable
Switch#
```



```
COM1 - PuTTY

Switch con0 is now available

Press RETURN to get started.

Switch>en
Switch>enable
Switch#
Switch#conf
Switch#configure t
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#
```

```
COM1 - PuTTY

Press RETURN to get started.

Switch>en
Switch>enable
Switch#
Switch#conf
Switch#configure t
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#in
Switch(config)#interface vl
Switch(config)#interface vlan 88
Switch(config-if)#
00:02:46: %LINK-3-UPDOWN: Interface Vlan88, changed state to up
00:02:47: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan88, changed state
to down
Switch(config-if)#
```

```
COM1 - PuTTY

Press RETURN to get started.

Switch>en
Switch>enable
Switch#
Switch#conf
Switch#configure t
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#in
Switch(config)#interface vl
Switch(config)#interface vlan 88
Switch(config-if)#
00:02:46: %LINK-3-UPDOWN: Interface Vlan88, changed state to up
00:02:47: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan88, changed state
to down
Switch(config-if)#ip
Switch(config-if)#ip add
Switch(config-if)#ip address 192.168.200.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#
```

```
COM1 - PuTTY
Switch>en
Switch>enable
Switch#
Switch#conf
Switch#configure t
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#in
Switch(config)#interface vl
Switch(config)#interface vlan 88
Switch(config-if)#
00:02:46: %LINK-3-UPDOWN: Interface Vlan88, changed state to up
00:02:47: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan88, changed state
to down
Switch(config-if)#ip
Switch(config-if)#ip add
Switch(config-if)#ip address 192.168.200.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#no
Switch(config-if)#no sh
Switch(config-if)#no shutdown
Switch(config-if)#
```

```
COM1 - PuTTY
Switch>en
Switch>enable
Switch#
Switch#conf
Switch#configure t
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#in
Switch(config)#interface vl
Switch(config)#interface vlan 88
Switch(config-if)#
00:02:46: %LINK-3-UPDOWN: Interface Vlan88, changed state to up
00:02:47: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan88, changed state
to down
Switch(config-if)#ip
Switch(config-if)#ip add
Switch(config-if)#ip address 192.168.200.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#no
Switch(config-if)#no sh
Switch(config-if)#no shutdown
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#in
Switch(config)#interface ra
Switch(config)#interface range fa
Switch(config)#interface range fastEthernet 0/1 - 2
Switch(config-if-range)#
```

```
COM1 - PuTTY
Switch#conf
Switch#configure t
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#in
Switch(config)#interface vl
Switch(config)#interface vlan 88
Switch(config-if)#
00:02:46: %LINK-3-UPDOWN: Interface Vlan88, changed state to up
00:02:47: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan88, changed state
to down
Switch(config-if)#ip
Switch(config-if)#ip add
Switch(config-if)#ip address 192.168.200.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#no
Switch(config-if)#no sh
Switch(config-if)#no shutdown
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#in
Switch(config)#interface ra
Switch(config)#interface range fa
Switch(config)#interface range fastEthernet 0/1 - 2
Switch(config-if-range)#swi
Switch(config-if-range)#switchport acc
Switch(config-if-range)#switchport access vl
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 88
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 88
Switch(config-if-range)#
```

```
COM1 - PuTTY
Switch#conf
Switch#configure t
Switch#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#in
Switch(config)#interface vl
Switch(config)#interface vlan 88
Switch(config-if)#
00:02:46: %LINK-3-UPDOWN: Interface Vlan88, changed state to up
00:02:47: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan88, changed state
to down
Switch(config-if)#ip
Switch(config-if)#ip add
Switch(config-if)#ip address 192.168.200.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#no
Switch(config-if)#no sh
Switch(config-if)#no shutdown
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#in
Switch(config)#interface ra
Switch(config)#interface range fa
Switch(config)#interface range fastEthernet 0/1 - 2
Switch(config-if-range)#swi
Switch(config-if-range)#switchport acc
Switch(config-if-range)#switchport access vl
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 88
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 88
Switch(config-if-range)#
```

Příloha 2

Spojité EMI

UTP cat6 Planet Elite . 125 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	1	0	2	0	0	1
2.	2	0	2	0	0	0
3.	0	0	0	0	0	0
4.	0	0	0	0	0	0
5.	0	0	0	0	0	0
6.	0	0	0	0	0	0
7.	1	0	1	0	0	0
8.	0	0	0	0	0	0
9.	0	0	0	0	0	0
10.	0	0	0	0	0	0

Impulsní EMI

UTP cat6 Planet Elite – 125 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	168	0	153	2	0	1
2.	297	2	273	11	0	1
3.	288	3	259	11	0	2
4.	214	2	196	13	0	7
5.	184	1	171	4	0	3
6.	191	4	177	5	0	1
7.	253	2	237	10	0	2
8.	211	1	193	9	0	3
9.	233	3	220	11	0	6
10.	275	3	251	11	0	2

UTP cat6 Planet Elite – 115 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	410	5	377	31	1	5
2.	500	4	418	25	2	5
3.	195	1	171	3	0	4
4.	308	0	259	11	0	5
5.	401	0	365	6	0	4
6.	267	0	211	4	1	4
7.	352	0	313	19	0	3
8.	203	0	175	7	1	5
9.	321	0	299	21	0	5
10.	298	0	261	8	0	5

UTP cat6 Planet Elite – 105 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	257	6	309	15	0	4
2.	334	5	298	24	0	5
3.	490	7	437	21	2	7
4.	471	7	441	19	0	7
5.	459	6	412	20	1	6
6.	291	5	273	17	0	4
7.	367	6	332	23	0	5
8.	333	5	289	18	0	5
9.	425	6	395	17	2	6
10.	268	6	245	19	0	4

UTP cat6 Planet Elite – 100 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	40	0	30	1	0	0
2.	74	0	59	2	0	1
3.	141	0	121	2	0	0
4.	104	0	89	0	0	1
5.	99	0	81	2	0	0
6.	58	0	44	1	0	0
7.	121	1	93	2	0	0
8.	67	0	51	0	0	0
9.	109	1	89	0	2	0
10.	88	1	75	2	0	0

UTP cat6 Planet Elite – 90 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	127	2	109	2	0	3
2.	108	0	87	1	0	1
3.	113	1	100	1	0	1
4.	94	0	75	0	0	1
5.	118	1	97	1	0	0
6.	121	1	101	1	0	2
7.	134	1	122	2	0	0
8.	97	2	80	1	0	2
9.	111	1	96	0	0	0
10.	124	0	112	0	0	0

UTP cat6 Planet Elite – 80 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	64	0	56	0	0	1
2.	97	0	85	2	0	0
3.	92	1	78	2	1	0
4.	112	0	88	3	1	0
5.	73	0	61	2	0	0
6.	68	0	53	1	0	1
7.	95	1	75	0	1	0
8.	84	0	71	0	1	0
9.	105	0	90	3	1	2
10.	79	0	62	2	0	0

UTP cat6 Planet Elite – 70 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	33	0	23	0	0	0
2.	2	0	0	0	0	0
3.	0	0	0	0	0	0
4.	26	0	16	0	0	0
5.	0	0	0	0	0	0
6.	1	0	0	0	0	0
7.	18	0	3	0	0	0
8.	30	0	19	0	0	0
9.	9	0	0	0	0	0
10.	21	0	8	0	0	0

UTP cat6 Planet Elite – 60 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	148	0	121	1	0	0
2.	83	0	67	1	0	2
3.	56	0	43	1	0	0
4.	41	0	31	0	0	0
5.	60	0	38	1	0	0
6.	115	0	93	0	0	0
7.	73	0	62	0	0	1
8.	65	0	54	0	0	0
9.	123	0	112	1	0	0
10.	93	0	81	0	1	0

UTP cat6 Planet Elite – 50 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	75	0	59	0	0	0
2.	141	0	107	2	0	0
3.	120	0	103	0	0	0
4.	83	0	65	0	0	0
5.	91	0	72	0	0	0
6.	79	0	61	0	0	0
7.	73	0	50	1	0	0
8.	111	0	95	0	0	0
9.	103	0	89	0	0	0
10.	95	0	73	0	0	0

UTP cat6 Planet Elite – 40 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	495	0	407	0	1	1
2.	131	1	113	5	0	3
3.	101	0	79	7	0	0
4.	173	0	140	11	0	1
5.	205	0	149	0	0	0
6.	163	0	151	1	1	0
7.	191	1	175	4	2	2
8.	211	0	193	2	0	3
9.	112	2	92	0	0	0
10.	156	0	141	0	0	1

UTP cat6 Planet Elite – 30 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	138	0	120	5	0	2
2.	160	1	118	7	0	0
3.	117	0	100	2	0	0
4.	150	1	135	1	0	0
5.	163	0	128	0	0	1
6.	123	0	101	0	1	0
7.	108	0	83	1	0	0
8.	65	0	42	4	0	1
9.	118	1	97	0	0	1
10.	173	0	153	6	0	0

UTP cat6 Planet Elite – 20 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	1	0	1	0	0	0
2.	1	0	1	0	0	0
3.	17	0	10	2	0	0
4.	1	0	0	0	0	0
5.	1	0	0	0	0	0
6.	0	0	0	0	0	0
7.	3	0	2	0	0	0
8.	1	0	0	0	0	0
9.	8	0	4	1	0	0
10.	1	0	0	0	0	0

UTP cat6 Solarix – 125 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	3	0	1	0	0	0
2.	2	0	1	0	0	0
3.	9	0	5	0	0	0
4.	27	0	20	0	0	0
5.	7	0	4	0	0	0
6.	5	0	3	0	0	0
7.	3	0	1	0	0	0
8.	20	0	15	0	0	0
9.	4	0	1	0	0	0
10.	15	0	10	0	0	0

UTP cat6 Solarix – 115 metrů						
Měření	FCS errors	Alignment errors	Symbol error frames	False carrier errors	Invalid frames, too small	Invalid frames, too large
1.	0	0	0	0	0	0
2.	0	0	0	0	0	0
3.	1	0	3	0	0	0
4.	0	0	0	0	0	0
5.	0	0	0	0	0	0
6.	2	0	1	0	0	0
7.	2	0	2	0	0	0
8.	0	0	0	0	0	0
9.	0	0	0	0	0	0
10.	0	0	0	0	0	0