

**Univerzita Hradec Králové**  
**Fakulta informatiky a managementu**  
**Katedra informačních technologií**

**Přenosová média v počítačových sítích**  
Bakalářská práce

Autor: Petr Pokorný  
Studijní obor: Aplikovaná informatika

Vedoucí práce: Ing. Pavel Blažek, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 30.4.2022

Petr Pokorný

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlovi Blažkovi, Ph.D. za metodické vedení práce, ochotu a celkovou podporu při tvorbě této práce.





## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá tématem přenosových médií v počítačových sítích, převážně pak historií a vývojem jednotlivých médií. V úvodu je stručně popsán zrod a využití prvních přenosových médií. V první části je vysvětleno základní rozdělení přenosových médií. Dále jsou pak popsány jednotlivá média, jejich vlastnosti, vývoj a dělení dle příslušných standardů. V poslední části lze pak najít aplikace některých médií v praxi v podobě strukturované kabeláže.

## **Annotation**

### **Title: Transmission media in computer networks**

This bachelor thesis deals with the topics of transmission media in computer networks, mainly the history and development of individual media. The introduction briefly describes the arrival and use of the first transmission media. The first part explains the basic division of transmission media. The individual media, their properties, development, and distribution according to the relevant standards are also described. In the last part you can find applications of some media in practice in the form of structured cabling.

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	3
3	Přenosová média .....	3
3.1	Dělení přenosových médií .....	3
3.2	Koaxiální kabel .....	3
3.2.1	Vodič.....	4
3.2.2	Stínění a izolace.....	5
3.2.3	Konektory.....	6
3.2.4	Impedance.....	7
3.2.5	Twinaxiální kabel .....	8
3.3	Kroucená dvojlinka.....	9
3.3.1	Vodiče.....	9
3.3.2	Stínění a izolace.....	10
3.3.3	Konektory .....	13
3.3.4	Typ 1 .....	14
3.3.5	Level 1 a 2 .....	14
3.3.6	Category 3.....	15
3.3.7	Level 4.....	15
3.3.8	Category 5 a 5e .....	15
3.3.9	Category 6 a 6A.....	16
3.3.10	Category 7 a 7A .....	17
3.3.11	Category 8 .....	17
3.4	Optický kabel.....	18
3.4.1	Struktura kabelu .....	19

3.4.2	Přenos světla .....	19
3.4.3	Spojování kabelů.....	20
3.5	Bluetooth .....	21
3.6	Wi-Fi.....	22
3.6.1	802.11-1997 .....	23
3.6.2	802.11b.....	23
3.6.3	802.11a .....	24
3.6.4	802.11g.....	24
3.6.5	802.11n.....	25
3.6.6	802.11ac.....	25
3.6.7	802.11ax.....	26
4	Další příklady využití přenosových médií.....	28
4.1	Strukturovaná kabeláž .....	28
4.1.1	Subsystémy .....	28
4.1.2	Vstupní zařízení .....	29
4.1.3	Serverovna .....	29
4.1.4	Telekomunikační místnost .....	30
4.1.5	Páteřní kabeláž.....	30
4.1.6	Horizontální kabeláž .....	30
4.1.7	Pracovní oblast.....	31
4.2	Optické sítě .....	31
4.3	Podmořské vedení .....	32
5	Závěr.....	33
6	Seznam použité literatury.....	34

## **Seznam obrázků**

Obrázek 1 Koaxiální kabel.....	6
Obrázek 2 F/FTP Kabel .....	12
Obrázek 3 U/UTP Kabel .....	13

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Kategorie stínění kroucené dvojlinky.....	12
Tabulka 2 Kategorie kroucené dvojlinky.....	18
Tabulka 3 Porovnání světelných zdrojů pro optické kabely.....	19

# 1 Úvod

Přenosová média plní funkci fyzické cesty mezi vysílačem a přijímačem přenášející konkrétní fyzické signály. Nejpoužívanější přenosová média používaná k přenosu signálů (převážně optických nebo elektronických) jsou metalické kabely, optická vlákna nebo prostor (pro elektromagnetické vlny).

[1]

Vznik prvních telekomunikačních přenosových médií se datuje již od poloviny devatenáctého století. První velká událost nastala v roce 1844, kdy Samuel F. B. Morse (stvořitel Morseovi abecedy) demonstroval kongresu uvedení první komerční telegrafní linky do provozu. Linka vedla mezi Kapítolem Spojených států amerických a železniční stanicí ve městě Baltimore, vzdálenost linky byla přibližně padesát kilometrů. Po deseti letech od uvedení této linky do provozu již země křížovalo víc než třicet tisíc kilometrů telegrafního kabelu.

[14]

První modemy byly využívány již ke konci padesátých let dvacátého století, ovšem jen pro armádní účely. Byly pomocí nich propojeny letecké a radarové základny s velitelskými a řídicími centry ve Spojených státech amerických pod programem SAGE (Semi-Automatic Ground Environment). Krátce po zhotovení tohoto systému byly v roce 1959 tyto modemy dostupné i pro veřejnost pod označením Bell 101. Tento modem byl schopný přenášet digitální data po běžných telefonních linkách rychlostí 110 bitů za sekundu.

[15]

V šedesátých letech dvacátého století ještě neexistovaly osobní počítače. V této době se pro výpočty využívaly sálové počítače, takzvané mainframy. Mainframy byly velké, stacionární a drahé. Mainframy se nacházely převážně ve výzkumných zařízeních na univerzitách a ve vládních laboratořích. Byla snaha o zpřístupnění mainframů ze vzdálených lokalit. Protože pronájem celého mainframu by byl drahý a pro mnoho účelů i zbytečný, začaly některé firmy nabízet takzvaný time-sharing

(sdílení času). Time-sharing je sdílení výpočetního výkonu mezi více uživatelů ve stejném čase. První time-sharing služby byly nabízeny v průběhu šedesátých let, kdy se uživatelé připojovali pomocí dálkopisů přes telefonní linky. Dálnopis je elektromechanické zařízení pro přenos dat využívající papírovou pásku pro zadávání vstupu a obdržení výstupu. V sedmdesátých letech se přešlo na terminály, které již disponovaly displejem.

[16]

V roce 1966 založil Robert Taylor projekt ARPANET pod záštitou agentury ARPA. ARPA vznikla v roce 1958 za účelem upevnění pozice Spojených států amerických v oblasti technologie a vědy. ARPANET měla být decentralizovaná redundantní datová síť, která v případě výpadku jedné trasy automaticky přepne na jinou. V roce 1969 byly propojeny první čtyři počítače nacházející se v Los Angeles, Stanfordu, Santa Barbaře a Utahu. Vznikla tak první přepínaná síť, která se v průběhu let stala základem internetu, jak ho známe dnes.

Ve snaze sjednotit jednotlivé sítě, vznikající po celém světě, vznikla v roce 1974 první verze TCP/IP protokolu, taktéž bylo poprvé použito slovo internet, jako zkratka pro internetworking. V roce 1983 přešel na TCP/IP protokol i samotný ARPANET, čímž se odstranily stávající kapacitní problémy a umožnilo se připojení ostatních sítí k ARPANETU, právě tuto událost považuje spousta lidí za vznik internetu.

[17]

S narůstajícím počtem uživatelů a nabízených služeb na internetu se navýšoval objem přenášených dat, a tedy i požadavky na lepší infrastrukturu sítě. Požadavky na navýšení přenosové rychlosti bylo třeba řešit vývojem nových přenosových médií. Omezení fyzikálních vlastností používaných materiálů vedlo k tvorbě nových přenosových protokolů.

## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je prostudovat problematiku přenosových médií využívaných převážně v počítačových sítích od historie po současnost, a prozkoumat dostupné technologie a trendy, nalézt a popsat typická místa využití. Výsledek práce může být využitý při výuce počítačových sítí pro doplnění tématu Fyzické vrstvy ISO/OSI modelu.

## **3 Přenosová média**

### ***3.1 Dělení přenosových médií***

Základní dělení médií v počítačových sítích je na drátové a bezdrátové. V případě drátových médií jsou signály přenášeny po pevných médiích označovaných jako média ohraničená. V případě bezdrátových médií jsou signály přenášeny pomocí antén, takže odesílatel a příjemce spolu nejsou fyzicky propojeni, proto jsou také označovány jako neohraničená.

Drátová média se dále dělí na metalická a optická. Po metalických kabelech se signál přenáší pomocí změn napětí nebo proudu. Nejpoužívanější kov používaný pro přenos je měď. Rychlost, kterou se elektronické signály po mědi přenáší je velmi podobná rychlosti světla. Optické kabely jsou obvykle vyrobeny ze skla a informace se po nich přenáší pomocí světelných signálů.

Bezdrátová média využívají k přenosu dat elektromagnetický modulovaný signál různé vlnové délky, který je distribuovaný směrově nebo všesměrově.

[1], [2]

### ***3.2 Koaxiální kabel***

Historie koaxiálního kabelu sahá až do padesátých let devatenáctého století, kdy byl použit pro transatlantické telegrafní spoje. Jeho jméno vychází z toho, že je kabel sousý (coaxial). Na rozdíl od kroucené dvojlinky je koaxiální kabel asymetrický, takže v něm jsou elektrické signály přenášeny pouze po jediném vodiči, který vede

středem. Existují však i takzvané twinaxiální kabely, které mají vodiče dva. Koaxiální kabel byl používán v *BUS* topologiích, ovšem s nástupem topologie *STAR* byl postupně nahrazen kroucenou dvojlinkou a optickými kabely. V dnešní době se používá převážně pro televizní připojení, nebo k propojení vysílače s anténními prvky.

[1], [3]

### 3.2.1 Vodič

Jádro koaxiálního kabelu může být buďto v podobě plného měděného drátu, nebo to může být lankový vodič spletený z mnoha jemných drátů (licna). Kabel může mít různý průměr jádra od několika desetin milimetru až do několika desítek centimetrů. Kabel s plným jádrem má lepší elektrické vlastnosti, ale menší ohebnost a odolnost proti opakovanému ohýbání, jeho použití je preferováno všude, kde není větší ohebnost zapotřebí, primárně tedy pro permanentní spoje. Kabel s lankovým jádrem má větší ztráty, kvůli jeho zvýšenému odporu. Jeho použití je vhodné pro spoje, které nejsou permanentní a mohly by být vystaveny častější manipulaci, například propojovací kabel mezi vnitřním přístupovým bodem (access pointem) a anténou.

Jádro by mělo být vyrobené z čisté mědi, ale na trhu lze najít i kabely s jádrem vyrobeným z poměděného hliníku. Takové kabely mají výrazně horší elektrické vlastnosti a jejich jediná výhoda je v nižší ceně, proto se jejich použití nedoporučuje a v některých normách je dokonce zakázáno. Existují také kabely s jádrem zhotoveným z poměděné oceli. Takový kabel je v přenášení signálu podobně efektivní jako kabel s čistě měděným jádrem. Jeho nevýhoda však spočívá ve špatném přenosu stejnosměrného napětí, které je někdy potřeba například pro napájení parabolické antény. Oproti kabelu s jádrem z čisté mědi je pokles stejnosměrného napětí až dvojnásobný. Kabel s jádrem z poměděné oceli má však jednu výhodu spočívající ve větší odolnosti v tažném napětí, ta může být lepší až o padesát procent. Tato vlastnost však až na není nijak závratná a lze ji využít pouze ve specifických případech, proto je obecně doporučován kabel s jádrem z čisté mědi.

[27], [29]



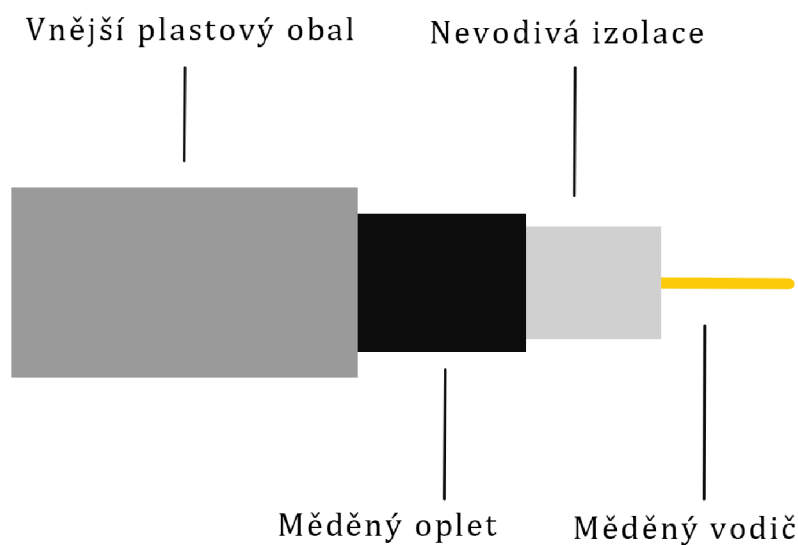
### 3.2.2 Stínění a izolace

V koaxiálním kabelu je kladen velký důraz na stínění, protože provoz na něm bývá realizován na vyšších frekvencích (až desítky Gigahertz). Účelem stínění v koaxiálním kabelu je redukovat vyzařované elektromagnetické vlnění a také redukovat vnější elektromagnetické rušení, které by mohlo negativně ovlivnit přenášené elektrické signály. Koaxiální kabel je stíněn pomocí stínícího opletu, fólie nebo jejich kombinací. Existuje spousta druhů kabelů s různými druhy stínění, často jsou to kabely s dvojitým nebo čtverným stíněním, ale neobvyklé nejsou ani kabely s jednoduchým či trojitým stíněním. Čím více vrstev stínění kabel má, tím je jeho odolnost proti rušení sice lepší, ale také stoupá jeho cena, váha, průměr a s tím spojená i jeho flexibilita. V ANSI/TIA 568.0-E je pravidlo, které hovoří o tom, že minimální rádius ohybu koaxiálního kabelu musí být alespoň desetkrát větší než průměr vnějšího obvodu kabelu. Maximální vzdálenost a přenosová rychlost kabelu však není stíněním nijak ovlivněna (v nerušeném prostředí).

Mezi středovým vodičem a stíněním je vrstva izolantu nazývaná dielektrikum. Dielektrikum slouží k vymezení mezery mezi středovým vodičem a stíněním. Díky tomu se zvyšuje efektivita stínění jak dovnitř kabelu, tak ven. Dielektrikum bývá většinou tvořené z polyethylenu nebo teflonu. Dříve se také používala guma, ale ta se časem ukázala jako nevhodný materiál, kvůli její brzké degradaci.

Kabel je ucelen pomocí vnějšího pláště, který ho chrání po mechanické stránce a také mu dává potřebnou odolnost proti vnějším vlivům. Vnější plášť je obvykle vyroben z různých kombinací plastů, často se jedná PVC. Také existují pláště vytvořené z různých nehořlavých a netoxických materiálů, více o tomto tématu lze najít v kapitole 3.5.2 – kroucená dvojlinka, stínění a izolace.

[3], [6], [28]



**Obrázek 1 Koaxiální kabel**  
[1], (vlastní překlad)

### 3.2.3 Konektory

Pro koaxiální kabely existuje spousta druhů konektorů, jejich základní rozdělení je podle jejich velikosti na standartní, miniaturní a mikro konektory. Mezi známe konektory standartní velikosti se řadí například konektor BNC, Belling-Lee, F konektor nebo N konektor. Bayonet Neill-Concelman (BNC) konektor byl původně navržen pro armádní účely, ale časem se z něj stal populární konektor využívaný veřejností pro přenos videosignálu, síťové přenosy a další aplikace do čtyř gigahertzů. BNC konektor se běžně využíval například v ARCnetu nebo pro ethernetové sítě využívající standardu 10BASE2 (thinnet). Belling-Lee konektor označován také jako IEC konektor je konektor dodnes velmi využívaný po celé Evropě k připojování antén, kabelové televize, FM a DAB přijímačů a dalších zařízení. F konektor je šroubojící konektor dodnes využívaný pro kabelovou televizi, rádio a další aplikace. Jeho využití je převážně stejné jako u konektoru Belling-Lee, ovšem jeho používání je typické spíše na území Spojených států. N konektor byl původně navržen také pro armádní účely, a proto se vyznačuje jak vysokou mechanickou odolností, tak i dobrou odolností proti vnějším vlivům. Jeho využití je typické pro aplikace v nižších mikrovlnných spektrech až do osmnácti gigahertzů.

[30], [31], [32]

Nejpoužívanější miniaturní konektor pro koaxiální kabely je nejspíše konektor SMA. Byl navržen pro provoz při frekvenci až dvanáct gigahertzů, ale dnes jsou již varianty podporující i větší frekvence. SMA konektory se dříve používaly pro připojení antén třeba k přenosným rádiím nebo prvním telefonům, dnes je můžeme najít také na hobby vysílačích nebo různých aktivních prvcích, kde slouží k připojení wifi antény. Ve snaze zamezit uživatelům snadnou výměnu wifi antén za silnější vznikla také verze zvaná RP-SMA. RP-SMA má na rozdíl od SMA vystupující pin na samičí části konektoru, proto jsou spolu konektory SMA a RP-SMA nekompatibilní. Někteří výrobci však u RP-SMA zůstali a instalují ho do svých zařízení dodnes.  
[30], [33]

Za nejpoužívanější mikro konektory by se daly považovat konektory Hirose U.FL, známý také jako AMC a jeho menší varianta konektor Hirose W.FL známý také jako AMMC. Konektory tohoto typu lze najít v mobilních telefonech, laptopových síťových kartách, GPS navigacích a v dalších zařízeních kde je kladen vysoký nárok na kompaktnost. Samičí část konektorů obvykle bývá připájena přímo na desce, samičí část pak obvykle bývá napojena pigtailem, který může být zakončen anténou nebo dalším konektorem. Výška spoje je u konektoru U.FL 2,4 mm, do šířky pak spoj zabere plochu 3 mm<sup>2</sup>. U konektoru W.FL je výška spoje pouhých 1,55 mm a do šířky zabere plochu o rozměru 2 mm<sup>2</sup>.

[34]

### 3.2.4 Impedance

Nejpoužívanější typy koaxiálního kabelu jsou padesáti ohmový a sedmdesáti pětiohmový. Padesáti ohmový se obvykle využívá pro digitální přenosy a sedmdesáti pětiohmový obvykle pro analogový přenos. Impedance kabelu určuje jeho výsledné vlastnosti jako například možnost přenášet energii nebo efektivitu přenosu signálů. Hodnota padesáti ohmů se ujala na začátku dvacátého století, kdy byla snaha vytvořit ideální kabel pro kilowattové vysílače. Výzkumy prokázali že hodnota okolo třiceti ohmů je pro přenos energie nejvhodnější. Na výrobu dielektrika pro třiceti ohmové kabely však nebyly vhodné žádné materiály, proto se jako kompromis začaly vyrábět kabely padesáti ohmové. Pokud ovšem nepotřebujeme přenášet

příliš energie, a naopak od kabelu vyžadujeme co nejlepší efektivitu v podobě co nejnižšího útlumu při přenosu signálu, tak je vhodný kabel sedmdesáti pěti ohmový. [39]

### **3.2.5 Twinaxiální kabel**

Twinaxiální kabel nazývaný také jako Twinax je podobný normálnímu koaxiálnímu kabelu, akorát má dva vnitřní vodiče. Kabel byl původně navržen v roce 1977 společností IBM k propojování jejich terminálu. Kabel dokázal přenášet data přenosovou rychlostí až 1 Mbit/s, což byla v tehdejší době vysoká hodnota. Od té doby se ještě párkrát objevil v různých aplikacích, ale vzhledem k jeho specifitě a vzestupu kroucené dvojlinky nikdy nenabyl pořádného úspěchu.

[35]

To se však změnilo v roce 2006 kdy byl v normě SFF-8431 specifikován standard 10GBASE-CR určen převážně pro datová centra. Tento standard umožňuje provoz přenosovou rychlostí 10Gbit/s na vzdálenost okolo pěti metrů pomocí pasivního twinaxiálního kabelu. Vzniká tak zajímavá alternativa pro 10GBASE-T. Oproti spojům tvořeným kroucenou dvojlinkou má tento kabel výhodu v menší latenci, menší ceně spoje a menší spotřebě SFP+ modulu. Naopak nevýhodou je maximální vzdálenost linky – pět metrů oproti stům metrů u kroucené dvojlinky. 10GBASE-CR je však určen pro propojování aktivních prvků v rackech, kde je vzdálenost okolo pěti metrů dostačující. V roce 2010 se objevuje 100GBASE-CR4, který zatím v podobě kroucené dvojlinky nemá konkurenci, ta zatím zvládá maximálně 40GBASE-T (Cat 8). V roce 2021 však IEEE začalo pracovat na vývoji kroucené dvojlinky, která by měla zvládat přenosové rychlosti až 100 Gbit/s pomocí jediného krouceného páru. Tento standard by měl přijít v druhé polovině roku 2023. Twinaxu tedy v oblasti krátkých vysokorychlostních spojů konkurují pouze optické spoje nebo bladové servery, obě tyto řešení jsou však výrazně dražší. V roce 2018 byla přidána také varianta 200GBASE-CR4 a od roku 2018 je ve vývoji 400GBASE-CR4.

[36], [37], [38]

### **3.3 Kroucená dvojlinka**

Kroucená dvojlinka je dodnes jedno z nejpoužívanějších přenosových médií, převážně v lokálních sítích (LAN). Dnes by se dala považovat za jeden ze základních kamenů celé síťové infrastruktury. Její název se odvíjí od toho, že její jednotlivé vodiče v každém páru jsou navzájem zakroucené do spirály. Zakroucení jednotlivých vodičů poskytuje lepší elektrické vlastnosti kabelu a také ochranu proti rušení. Signál může být tvořen buďto pomocí změny napětí, nebo změny proudu. Ve většině obvyklých nasazení se signál přenáší pomocí rozdílů v napětí mezi jednotlivými vodiči v páru. Toto řešení je efektivní v odolávání vnějšímu rušení, protože to většinou ovlivní všechny vodiče v páru stejně a tím pádem je rozdíl napětí mezi vodiči v páru zanechán stejný. Kroucená dvojlinka se obvykle zakončuje modulárním konektorem 8P8C nebo se zapojuje do patch panelu.

[3]

#### **3.3.1 Vodiče**

Kroucená dvojlinka obsahuje jeden nebo více párů vodičů tvořených z pevných nebo lankových měděných drátů typicky o průměru mezi 0,32 až 0,64 milimetrů. Díky zakroucení vodičů do spirály se sníží elektromagnetická radiace vyzařovaná vodiči a také se zvýší odolnost proti vlivů vnějšího elektromagnetického záření na vodiče. To má za důsledek snížení šance na vznik přeslechů mezi jednotlivými páry. Počet závitů na metr může být odlišný pro každý pár, aby se riziko přeslechů mezi jednotlivými páry snížilo ještě více.

Na trhu se vyskytují také kabely, které nemají jádro z čisté mědi, ale z pouze poměděného hliníku. Poměděný hliníkový vodič má oproti vodiči z čisté mědi mnoho výrazných nevýhod jako je například až o 40% větší elektrický odpor, ale i zhoršené fyzické vlastnosti v podobě menší ohebnosti a odolnosti. Jeho jediná výhoda je v nižší ceně. Jediné využití pro takový kabel je pro krátké patch kabely, jinak jsou takové kabely obecně nevhodné pro použití v počítačových sítích a některé standardy nedoporučují nebo vyloženě zakazují jejich použití.

[1],[2],[3]

Lankový vodič (lidově též licna) se skládá z více tenkých vodičů (typicky 7) zakroucených do spirály. Označuje se pomocí dvou čísel, první číslo určuje počet jednotlivých vláken a druhé průměr jednotlivých vláken v milimetrech (popřípadě AWG). Lankový vodič označen jako 7/016 se tedy skládá ze sedmi vodičů o průměru 0,16mm, což je typický příklad pro výsledný lankový vodič s průměrem 0,51mm. Výhoda kabelu s lankovými vodiči spočívá v lepší ohebnosti a lepší odolnosti proti poškození při opakovaném ohýbání. Čím více jemnějších vláken je použito, tím je lepší výsledná ohebnost, ale i vyšší cena. Kabely s lankovými vodiči jsou ideální pro patch kabely, nebo jiné kratší spoje, se kterými je plánována častější manipulace. Naopak méně vhodné jsou pro napájení aktivních prvků a jiných zařízení pomocí PoE, protože díky jejich vyššímu odporu může docházet k nežádoucímu zahřívání kabelu a také k většímu úbytku napětí. Výhoda plného vodiče je v jeho elektrických vlastnostech v podobě menšího elektrického odporu, díky čemuž dosahuje menšího útlumu než lankový vodič. Vhodné využití kabelů s plnými vodiči je v podstatě všude, kde není zapotřebí zvýšená flexibilita kabelu s lankovými vodiči, převážně tedy v permanentních spojkách.

[22]

### **3.3.2 Stínění a izolace**

Jednotlivé vodiče jsou izolované nejčastěji pomocí hustého polyethylenu, ten zajistí dobrou odolnost proti korozi vodičů a také elektrickou izolaci, která zabrání vzniku zkratu mezi jednotlivými vodiči. Izolace vodičů mají odlišné barvy, aby je bylo možné zapojit na obou koncích stejně. Značení je zpravidla takové, že jeden z vodičů v páru má plnou barvu a druhý barvu bílou, ale s pruhem barvy prvního vodiče. Pro kabel s dvěma páry jsou typické barvy oranžová/bílo-oranžová a zelená/bílo-zelená. Pro kabel se čtyřmi páry je pak typická kombinace oranžová/bílo-oranžová, zelená/bílo-zelená, modrá/bílo-modrá a hnědá/bílo-hnědá.

Vnější plášť kabelu zajišťuje ochranu kabelu proti vnějším vlivům, jakými jsou například teplota, vlhkost nebo UV záření. Také zajišťuje celkovou mechanickou odolnost kabelu. Plášť je většinou tvořen z různých kombinací termoplastů a termosetických polymerů, například PVC nebo PE. U kabelů určených k instalaci v budovách se dbá na sníženou kouřivost a nulový obsah halogenů a

jiných toxických látek v kouři při případném požáru, takovéto kabely se označují zkratkou LSZH (low smoke zero halogen). Pro kabely určené k venkovnímu použití se k výrobě pláště často používá právě polyethylen, který má výbornou odolnost proti vnějším vlivům, ale naopak jeho odolnost proti hoření je velmi špatná. Proto je použití kabelů s tímto typem izolace obecně nedoporučováno pro použití v budovách a spousta norem to vyloženě zakazuje. V kabelu se také může nacházet trhací šňůra, která slouží k odstranění vnějšího pláště bez nutnosti použití ostrých nástrojů. Při využití tohoto způsobu odizolování nehrozí poškození stínění nebo izolace vodičů.

[23]

Kroucená dvojlinka se dělí na dva základní druhy, UTP (Unshielded Twisted Pair, nestíněná) a STP (Shielded Twisted Pair, stíněná). UTP má obvykle pouze vnější plastový plášť, který poskytuje pouze mechanickou ochranu kabelu. Díky tomu bývá levnější než STP kabel. STP kabel je obvykle stíněn kovovou fólií, ale může být použit i kovový oplet. Konkrétní značení jednotlivých typů stínění je v tabulce č.1. Stínění kabelu má za následek jak větší odolnost proti přichozímu rušení, tak i větší potlačení elektromagnetického záření vyzařovaného samotným kabelem. Stínění jednotlivých párů má stejný efekt, avšak poskytuje ještě větší ochranu mezi přeslechy uvnitř kabelu. Stíněný kabel většinou také obsahuje zemnicí drát, který vede mezi vnějším pláštěm a stínícím elementem. Zajišťuje celistvost stínění i v případě přerušení stínícího elementu někde v kabelu. Další komponent, který se může v kabelu vyskytovat je separátor. Separátor je plastová oddělovací přepážka ve tvaru kříže, která vede uvnitř kabelu a rozděluje ho tak na čtyři oddělené části. V každé části pak vede jeden pár, díky tomu jsou od sebe jednotlivé páry fyzicky odděleny a snižuje se tak šance na vznik přeslechů. Díky použití separátoru je možný provoz na vyšších frekvencích i u nestíněných verzí kabelů bez vzniků přeslechů. Typickým zástupcem takového kabelu je U/UTP Cat 6 a i jeho vylepšená verze U/UTP Cat 6A, který umožňuje provoz na frekvenci 500 MHz.

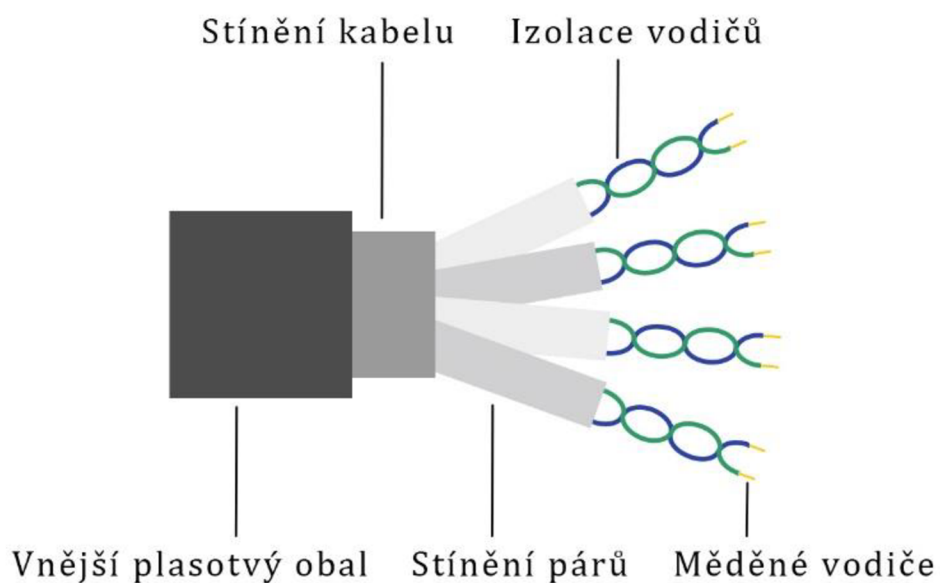
[3], [23]

Značení	Stínění kabelu	Stínění párů	Kvalita stínění
U/UTP	Žádné	Žádné	1
F/UTP	Fólií	Žádné	2
S/UTP	Opletem	Žádné	2
SF/UTP	Fólií a opletem	Žádné	3
U/FTP	Žádné	Fólií	3
F/FTP	Fólií	Fólií	4
S/FTP	Opletem	Fólií	4
SF/FTP	Fólií a opletem	Fólií	5

**Tabulka 1 Kategorie stínění kroucené dvojlinky**

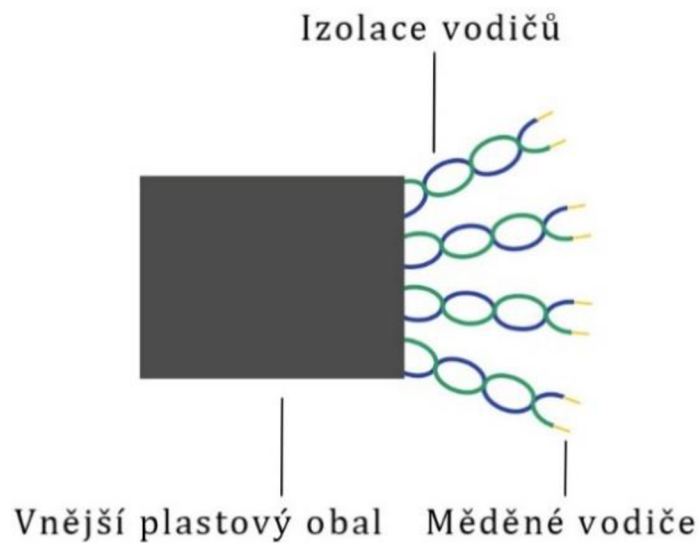
**Zdroj: vlastní zpracování, Kvalita stínění 5 = největší a 1 = nejmenší**

Legenda: TP=Twisted Pair (Kroucená dvojlinka), U=Unshielded (Nestíněné), F=Foil Shielding (Stíněné fólií), S=Braid Shielding (Stíněné opletem)



**Obrázek 2 F/FTP Kabel**  
[1], (vlastní překlad)





**Obrázek 3 U/UTP Kabel**  
[1], (vlastní překlad)

### 3.3.3 Konektory

Nejpoužívanějším konektorem, kterým se kroucená dvojlinka zakončuje je modulární konektor 8p8c. Název se odvíjí podle počtu pozic (position) pro kontakt a počtu osazených kontaktů (contact), kterými konektor disponuje, 8p8c má tedy osm pozic pro kontakt a osm osazených kontaktů. Tento konektor se často mylně označuje jako RJ45. Konektor RJ45 jako takový ovšem oficiálně nikdy neexistoval. Federální komise pro komunikaci eviduje pouze konektor s označením RJ45S (registered jack), který se dříve používal pro připojování modemů nebo datových rozraní, dnes už je však zastaralý a nepoužívá se. RJ45S vypadá podobně jako konektor 8p8c, ale na straně má navíc výstupek. I přesto že by se dal konektor 8p8c zapojit do zásuvky určené pro konektor RJ45S, nešlo by to naopak. Mylné označení RJ45 vzniklo tak, že lidé, kteří pracovali v oblasti telefonních sítí s konektory RJ45S, a začali pracovat v odvětví počítačových sítí s konektory 8p8c, tak je začali označovat jako RJ45 kvůli jejich podobě. Toto mylné označení se uchytilo a je velmi populární dodnes.

[24]

Konektor 8p8c se obvykle zapojuje podle T568B. V tomto zapojení jdou po sobě vodiče zleva doprava v pořadí bílo-oranžová, oranžová, bílo-zelená, modrá, bílo-

modrá, zelená, bílo-hnědá a hnědá (při pohledu na konektor zespod a zakončením nahoru). Dříve se také používalo zapojení dle T568A, díky kterému jsme mohli vytvořit takzvaný křížený kabel, ten se využíval například pro propojování dvou aktivních prvků stejného typu, třeba dvou switchů. Dnes však již křížené kabely nejsou potřeba, protože aktivní prvky si díky funkci Auto MDI-X zjistí zapojení a nakonfigurují se sami tak, jak je potřeba.

### **3.3.4 Typ 1**

Jedna z prvních verzí kroucené dvojlinky určené pro použití v počítačových sítích byla vyvinuta firmou IBM v roce 1984 a nesla označení Typ 1. Kabel Typ 1 byl tvořen dvěma symetricky kroucenými páry pevných měděných vodičů o průměru 0,64mm, byl stíněný a vhodný pro vnitřní i venkovní použití. IBM mělo také svůj proprietární konektor, který byl výjimečný tím, že fungoval zároveň jako samec i samice. Kombinace tohoto kabelu a konektoru byla používána v prvních Token ring sítích a dosahovala přenosové rychlosti až 4 Mbit/s, druhá verze tohoto systému již dosahovala přenosové rychlosti až 16 Mbit/s.

[18]

### **3.3.5 Level 1 a 2**

Další standard přišel v roce 1985 od společnosti Anixter International pod oficiálním označením Level 1. Později se mu však začalo říkat Category 1 (Cat 1) podle značení asociace TIA, a i přes to, že TIA tento kabel vůbec nevidovala. Kabel Cat 1 byl primárně určen pro přenos hlasové komunikace, například pro telefonní komunikaci. Kabel měl dva kroucené páry a nebyl stíněný, díky tomu byl levný a populární pro připojování domácností. Maximální přenosová rychlost byla 1 Mbit/s. Krátce na to přišla společnost Anixter International se standardem pod označením Level 2. I tomuto kabelu se později začalo říkat Category 2 (Cat2). Tento kabel byl určen pro přenos hlasové komunikace, ale i pro datové přenosy. Měl čtyři páry a nebyl stíněný, umožňoval dosažení přenosové rychlosti až 4 Mbit/s. Kabel se používal například pro Token ring sítě, ARCNET (lokální síť) nebo pro připojení terminálů k Mainframům.

[1],[19],[20]

### **3.3.6 Category 3**

Další zástupce kroucené dvojlinky je kabel s označením Category 3 (Cat3). Tentokrát se jedná o správné označení, jelikož tento standard je definován asociacemi Electronic Industries Association a Telecommunications Industry Association a je popsán v TIA/EIA-568B, což jsou telekomunikační standardy pro kabeláž v komerčních prostorech. Kabel Cat 3 měl čtyři páry o průměru 0,51mm a nebyl stíněný, byl populární na začátku devadesátých let, pro jeho podporu standardu 10Base-T a nadále se využíval i v Token ring sítích. Také podporoval první verzi technologie Power over Ethernet pod označením 802.3af, která dokázala napájet po kabelu zařízení až třinácti watty.

[1]

### **3.3.7 Level 4**

Ve stejném období uvedla Anixter International Level 4, kterému se taktéž začalo říkat Category 4 (Cat 4). Cat 4 měl čtyři páry a nebyl stíněný, datový provoz na něm dosahoval rychlosti 16 Mbit/s. Používal se v Token ring sítích, ale s nástupem Cat 5 ztratil na popularitě.

[1], [19]

### **3.3.8 Category 5 a 5e**

Category 5 (Cat 5) přišel v roce 1995 jako nástupce Cat 3. Kabel měl čtyři pevné nebo lankové páry různého stoupání z čisté mědi o průměru 0,51mm nebo 0,64mm a většinou nebyl stíněný. Jeho přenosová rychlost byla až 100Mbit/s. Podporoval 10Base-T a hlavně 100Base-TX, což je dodnes nejpoužívanější standard pro rychlost 100 Mbit/s. Kabel byl velmi populární až do roku 2001, kdy ho nahradila jeho vylepšená verze Category 5 enhanced (Cat 5e). Páry v enhanced verzi mají více závitů na metr, díky tomu má kabel lepší odolnost proti přeslechům. Podporuje 1000Base-T, což je dodnes nejpoužívanější standard pro rychlost 1000 Mbit/s, dále pak podporuje i relativně nový (2016) standard 2.5GBASE-T, který ovšem není tak rozšířený, kvůli dostupnosti koncových zařízení podporujících tento standard. Cat 5e je po boku Cat 6 nejrozšířenější metalický kabel používaný pro strukturovanou

kabeláž v domácnostech a malých firmách, zejména pro svůj dobrý poměr ceny a výkonu.

[1], [19]

### **3.3.9 Category 6 a 6A**

Další v pořadí je Category 6 (Cat 6), ten přišel rok po Cat 5e, tudíž v roce 2002 a byl specifikován v prvním dodatku pro standard TIA/EIA-568-B.2. Oproti Cat 5e má Cat 6 větší nároky na odolnost proti přeslechům a rušení, díky čemuž zvládá provoz na frekvenci až 250 MHz. To umožňuje provoz na lince přenosovou rychlostí 5Gbit/s na vzdálenost až 100 metrů pomocí standardu 5GBASE-T.

[3], [19]

Podobně jako tomu bylo u Cat 5, i Cat 6 se dočkal vylepšení. Konkrétně v roce 2006, kdy se objevila nová verze označovaná jako Category 6 Augmented (Cat 6A). Oficiální schválení proběhlo v roce 2008 podle standardu TIA/EIA-568-B.2-10. Tento kabel zvládá provoz na dvojnásobně větší frekvenci než Cat6, tudíž 500 MHz. To umožňuje například provoz standardu 10GBASE-T, který se vyznačuje přenosovou rychlostí 10Gbit/s na vzdálenost až 100 metrů. Zajímavá je také podpora standardu 1000BASE-T1, který se vyznačuje přenosovou rychlostí 1Gbit/s pomocí jediného krouceného páru, to umožňuje praktické využití převážně v průmyslovém prostředí. Původně byly všechny Cat 6 a Cat 6A kabely stíněné, protože pokusy o vytvoření nestíněné varianty nebyly úspěšné (kabel nesplňoval nároky). Dnes jsou však již na trhu i nestíněné varianty kabelu. Problém byl vyřešen pomocí vytvoření větších rozestupů mezi jednotlivými páry v kabelu, za pomoci separátorů. Tím se ovšem ztrácí jedny z důležitých výhod nestíněného kabelu, jako je menší průměr a lepší ohebnost, také cenový rozdíl mezi stíněnou a nestíněnou variantou není tak markantní, jako u kabelů nižších kategorií. Uplatnění Cat 6 a Cat 6A může být v domácích rozvodech pro náročné uživatele, ale spíše se využívá v komerčních objektech, firmách a průmyslu.

[19], [21]

### **3.3.10 Category 7 a 7A**

Kabel Category 7 (Cat 7) byl schválen již v roce 2002 v normě ISO/IEC 11801 aby splnil striktní nároky pro provoz linky Class F. V té době pro něj ovšem nebylo moc využití, a tak se TIA/EIA rozhodla, že ho ve svých normách vynechá. Kabel má celkové stínění, a i stínění jednotlivých párů, to mu umožňuje provoz na frekvenci 600 MHz. Kabel nebyl moc populární, ale uchytil se například v Německu a Švýcarsku, kde byly přísnější regulace elektromagnetické kompatibility. V roce 2010 ISO/IEC přišlo s vylepšenou verzí Category 7A (Cat 7A), která byla určena pro provoz linky Class FA. Tato varianta již umožňovala provoz na frekvenci 1000 MHz. TIA/EIA Category 7A opět vynechala. Kabel je v některých částech Evropy populární pro výstavbu náročnějších LAN sítí a pro použití v oblastech audio-video.

[25]

### **3.3.11 Category 8**

TIA/EIA zařadila kabel Category 8 (Cat 8) v roce 2016, rok nato eviduje i ISO/IEC své dvě varianty v podobě Category 8.1 (Cat 8.1) a Category 8.2 (Cat 8.2). Varianta Cat 8.1 je sladěna v souladu s Cat 8. Varianta Cat 8.2 je specifická svoji nekompatibilitou s rozhraním 8p8c (RJ45) a v TIA/EIA nemá alternativu. Kvůli vysoké podporované provozní frekvenci, vyžadují všechny varianty kabelu stínění. Kabel je primárně určen pro náročné aplikace, jako je například provoz v datových centrech. Kabel zvládá provoz na frekvenci 2000 MHz, díky čemuž umožňuje nasazení standardů 25GBASE-T a 40GBASE-T, maximální délka segmentu při provozu těchto standardů je však 30 metrů.

[26]

Označení	Rychlost na 100 metrech	Obvyklá frekvence	Vyžaduje stínění	Využití/nejrychlejší podporovaný standard
Level 1	<1 Mbit/s	1 MHz	ne	Telefonní spoje
Level 2	4 Mbit/s	4 MHz	ne	Token ring síť
CAT 3	10 Mbit/s	16 MHz	ne	10Base-T
Level 4	16 Mbit/s	20 MHz	ne	Token ring síť
CAT 5	100 Mbit/s	100 MHz	ne	100Base-TX
CAT 5E	1 Gbit/s	100 MHz	ne	1000Base-T
CAT 6	1 Gbit/s (10 Gbit/s na 55m)	250 MHz	ne	1000Base-T, 10GBase-T
CAT 6A	10 Gbit/s	500 MHz	ne	10GBase-T
CAT 7	10 Gbit/s	600 MHz	ano	10GBase-T
CAT 7A	10 Gbit/s	1000 MHz	ano	10GBase-T
CAT 8	25 Gbit/s (40 Gbit/s na 30m)	2000 MHz	ano	25GBase-T, 40GBase-T

**Tabulka 2 Kategorie kroucené dvojlinky**  
zdroj: [2]

### **3.4 Optický kabel**

Optický přenosový systém se skládá ze tří hlavních komponent, kterými jsou: zdroj světla, přenosové médium a přijímač světla. Světelný zdroj vysílá jednotlivé světelné pulzy. Jeden světelný pulz obvykle indikuje jeden bit s hodnotou jedna a absence světla jeden bit s hodnotou nula. Přijímač světla generuje elektrické pulzy, když na něj dopadne světlo. Připojením světelného zdroje ke konci optického kabelu a přijímače světla na druhý konec vznikne systém pro jednostranný přenos dat. Takový systém přijímá elektrické pulzy na straně světelného zdroje, ty mění na pulzy světelné, které jsou následně poslány přes optický kabel do přijímače světla, kde jsou následně opět převedeny na pulzy elektrické.

[3]

### 3.4.1 Struktura kabelu

Optický kabel obsahuje jedno nebo více optických vláken a ochranných vrstev. Optický kabel se obvykle skládá z jádra, obalu, primární ochrany a sekundární ochrany. Jádro optického vlákna je obvykle vyrobeno ze skla, ale může být vyrobeno i z plastu. Obal je rovněž vyroben ze skla. Primární ochrana bývá vyrobena ze silikonu nebo jemu podobných materiálů. Sekundární ochrana bývá vyrobena z polyesteru, nylonu nebo jin podobných pevných materiálů.

[1], [13]

### 3.4.2 Přenos světla

Světelný zdroj může emitovat světlo pomocí světelných diod nebo pomocí laseru. Použitá technologie pro emitování světelných signálů ovlivňuje různé vlastnosti optického systému.

[3]

Vlastnost	LED	Laser
Propustnost	Malá	Velká
Typ optického kabelu	Vícevidové	Jednovidové i Vícevidové
Vzdálenost	Malá	Velká
Životnost	Větší	Menší
Citlivost na teplo	Minimální	Značná
Cena	Menší	Větší

**Tabulka 3 Porovnání světelných zdrojů pro optické kabely**

**Zdroj: [3]**

Přijímač světla obsahuje fotodiodu, která vydává elektrické pulzy, když na ni dopadne světlo. Odezva fotodiod, které konvertují signál ze světelného na elektrický, omezuje propustnost na zhruba 100 Gbps.

[3]

Na rozdíl od elektromagnetických signálu se zde přenáší signály infračervené vlnové délky. Dva základní druhy optických kabelů jsou jednovidové-SM (single-mode) a

vícevidové-MM (multi-mode). Jednovidové kabely přenášejí pouze jeden paprsek světla najednou. Díky tomu jsou jednovidové kabely více spolehlivé než vícevidové a mají větší propustnost na větší vzdálenosti. Jednovidové kabely mohou být použity na větší vzdálenosti než vícevidové, protože využívají přímý mód (propagation mode). Díky využití přímého módu se světelný paprsek dokáže dostat dál, mezi jednotlivými odrazy od stěny jádra.

[2],[13]

Vícevidové kabely se využívají pro kratší vzdálenosti než jednovidové. Ve vícevidových kabelech může být více světelných paprsků najednou. Vícevidové kabely nepotřebují tak precizní zdroj světla, ale také nedokážou fungovat na tak dlouhou vzdálenost jako kabely jednovidové.

[2]

### **3.4.3 Spojování kabelů**

Optické kabely mohou být spojovány třemi různými způsoby. První způsob je ukončení kabelů konektory a připojení do optické spojky. Konektor spolu ale nese nevýhodu v podobě ztráty světla, a to zhruba o 10 až 20 %. Naopak jejich výhodou je jednoduchá manipulace a možnost jednoduchého přepojení.

Druhý způsob je mechanické spojení. Mechanické spojení se provádí tak, že se k sobě přiloží dva precizně zastřižené konce kabelů, přetáhnou se speciální objímkou, která se následně zalisuje. Kvalita spoje může být zlepšena, tím že se před zalisováním zkontroluje světelná propustnost spoje a pomocí malých korekcí se přivede spoj do co nejideálnějšího stavu. Pokud mechanický spoj dělá trénovaná osoba, zabere takové propojení zhruba pět minut a světelná ztráta je zhruba 10 %.

Třetí možností je svařování. Svařování se provádí pomocí speciálních svařovacích přístrojů optických vláken. Svařovaný spoj je skoro stejně kvalitní, jako kdyby tam žádný spoj nebyl.

[3]



### 3.5 Bluetooth

Bluetooth začalo vznikat v roce 1994 za účelem možnosti bezdrátového propojení mobilních telefonů s ostatními zařízeními jako například laptop. Na vývoji projektu se podílely společnosti L. M. Ericsson, IBM, Nokia, Intel a Toshiba, které založily organizaci SIG, ta Bluetooth spravuje dodnes. V roce 1999 vyšla první verze: Bluetooth 1.0.

[3]

Bluetooth je otevřený standard pro bezdrátovou komunikaci na kratší vzdálenosti. Bluetooth je označen standardem IEEE 802.15.1 a patří do kategorie PAN (osobní síť). Bluetooth vytváří ad hoc síť zvanou piconet, která se skládá z jednoho hlavního uzlu a dalších aktivních podřízených uzlů a pasivních podřízených uzlů. Za aktivní podřízený uzel považujeme uzel takový, který je připraven ihned komunikovat s hlavním uzlem. Pokud chce hlavní uzel komunikovat s pasivní podřízeným uzlem, musí ho nejdříve vyzvat, aby se stal aktivním. Pasivní podřízený uzel nemůže dělat nic než odpovídat hlavnímu uzlu na aktivaci, nebo dotaz o přítomnosti. V piconetu může být až 255 zařízení současně, ale kvůli tomu že pro MAC adresu jsou v protokolové datové jednotce uvolněny jen 3 bity, současně aktivních zařízení může v síti být jen 8-1 hlavní uzel a 7 aktivních podřízených. Podřízené uzly spolu nemohou napřímo komunikovat, komunikace musí vždy probíhat přes hlavní uzel. Takto byl standard Bluetooth vytvořen hlavně kvůli nárokům na nízkou cenu Bluetooth čipů, ale výhodou je i nižší spotřeba energie pasivních podřízených uzlů.

[3]

Na rozdíl do většiny ostatních síťových protokolů, které pouze zprostředkovávají komunikační kanál mezi zařízeními, a je jim jedno, co se na tomto kanálu dále posílá, Bluetooth využívá profily neboli specifikace. Z oficiálního webu Bluetooth: *„Specifikace Bluetooth® definují technologické stavební bloky, které vývojáři používají k vytváření interoperabilních zařízení, která tvoří prosperující ekosystém Bluetooth. Specifikace Bluetooth jsou pod dohledem Bluetooth Special Interest Group (SIG) a jsou pravidelně aktualizovány a vylepšovány pracovními skupinami Bluetooth*

*SIG, aby vyhovovaly vyvíjejícím se technologiím a potřebám trhu.“* ([www.bluetooth.com/specifications/](http://www.bluetooth.com/specifications/) , vlastní překlad). Nevýhoda systému specifikací je zapříčinění vyšší složitosti systému. Naopak výhoda může opět spočívat v úspoře zdrojů za hardware. Příklad: Bezdrátová sluchátka využívající specifikaci SBC mohou mít levnější Bluetooth čip než sluchátka využívající specifikaci AptX, které musí mít čip od společnosti Qualcomm, který tuto specifikaci podporuje.

[3], [4]

### **3.6 Wi-Fi**

Wi-Fi se ve světě stává všudypřítomnou technologií. Poskytuje připojení pro miliardy zařízení a je první volbou pro přístup k internetu pro stále více uživatelů. Wi-Fi v mnoha aplikacích postupně nahrazuje kabelový přístup. Každá generace standardu 802.11 výrazně zlepšuje rychlost bezdrátového připojení, aby se přizpůsobila novým aplikacím a službám, a snížila tak pomyslnou propast mezi kvalitou bezdrátového a kabelového připojení. Někteří říkají, že označení Wi-Fi znamená Wireless Fidelity (bezdrátová věrnost), ve skutečnosti to však není pravda, protože označení Wi-Fi neznámá nic. Je to pouze uživatelsky přívětivé marketingové označení pro rodinu standardů 802.11.

IEEE 802.11 je podskupina standardu IEEE 802, specializující se na implementaci bezdrátového přenosu v lokálních sítích. Tento standard byl založen mezinárodní neziskovou společností Institute of Electrical and Electronics Engineers, kterou je také nadále spravován. Standard umožňuje bezdrátovou komunikaci mezi zařízeními nacházejícími se ve stejné lokální síti. K tomu, aby mohla probíhat klasická komunikace je zapotřebí mít aktivní prvek nazývaný jako přístupový bod (access point, zkráceně AP) a koncová zařízení, která budou disponovat bezdrátovou síťovou kartou.

Existují však i způsoby přímé komunikace mezi koncovými zařízeními. Mezi takovéto způsoby se řadí například standard, který přišel v roce 2010 pod označením 802.11z – Tunnelled Direct Link Setup (nastavení přímého tunelového spoje). Tento standard se stal populárním s příchodem protokolu Google Cast v roce 2013. K provozu 802.11z je však stále zapotřebí, aby byla koncová zařízení ve stejné

lokální síti. Tento problém řeší technologie Wi-Fi direct, která umožňuje komunikaci mezi koncovými zařízeními pomocí ad-hoc vytvořené sítě, není tak zapotřebí zprostředkovatele v podobě přístupového bodu. Zařízení v takové síti spolu mohou komunikovat přenosovou rychlostí až 250 Mbit/s. Wi-Fi direct je využíván například pro sdílení médií mezi telefony nebo pro rychlé připojení k tiskárně (tiskárna musí Wi-Fi direct podporovat).

[7], [8], [9], [46]

### **3.6.1 802.11-1997**

Vše začalo v roce 1985 kdy Federální komise pro komunikaci uvolnila tři radiofrekvenční pásma pro průmysl, vědu a zdravotnictví. Toho se začaly chytat různé společnosti, které přicházely se svými návrhy, jak by se spektra dala využít. V roce 1991 přišla společnost NCR (dnes známá jako Nokia Labs) s jejich systémem zvaným WaveLAN. První verze WaveLan, která byla navržena pro používání na území spojených států operoval na frekvenci 915 MHz a dosahoval přenosové rychlosti až 2 Mbit/s, Evropská verze WaveLan již pracovala na frekvenci 2.4 GHz. NCR začalo spolupracovat s IEEE a vznikla tak pracovní skupina pro standard 802.11, který byl v roce 1997 schválen a zveřejněn jako IEEE 802.11-1997. Maximální přenosová rychlost zůstala 2 Mbit/s a frekvence byla ustálena na 2,4GHz.

[7], [8]

### **3.6.2 802.11b**

Ve snaze vytvořit rychlejší bezdrátovou síť byl v lednu roku 2000 představen standard 802.11b-1999. Tento standard využívá pásmo 2,4 GHz a podporuje přenosovou rychlost až 11 Mbit/s, reálná propustnost je srovnatelná s 10BASE-T a pohybuje se okolo 6 Mbit/s. Nově byla také upravena fyzická vrstva, která začala využívat rychlejší techniku rozptřeni spektra zvanou HR/DSSS, díky tomu se zvýšila propustnost a bezpečnost provozu. Standard měl poskytovat výkon, propustnost a bezpečnost srovnatelnou se standardními lokálními sítěmi, které byly propojeny pomocí kabelů. Zmiňovaná rychlost však byla sdílena mezi připojenými uživateli, takže s počtem připojených uživatelů využívajících síť klesala. S příchodem tohoto standardu začali bezdrátové sítě nabírat na popularitě a díky

tomu vznikalo mnoho nových výrobců bezdrátových zařízení. To časem způsobilo cenovou dostupnost této bezdrátové technologie i pro širokou veřejnost.

[7], [10], [11], [21]

### **3.6.3 802.11a**

Paralelně se standardem 802.11b přišel v prosinci roku 1999 také standard 802.11a-1999. Jedná se o prvního člena z rodiny 802.11, který využívá pásmo 5,8 GHz. Bezdrátový přenos v 5,8 GHz pásmu má výhody v podobě vyšších přenosových rychlostí a v uvolněnosti tohoto pásma. V 5,8 GHz pásmu může být 25 nepřekrývaných se kanálů o šířce 20 MHz. Naopak nevýhoda tohoto pásma spočívá v horším dosahu signálu, který je způsoben horší penetrací skrze objekty (kvůli vyšší vlnové délce). 802.11a podporuje přenosovou rychlost až 54 Mbit/s, reálná propustnost se pohybuje okolo 23 Mbit/s. Fyzická vrstva využívá modulaci OFDM, která umožňuje lepší využití dostupné šířky pásma, díky čemuž se zvyšuje propustnost. Pro většinu kancelářských prostředí byl tento standard vhodnější než 802.11b díky větší reálné rychlosti. Větší počet nepřekrývajících se kanálů – osm oproti třem také snižuje riziko rušení, v případě že je v oblasti více přístupových bodů.

[10], [12], [21], [40]

### **3.6.4 802.11g**

V roce 2003 přišel standard 802.11g s marketingovým označením Wi-Fi. Standard operuje v pásmu 2,4 GHz a nabízí přenosovou rychlost až 54 Mbit/s. Reálná propustnost se pak pohybuje v podobných hodnotách jako u standardu 802.11a. Stejně jako u 802.11a je využita modulace OFDM. Pokrytí a dosah je naopak podobný jako u 802.11b. Standard také nabízí plnou zpětnou kompatibilitu s 802.11b. Pokud jsou však k přístupovému bodu připojeni uživatelé pomocí staršího 802.11b, značně se zpomaluje rychlost pro všechny uživatele přístupového bodu.

[21], [40]

### **3.6.5 802.11n**

Jako další přišel v roce 2009 první dvoupásmový standard 802.11n. Také se jedná o první standard, který je oficiálně pojmenován sdružením Wi-Fi Alliance, konkrétně jako Wi-Fi 4. Tento standard je schopný operovat jak v pásmu 2,4 GHz tak i v pásmu 5,8 GHz. Podpora obou pásem však není povinná, aktivní prvky tak mohou podporovat pouze jedno z těchto pásem anebo obě. Maximální přenosová rychlost je až 600 Mbit/s (4x4 MIMO, 40 MHz šířka kanálu), reálná propustnost se pak pohybuje okolo 250 Mbit/s. Nejvýraznější změna nastala v modulaci, ta je nyní MIMO-OFDM, jedná se o stejnou modulaci, jakou využívají například 4G a 5G mobilní sítě. Označení MIMO znamená multiple-input, multiple-output (více vstupů, více výstupů), v praxi se jedná o to, že zařízení disponující více anténami může s jiným zařízením komunikovat více proudy naráz, díky čemuž se zvyšuje propustnost. Pokud však chceme technologii MIMO využít, je potřeba aby jí disponovala obě zařízení, mezi kterými komunikace probíhá. Další výhoda spočívá v kapacitě, která se s počtem antén násobí. Zařízení s jednou anténou má maximální přenosovou rychlost 150 Mbit/s, se dvěma 300 Mbit/s, se třemi 450 Mbit/s a se čtyřmi 600 Mbit/s. Další novinka je možnost využití dvojnásobně širších kanálů (40 MHz oproti 20 MHz), při využití širších kanálů však zbydou jen dva navzájem nepřekrývající se kanály. Díky použití více antén je také možné využít technologii Beamforming (tvarování paprsku). Ta dokáže vylepšit dosah pomocí zpoždění vysílání signálu z antén podle toho, kde se nachází koncové zařízení. To způsobí že pulzy vysílané všemi anténami nejsou vyslány ve stejnou dobu, ale na koncové zařízení všechny ve stejnou dobu dopadnou. Oproti předchozím verzím byl zlepšen dosah až dvojnásobně.

[21], [41], [42], [45]

### **3.6.6 802.11ac**

V prosinci roku 2013 přišel další standard s označením 802.11ac známý také jako Wi-Fi 5. Protože v roce 2013 výrobci zařízení nebyli připraveni na využití plného potenciálu tohoto standardu, sdružení Wi-Fi Alliance standard rozdělilo na Wave 1 (první vlna) a Wave 2 (druhá vlna). Standard pracuje pouze v pásmu 5,8 GHz. Fyzická vrstva byla opět vylepšena, jedná se od VHT-OFDM (Very High

Throughput/Velmi vysoká propustnost). U Wave 1 může být šířka kanálu 20MHz, 40MHz ale nově i 80MHz. Díky tomu je přenosová rychlost až 1,3 Gbit/s (3x3 MIMO, 80 MHz šířka kanálu), reálná propustnost se pak pohybuje okolo 845Mbps.

V roce 2016 se začaly objevovat zařízení splňující podmínky Wave 2. Ta přináší vylepšení v podobě DL (downlink) MU-MIMO (multi-user/více uživatelů), díky které mohou přístupové body s více anténami odesílat data do více zařízení ve stejnou chvíli. To má za následek zvýšení celkové propustnosti. Také byla přidána možnost využívat kanály o šířce 160 MHz. Díky tomu se maximální přenosová rychlost ustálila na hodnotě 3,47 Gbit/s (4x4 MIMO, 160 MHz šířka kanálu) s tím, že reálná propustnost se pohybuje okolo 2,26 Gbit/s. Plný potenciál standardu 802.11ac pak umožňuje využít MU-MIMO v konfiguraci až 8x8, díky čemuž je přenosová rychlost 6,9 Gbit/s (8x8 MIMO, 160 MHz šířka kanálu) a reálná propustnost okolo 4,5 Gbit/s. Nutno však zmínit, že pro dosažení této rychlosti by byla zapotřebí dvě zařízení disponující touto technologií, která je u standardu 802.11ac spíše experimentální. Wi-Fi 5 je [21], [43], [44], [45]

### **3.6.7 802.11ax**

Aktuální verze Wi-Fi je Wi-Fi 6, která je definována standardem 802.11ax, dokument byl dokončen v září roku 2020 a po jeho schválení následně zveřejněn v květnu roku 2021. Oproti předchozímu standardu Wi-Fi 5 se Wi-Fi 6 snaží dosáhnout čtyřnásobného zvýšení průměrné uživatelské propustnosti a více než trojnásobného zvýšení počtu souběžně připojených uživatelů v hustě zalidněných oblastech. Obecně byla snaha Wi-Fi hlavně zefektivnit. Wi-Fi 6 operuje v obou pásmech 2,4 GHz i 5,8GHz. První novinkou je přítomnost OFDMA módu, který umožňuje efektivnější komunikaci a snížení latence tím, že umožňuje rozdělení jednoho rámce mezi více uživatelů, tuto technologii můžeme najít také například v mobilních 4G a 5G sítích. Další novinkou je podpora modulace 1024-QAM. Ta umožňuje zvýšení propustnosti každého datového proudu o 25 % oproti předchozí verzi 256-QAM využívané v 802.11ac. Pro využití této modulace je však zapotřebí nemít moc zarušený kanál. Další nová technologie se nazývá BSS Coloring, tato technologie umožňuje aktivním prvkům vyhýbat se ostatním aktivním prvkům v

okolí a předejít tak možnému vzniku kolizí. Vylepšením proběhla i technologie MIMO, konkrétně byla přidána UL (uplink) MU-MIMO, která řeší bottleneck 802.11ac. Umožňuje totiž přístupovému bodu přijímat data od více zařízení současně (802.11ac umožňovala pouze současné odeslání). Maximální konfigurace MU-MIMO zůstala stejná jako u 802.11ac, tudíž 8x8. Pro 802.11ax však již existuje mnoho zařízení, které touto technologií disponují. Zařízení podporující konfiguraci 8x8 jsou ovšem drahá a jsou určena do míst s vysokou hustotou lidí. Teoretická maximální přenosová rychlost při využití 8x8 MIMO a šířky pásma 160 MHz je 9,6 Gbit/s. Reálná propustnost se při využití 2x2 MIMO a 80MHz šířce kanálu pohybuje okolo 940 Mbit/s.

[46], [47], [48], [49], [50]

V dubnu roku 2020 Federální komise pro komunikaci uvolnila nové pásmo pro nelicencované použití na území Spojených států amerických. Konkrétně se jedná o pásmo od 5925 MHz do 7125 MHz obecně nazývané jako 6 GHz pásmo. Toho se rychle chytlo sdružení Wi-Fi Alliance a přišlo s rozšířením Wi-Fi 6E, které rozšiřuje Wi-Fi 6 o možnost využívání tohoto 6 GHz pásma. Uvolněním tohoto rozsahu se v podstatě zčtyřnásobilo dosavadní spektrum Wi-Fi. Do uvolněných 1200 MHz lze vměstnat například 59 nepřekrývajících se kanálů o šířce 20 MHz nebo 7 nepřekrývajících se kanálů o šířce 160 MHz. Uvolnění tohoto pásma začalo postupem času následovat spousta zemí. Evropská unie zareagovala v červnu roku 2021 s úředním věstníkem L 232, kterým uvolnila oproti USA pouze poloviční část pásma, konkrétně spodní polovinu od 5945 GHz do 6425 GHz. Evropská unie se takto rozhodla nejspíše proto, že horní část spektra by v budoucnu mohla být využita pro 5G sítě, které by mohly mít větší užitek. Například Čína si nechala pro 5G sítě celé 6 GHz pásmo, takže tam Wi-Fi 6E není vůbec podporována.

Zařízení podporující Wi-Fi 6E jsou označována jako tri-band, protože podporují tři pásma: 2,4 GHz, 5,8 GHz a 6 GHz. Do společnosti se však zatím dostávají pomalu, protože aktivní prvky podporující tri-band jsou drahé a pro většinu uživatelů momentálně zbytečné. Koncových zařízení podporujících tento standard zatím taky není mnoho. Mezi mobilními čipy byl první Samsung s čipem Exynos 2100 vlastní výroby. Ten lze najít v telefonu Samsung S21 Ultra 5G, který přišel na trh

již v lednu roku 2021. Qualcomm a MediaTek mají také své tri-band čipy, stále se však jedná o komponenty do drahých high-end zařízení, to by se však časem mohlo změnit a Wi-Fi 6 by se mohla stát mainstreamem.

[51], [52], [53], [54], [55]

## **4 Další příklady využití přenosových médií**

### **4.1 Strukturovaná kabeláž**

Strukturovaná kabeláž je kompletní systém kabeláže, který podporuje více kusů hardwaru a poskytuje tak komplexní telekomunikační infrastrukturu. Ta může sloužit širokému spektru použití, jako například poskytování telefonních služeb nebo pro přenos dat prostřednictvím počítačové sítě. Systém strukturované kabeláže může být instalován v jednotlivých budovách, nebo v celých areálech. Systém by měl být schopný odolat rychlým změnám, které nové technologie přináší. Strukturovaná kabeláž by měla být spolehlivá, efektivní, škálovatelná, modulární, bezpečná a měla by brát ohled na efektivní využití prostoru, chlazení a energetickou spotřebu. Komponenty strukturované kabeláže mohou zahrnovat kroucenou dvojlinku, koaxiální kabely, optické kabely, ale také patch panely, patch kabely, síťové zásuvky, nebo třeba aktivní prvky jako jsou switche (přepínače). Strukturovaná kabeláž začíná v místě, kde je ukončena přípojka od poskytovatele služeb (service provider). Mezinárodní norma pro strukturovanou kabeláž je ISO/IEC 11801 která vznikla v roce 1995, její poslední revize pak proběhla v roce 2017.

[56]

#### **4.1.1 Subsystémy**

Všechny komponenty strukturované kabeláže tvoří celkový síťový systém. Tento systém lze následně rozdělit do menších systémů – takzvaných subsystémů. Každý subsystém odkazuje na jednotlivé části sítě, které spolupracují dohromady na podpoře podniku nebo kampusu, ve kterém je systém instalován. Rozdělení systému do menších částí má výhodu v jednodušším procesu troubleshootingu (hledání a



odstraňování problémů), ale také v jednodušším vylepšování systému. Systém strukturované kabeláže rozdělujeme do těchto šesti subsystémů.

[56]

#### **4.1.2 Vstupní zařízení**

Vstupní zařízení označované jako EF (Entrance Facility) je fyzickým místem, kde končí kabeláž od poskytovatele služeb a zároveň začíná strukturovaná kabeláž. Také je to místo, kde je přebírána zodpovědnost za dodávanou kvalitu služeb z poskytovatele služeb na správce strukturované kabeláže. Jinými slovy je to místo, do kterého nám poskytovatel služeb zaručuje takovou kvalitu služeb, která je sním domluvena.

[56]

#### **4.1.3 Serverovna**

Serverovna je označována jako ER (Equipment Room). Do serverovny vede kabeláž ze vstupního bodu, je to místo, ve kterém se zpracovávají služby poskytované poskytovatelem služeb. Můžou zde být umístěny servery, switche, routery (směrovače), PBX (pobočková telefonní ústředna) a podobně. Vzhledem k tomu že je to místo, ve kterém se většinou nachází spousta drahých zařízení, které často generují spoustu odpadního tepla, je zde také třeba zajistit určité podmínky. K tomu jsou využívány systémy klimatizace a kontroly vlhkosti, které se starají o to, aby byla zařízení v serverovně v optimálních podmínkách, které jsou stanoveny výrobcí těchto zařízení. Také je vhodné, aby byla místnost zajištěna hasícím systémem a záložním systémem. V dnešní době existuje spousta různých hasících systémů, které například dokážou z celé místnosti odsát vzduch a tím kompletně zabránit hoření. Záložní systémy mohou být jednoduché v podobě baterií, které systém podrží, než se stihne bezpečně vypnout, aby se předešlo ztrátě dat nebo jinému poškození softwaru či hardwaru. Ale také mohou být složitější systémy, které udržují systém v provozu na bateriích do doby, než se zpusť třeba dieselové elektrocentrály, díky kterým pak provoz celého systému může pokračovat. Takové systémy lze najít třeba v nemocnicích, kde jsou životně důležité.

[56]

#### **4.1.4 Telekomunikační místnost**

Telekomunikační místnost označována jako TR (Telecommunications Room) je místem, ve kterém je hardware, který ukončuje páteřní kabeláž a horizontální kabeláž. Lze si ji tedy představit jako místnost, ve které je switch, do kterého je připojen páteřní spoj ze serverovny a patch panel, ke kterému je připojena horizontální kabeláž, která vede dál do pracovních oblastí ke koncovým uživatelům. V menších objektech může být telekomunikační místnost součástí serverovny, naopak ve větších objektech může být telekomunikačních místností několik.

[56]

#### **4.1.5 Páteřní kabeláž**

Páteřní kabeláž označovaná jako BC (Backbone Cabling) navzájem propojuje jednotlivé systémy, jedná se například o kabeláž vedoucí mezi vstupním bodem a serverovnou nebo mezi serverovnou a telekomunikačními místnostmi. Občas je také nazývána jako stoupací kabeláž, protože ve víceposchodových budovách jsou pomocí ní propojeny jednotlivá patra. V takovém případě se instaluje do stoupaček nebo vertikálních kanálů. Kabely uznané pro páteřní a horizontální kabeláž jsou dané normami TIA-568.2-D z roku 2018 pro metalické kabely a TIA-568.3-D z roku 2016 pro optické kabely. Konkrétně se pak jedná o kabely typu kroucená dvojlinka kategorií Cat 6, Cat 6A a Cat 8 s tím, že doporučovány jsou kabely kategorie Cat 6A a vyšší. Koaxiální kabely jsou uznány sedmdesáti pěti ohmové typu 734 a 735. Z optických kabelů jsou pak podporovány kabely typu OM3, OM4 a OM5 s tím, že jsou doporučovány kabely typu OM4 a vyšší. V případě kroucené dvojlinky se díky svým parametrům jako nejvhodnější jeví kabel kategorie Cat 6A. Pokud by však byla zapotřebí větší propustnost páteřních spojů, nebo by se jednalo o spoje na vzdálenost přesahující devadesát metrů, pak by bylo vhodné použít optické kabely optimalizované pro laserový zdroj světla OM4 nebo OM5.

[56], [57]

#### **4.1.6 Horizontální kabeláž**

Horizontální kabeláž označovaná jako HR (Horizontal Cabling) vede obvykle z telekomunikační místnosti do pracovních oblastí ke koncovým uživatelům, nebo do

jiných místností ve stejném patře. Normou maximální povolená vzdálenost horizontální kabeláže je devadesát metrů pro všechny typy kabeláže. Pro horizontální kabeláž se většinou využívá kroucená dvojlinka. Pokud není vyloženě apelováno na co nejnižší cenu instalace, i zde je vhodné použít kroucenou dvojlinku kategorie Cat 6A, v opačném případě by se pak dala použít i kategorie Cat 6. Kabely obvykle bývají zakončeny datovými zásuvkami. V roce 2017 však byl v TIA-568.2-D definován nový způsob ukončení spoje – MPLT (Modular Plug Terminated Link). MPLT je modulární konektor stejného formátů jako konektor 8p8c, je však výrazně efektivnější. Obecně je snaha mít mezi koncovým zařízením a telekomunikační místností co nejméně připojovacích bodů, protože ty snižují výkon i zabezpečení spoje. Výrobci koncových zařízení, jako jsou například bezpečnostní kamery tak ve svých zařízeních začali používat samičí zásuvky, do kterých se může přímo připojit kabel zakončen MPLT vedoucí z telekomunikační místnosti.

[56], [58]

#### **4.1.7 Pracovní oblast**

Pracovní oblast označovaná jako WA (Work Area) je oblast, ve které se nacházejí koncová zařízení jako jsou například přístupové body (access points), počítače, mobilní telefony, tiskárny, dataprojektory a další IoT zařízení. V pracovních oblastech uživatelé připojují svá zařízení buďto pomocí propojovacích kabelů (patch cord), nebo pomocí Wi-Fi. Populární způsob distribuce zdrojů v pracovních oblastech je stropní kazetový systém, ve kterém mohou být ukryty například rozvody klimatizace nebo přístupové body, tím je fyzicky zajištěna jejich bezpečnost a také dobré pokrytí.

[56]

## **4.2 Optické sítě**

Optické kabely mají mnoho výhod. Mezi hlavní patří vyšší propustnost a odolnost proti přepětí nebo elektromagnetickému rušení. Díky nízkému útlumu optických kabelů je také možné provozovat je na mnohem větší vzdálenost bez nutnosti použití aktivního prvku. Zatímco u optických kabelů je aktivní prvek potřeba přibližně každých 50 km, u měděných médií je to přibližně každých 5 km. Díky tomu

je na větších vzdálenostech i výsledná cena lepší u optických kabelů. Naopak na krátké vzdálenosti je levnější kroucená dvojlinka, protože pro optické kabely je třeba rozhraní pro převod mezi optickým a elektrickým signálem, které tvoří podstatnou část celkové ceny optického vedení. Další zajímavou výhodou optických kabelů je jejich malá tloušťka a hmotnost. Díky malé tloušťce se lépe pokládají do již zakopaných potrubí. Díky malé hmotnosti není potřeba tak velká mechanická podpora kabelů a také jsou vhodnější pro optické převěsy. Další výhodou optických kabelů byla větší zabezpečení proti odposlechu. V dnešní době už ale existují zařízení, pomocí kterých je odposlech obyčejného optického vlákna jednoduchý. Nevýhoda optických kabelů je obecně složitější manipulace, jako například krimpování konektorů.

[3]

Optické sítě jsou ideální volbou pro přenos velkého množství dat na velkou vzdálenost. Tvoří páteřní spoje celého internetu, dále mohou být využity pro vybudování vysokorychlostní LAN (Local Area Network) nebo třeba pro vysokorychlostní připojení jedinců FttH (Fiber to the Home).

### **4.3 Podmořské vedení**

Podmořské vedení by se dalo považovat za neviditelnou sílu pohánějící internet tak, jak ho dnes známe. V dnešní době se v hlubinách oceánů nachází přes 380 funkčních kabelů, které propojují svět. Kdybychom sečetly jejich délku, dostali by jsme se k číslu přesahujícímu 1,2 milionů kilometrů. Historicky první podmořské kabely byly metalické, a pokládaly se v roce 1850 a sloužily pro přenos telegrafní komunikace. V roce 1858 byl položen první kabel propojující dva kontinenty. Kabel vedl ze západního Irsku do Newfoundlandu. Kabel byl určen k přesnou telegrafní komunikace, bohužel kvalita signálu se rapidně zhoršovala. Teprve měsíc po výměně první komunikace byl kabel zničen, protože jeho operátor se snažil zvýšit kvalitu spojení zvýšením napětí, na které kabel nebyl dimenzován. I přes to, že trend se v poslední době uchyluje spíše k bezdrátovým přenosům, množství dat, která putují skrze podmořské kabely se zvýšilo exponenciálně. Kabely mezi kontinenty putují různými odlišnými cestami, aby se zajistila dostatečná redundance například

v případě přírodní katastrofy. Příklad takové pohromy nastal v roce 2012, kdy hurikán Sandy zasáhl východní pobřeží Spojených Států Amerických a vyřadil z provozu několik kabelů propojujících Severní Ameriku s Evropou. To způsobilo několikahodinový výpadek. Po této události se na redundanci podmořských kabelů začal brát větší zřetel. Například Microsoft se pro svůj kabel MAREA v roce 2016 rozhodl, že ho povede dál od shluku ostatních kabelů, aby při další případné pohromě sloužil jako redundantní. Každoročně je monitorováno okolo dvou set výpadků podmořských kabelů, až dvě třetiny s toho jsou však způsobeny lidskou chybou. Většinou je na vině rybolov nebo dopad lodní kotvy na kabel. Zbytek výpadků je zapříčiněn živelnými vlivy, jako je zemětřesení nebo sesuvy litosférických desek.

[59], [60]

## **5 Závěr**

Cílem této bakalářské práce bylo prostudovat problematiku přenosových médií využívaných převážně v počítačových sítích od historie po současnost, a prozkoumat dostupné technologie a trendy. Z práce také vyplívá, jak velký pokrok v této oblasti se za poslední léta udál. Práce také pomáhá objasnit některé nejasnosti v oblasti počítačových sítí, které během let vznikly. Byl kladen důraz na hlubší rozbor vývoje třech velmi používaných přenosových médií – koaxiálního kabelu, kroucené dvojlinky a bezdrátové sítě Wi-Fi, která nabírá čím dál více na popularitě. Práce by také mohla pomoci s výběrem vhodného přenosového média podle potřeb, které uživatel vyžaduje. Výsledek této práce může být také využitý při výuce počítačových sítí pro doplnění tématu Fyzické vrstvy ISO/OSI modelu.

## 6 Seznam použité literatury

1	HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (ed.), 2016. <i>HCNA Networking Study Guide</i> . online. Singapore: Springer Singapore. ISBN 978-981-10-1553-3.
2	CARTHEN, Chris, WILSON, William a RIVERA, Noel, 2021. <i>Cisco Networks: Engineers' Handbook of Routing, Switching, and Security with IOS, NX-OS, and ASA</i> [online]. Berkeley, CA: Apress. ISBN 978-1-4842-6671-7. Získáno z: <a href="https://link.springer.com/10.1007/978-1-4842-6672-4">https://link.springer.com/10.1007/978-1-4842-6672-4</a>
3	TANENBAUM, Andrew S. a WETHERALL, D., 2011. <i>Computer networks</i> . 5th ed. Boston: Pearson Prentice Hall. ISBN 978-0-13-212695-3. TK5105.5 .T36 2011
4	Specifications, nedatováno. <i>Bluetooth® Technology Website</i> [online]. Získáno z: <a href="https://www.bluetooth.com/specifications/">https://www.bluetooth.com/specifications/</a>
6	HUI, Rongqing, 2020. <i>Introduction to fiber-optic communications</i> . London [England] ; San Diego, CA: Academic Press. ISBN 978-0-12-805345-4. TK5103.592.F52 H85 2020
7	LEMSTRA, Wolter, HAYES, Vic a GROENEWEGEN, John, 2011. <i>The Innovation Journey of Wi-Fi - The Road to Global Success</i> . Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-19971-1.
8	CAMPS-MUR, D., GARCIA-SAAVEDRA, A. a SERRANO, P., 2013. Device-to-device communications with Wi-Fi Direct: overview and experimentation. <i>IEEE Wireless Communications</i> . červen 2013. Vol. 20, no. 3, pp. 96–104. DOI <a href="https://doi.org/10.1109/MWC.2013.6549288">10.1109/MWC.2013.6549288</a> .
9	LEE, Jae Hyeck, PARK, Myong-Soon a SHAH, Sayed Chhattan, 2017. Wi-Fi direct based mobile ad hoc network. In: <i>2017 2nd International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)</i> . online. Krakow, Poland: IEEE. červenec 2017. pp. 116–120. [Viděno 23 duben 2022]. ISBN 978-1-5386-0538-7. DOI <a href="https://doi.org/10.1109/CCOMS.2017.8075279">10.1109/CCOMS.2017.8075279</a> .
10	SCARFONE, K A, DICOI, D, SEXTON, M a TIBBS, C, 2008. <i>Guide to securing legacy IEEE 802.11 wireless networks</i> online. 0. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology. [Viděno 23 duben 2022].
11	BANERJI, Sourangsu a CHOWDHURY, Rahul Singha, 2013. On IEEE 802.11: Wireless Lan Technology. <i>International Journal of Mobile Network Communications &amp; Telematics</i> . 31 srpen 2013. Vol. 3, no. 4, pp. 45–64. DOI <a href="https://doi.org/10.5121/ijmnct.2013.3405">10.5121/ijmnct.2013.3405</a> .
12	INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, 1999. Supplement to IEEE standard for Information technology-- telecommunications

	and information exchange between systems-- local and metropolitan area networks -- specific requirements. New York, N.Y., USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISBN 978-0-7381-1809-3.
13	BUBNÍK, Ing. Lukáš a Ing. Jiří KLAJBL., 2015 Optoelektrotechnika [online]. Brno: Code Creator, ISBN 978-80-88058-20-5.
14	EDITORS, History com, nedatováno. Samuel Morse demonstrates the telegraph with the message, "What hath God wrought?". <i>HISTORY</i> [online]. Získáno z: <a href="https://www.history.com/this-day-in-history/what-hath-god-wrought">https://www.history.com/this-day-in-history/what-hath-god-wrought</a>
15	KRASNOWSKI, Piotr, MARTIN, Bruno a LEBRUN, Jerome, 2021. Introducing a Novel Data over Voice Technique for Secure Voice Communication. <i>arXiv:2102.10869 [cs]</i> [online]. 22 únor 2021. [Viděno 26 leden 2022]. Získáno z: <a href="http://arxiv.org/abs/2102.10869">http://arxiv.org/abs/2102.10869</a>
16	COLLEN, Morris F. a KULIKOWSKI, Casimir A., 2015. The Development of Digital Computers. In: COLLEN, Morris F. a BALL, Marion J. (ed.), <i>The History of Medical Informatics in the United States</i> [online]. London: Springer London. p. 3–73. Health Informatics. ISBN 978-1-4471-6731-0. Získáno z: <a href="http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-6732-7_1">http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-6732-7_1</a>
17	SUNYAEV, Ali, 2020. <i>Internet Computing: Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies</i> [online]. Cham: Springer International Publishing. ISBN 978-3-030-34956-1. Získáno z: <a href="http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-34957-8">http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-34957-8</a>
18	IBM Cabling System, 2020. [online]. [Viděno 28 leden 2022]. Získáno z: <a href="http://www.ibm.com/products/us/en/">http://www.ibm.com/products/us/en/</a>
19	YANG, Maosong, SUN, Yongwei, PAN, Xiaodong, WAN, Haojiang a LU, Xinfu, 2018. Development and Prospect of Twisted Pair Cables. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> . červenec 2018. Vol. 170, p. 042126. DOI <a href="https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/4/042126">10.1088/1755-1315/170/4/042126</a> .
20	Past to Present: The Evolution of the Network Cable, nedatováno. <i>Electrical Contractor Magazine</i> [online]. [Viděno 29 leden 2022]. Získáno z: <a href="https://www.ecmag.com/section/your-business/past-present-evolution-network-cable">https://www.ecmag.com/section/your-business/past-present-evolution-network-cable</a>
21	BAUN, Christian, 2019. <i>Computer Networks / Computernetze: Bilingual Edition: English – German / Zweisprachige Ausgabe: Englisch – Deutsch</i> . online. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. [Viděno 19 duben 2022]. ISBN 978-3-658-26355-3.

22	101 Series: Stranded vs. Solid Patch Cords, 2019. <i>Fluke Networks</i> . online. [Viděno 16 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.flukeworks.com/blog/cabling-chronicles/101-series-stranded-vs-solid-patch-cords">https://www.flukeworks.com/blog/cabling-chronicles/101-series-stranded-vs-solid-patch-cords</a>
23	Classification for twisted pair cable, nedatováno. online. [Viděno 19 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://nikomax-global.com/pubs/articles/46/">https://nikomax-global.com/pubs/articles/46/</a>
24	RJ45 or 8P8C Connectors? Finding the True Ethernet Standard, nedatováno. <i>Arrow.com</i> . online. [Viděno 20 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/rj45-connectors">https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/rj45-connectors</a>
25	What Ever Happened to Category 7?, 2018. <i>Fluke Networks</i> . online. [Viděno 20 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.flukeworks.com/blog/cabling-chronicles/what-ever-happened-category-7">https://www.flukeworks.com/blog/cabling-chronicles/what-ever-happened-category-7</a>
26	Category 8 Cable's Role in 25G & 40G DC Ethernet, 2017. <i>Fluke Networks</i> . online. [Viděno 20 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.flukeworks.com/edocs/white-paper-category-8-cable-role-25g-40g-dc">https://www.flukeworks.com/edocs/white-paper-category-8-cable-role-25g-40g-dc</a>
27	CRISP, John, 2002. <i>Introduction to copper cabling: application for telecommunications, data communications and networking</i> . Oxford ; Boston: Newnes. ISBN 978-0-7506-5555-2. TK5103.15 .C73 2002
28	The Difference Between Dual Shield vs Quad Shield Coaxial Cable, nedatováno. <i>trueCABLE</i> . online. [Viděno 26 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/the-difference-between-dual-shield-vs-quad-shield-coaxial-cable">https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/the-difference-between-dual-shield-vs-quad-shield-coaxial-cable</a>
29	Copper Clad Steel (CCS) vs Solid Copper Coax, nedatováno. <i>trueCABLE</i> . online. [Viděno 26 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/copper-clad-steel-ccs-vs-solid-copper-coax">https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/copper-clad-steel-ccs-vs-solid-copper-coax</a>
30	GOLIO, John Michael (ed.), 2008. <i>The RF and microwave handbook: RF and microwave circuits, measurements, and modeling</i> . 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press. The electrical engineering handbook series. ISBN 978-0-8493-7218-6. TK7876 .R487 2008
31	A Complete Guide to Coaxial Connectors   RS Components, nedatováno. online. [Viděno 23 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/coaxial-connectors-guide">https://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/coaxial-connectors-guide</a>
32	Coax Connectors, nedatováno. online. [Viděno 23 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.showmecables.com/blog/post/coaxial-coax-connectors">https://www.showmecables.com/blog/post/coaxial-coax-connectors</a>



33	Better Know a Connector: SMA, nedatováno. online. [Viděno 23 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.showmecables.com/blog/post/sma-dimensions">https://www.showmecables.com/blog/post/sma-dimensions</a>
34	Hirose U.FL   Sunridgecorp, nedatováno. online. [Viděno 23 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.sunridgecorp.com/newproducts.html">https://www.sunridgecorp.com/newproducts.html</a>
35	DE ARAUJO, D.N., PITNER, G., COMMENS, M., MUTNURY, B. a DIEPENBROCK, J., 2008. Full-wave, TwinAx, differential cable modeling. In: <i>2008 58th Electronic Components and Technology Conference</i> . online. Lake Buena Vista, FL, USA: IEEE. květen 2008. pp. 1684–1689. [Viděno 23 duben 2022]. ISBN 978-1-4244-2230-2. DOI <a href="https://doi.org/10.1109/ECTC.2008.4550205">10.1109/ECTC.2008.4550205</a> .
36	LEFURGY, Charles, ALLEN-WARE, Malcolm, CARTER, John, EL-ESSAWY, Wael, FERREIRA, Alexandre, HUANG, Wei, HYLICK, Anthony, KELLER, Tom, RAWSON, Freeman a RUBIO, Juan, 2011. Energy-Efficient Data Centers and Systems. 2011. pp. 211.
37	NETWORKS, Arista, 2022. Transceivers & Cables - By Type. <i>Arista Networks</i> . online. 20 duben 2022. [Viděno 23 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.arista.com/en/products/transceivers-cables">https://www.arista.com/en/products/transceivers-cables</a>
38	CARLSON, Steve, 2020. IEEE 802.3 Greater than 10 Gb/s Electrical Automotive Ethernet PHYs (P802.3cy) IEEE 802.3 WG Approved Objectives. . 2020. pp. 3. [Viděno 23 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.ieee802.org/3/cy/P802d3cy_OBJ_WG_0520.pdf">https://www.ieee802.org/3/cy/P802d3cy_OBJ_WG_0520.pdf</a>
39	Microwaves101   Why Fifty Ohms?, nedatováno. online. [Viděno 23 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.microwaves101.com/encyclopedias/why-fifty-ohms">https://www.microwaves101.com/encyclopedias/why-fifty-ohms</a>
40	MAHASUKHON, Puttipong, HEMPEL, Michael, CI, Song a SHARIF, Hamid, 2007. Comparison of Throughput Performance for the IEEE 802.11a and 802.11g Networks. In: <i>21st International Conference on Advanced Networking and Applications (AINA '07)</i> . online. Niagara Falls, ON, Canada: IEEE. květen 2007. pp. 792–799. [Viděno 23 duben 2022]. ISBN 978-0-7695-2846-5. DOI <a href="https://doi.org/10.1109/AINA.2007.46">10.1109/AINA.2007.46</a> .
41	802.11n Delivers Better Range - Wi-FiPlanet.com, nedatováno. online. [Viděno 24 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.wi-fiplanet.com/802-11n-delivers-better-range/">https://www.wi-fiplanet.com/802-11n-delivers-better-range/</a>
42	VANHATUPA, Timo, 2015. Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n: Theory & Practice. . 2015. pp. 21. [Viděno 24 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.ekahau.com/wp-content/uploads/2020/06/Wi-Fi-Capacity-Analysis-WP.pdf">https://www.ekahau.com/wp-content/uploads/2020/06/Wi-Fi-Capacity-Analysis-WP.pdf</a>

43	What Are 802.11ac and 802.11ac Wave 2 - Huawei, nedatováno. online. [Viděno 28 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100081215#EN-US_TOPIC_0167962539">https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100081215#EN-US_TOPIC_0167962539</a>
44	Wi-Fi CERTIFIED™ ac brings new advances in Wi-Fi® performance   Wi-Fi Alliance, nedatováno. online. [Viděno 28 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-certified-ac-brings-new-advances-in-wi-fi-performance">https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-certified-ac-brings-new-advances-in-wi-fi-performance</a>
45	Meraki MR SU-MIMO, MU-MIMO, and Beamforming, 2020. Cisco Meraki. online. [Viděno 28 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://documentation.meraki.com/MR/WiFi_Basics_and_Best_Practices/Meraki_MR_SU-MIMO%2C_MU-MIMO%2C_and_Beamforming">https://documentation.meraki.com/MR/WiFi Basics and Best Practices/Meraki MR SU-MIMO%2C MU-MIMO%2C and Beamforming</a>
46	What Is 802.11ax (Wi-Fi 6) - Huawei, nedatováno. online. [Viděno 28 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100102755#EN-US_TOPIC_0189760670">https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100102755#EN-US_TOPIC_0189760670</a>
47	IEEE Standard for Information Technology--Telecommunications and Information Exchange between Systems Local and Metropolitan Area Networks--Specific Requirements Part 11, 2021. online. [Viděno 29 duben 2022]. DOI <a href="https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2021.9442429">10.1109/IEEESTD.2021.9442429</a> .
48	YANG, Mao, LI, Bo a YAN, Zhongjiang, 2021. MAC Technology of IEEE 802.11ax: Progress and Tutorial. <i>Mobile Networks and Applications</i> . červen 2021. Vol. 26, no. 3, pp. 1122–1136. DOI <a href="https://doi.org/10.1007/s11036-020-01622-3">10.1007/s11036-020-01622-3</a> .
49	KHOROV, Evgeny, KIRYANOV, Anton, LYAKHOV, Andrey a BIANCHI, Giuseppe, 2018. A Tutorial on IEEE 802.11ax High Efficiency WLANs. <i>IEEE</i> . 2018. pp. 20. DOI <a href="https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2871099">10.1109/COMST.2018.2871099</a> .
50	What Realistic Speeds Will I Get With Wi-Fi 5 and Wi-Fi 6?   Increase Broadband Speed, 2021. online. [Viděno 29 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.increasebroadbandspeed.co.uk/realistic-speeds-wi-fi-5-and-wi-fi-6">https://www.increasebroadbandspeed.co.uk/realistic-speeds-wi-fi-5-and-wi-fi-6</a>
51	Wi-Fi 6E, nedatováno. <i>Huawei Enterprise</i> . online. [Viděno 29 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://e.huawei.com/en/products/enterprise-networking/wlan/wifi6-e">https://e.huawei.com/en/products/enterprise-networking/wlan/wifi6-e</a>
52	Wi-Fi Alliance® brings Wi-Fi 6 into 6 GHz   Wi-Fi Alliance, nedatováno. online. [Viděno 29 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-alliance-brings-wi-fi-6-into-6-ghz">https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-alliance-brings-wi-fi-6-into-6-ghz</a>
53	Unlicensed 6GHz spectrum puts 5G economic potential at risk, warns GSMA, nedatováno. <i>ComputerWeekly.com</i> . online. [Viděno 29 duben 2022]. Získáno

	z: <a href="https://www.computerweekly.com/news/252500991/Unlicensed-6GHz-spectrum-puts-5G-economic-potential-at-risk-warns-GSMA">https://www.computerweekly.com/news/252500991/Unlicensed-6GHz-spectrum-puts-5G-economic-potential-at-risk-warns-GSMA</a>
54	EVROPSKÁ UNIE, 2021. <i>Úřední věstník Evropské unie L 232</i> . online. 2021. [Viděno 27 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2021:232:FULL&amp;from=CS">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2021:232:FULL&amp;from=CS</a>
55	Samsung Galaxy S21 Ultra 5G - Full phone specifications, nedatováno. online. [Viděno 29 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.gsma-rena.com/samsung_galaxy_s21_ultra_5g-10596.php">https://www.gsma-rena.com/samsung_galaxy_s21_ultra_5g-10596.php</a>
56	ANIXTER, 2020. <i>STANDARDS REFERENCE GUIDE</i> . online. 2020. Anixter Inc. World Headquarters. [Viděno 29 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.anixter.com/content/dam/anixter/resources/guide/anixter-standard-reference-guide-en.pdf">https://www.anixter.com/content/dam/anixter/resources/guide/anixter-standard-reference-guide-en.pdf</a>
57	TIA-568.2-D Copper Cabling and Components  , 2018. <i>Standards Informant</i> . online. [Viděno 29 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://blog.siemon.com/standards/ansi-tia-568-2-d-balanced-twisted-pair-telecommunications-cabling-and-components">https://blog.siemon.com/standards/ansi-tia-568-2-d-balanced-twisted-pair-telecommunications-cabling-and-components</a>
58	Choosing the Right Termination - Keystone Jack vs RJ45 Connector vs Field Termination Plug, nedatováno. <i>trueCABLE</i> . online. [Viděno 25 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/choosing-the-right-termination-keystone-jack-vs-rj45-connector-vs-field-termination-plug">https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/choosing-the-right-termination-keystone-jack-vs-rj45-connector-vs-field-termination-plug</a>
59	RAHA, Utpal Kumar a K. D., Raju, 2021. <i>Submarine Cables Protection and Regulations: A Comparative Analysis and Model Framework</i> . online. Singapore: Springer Singapore. [Viděno 29 duben 2022]. ISBN 9789811634352.
60	History of the Atlantic Cable & Submarine Telegraphy - Dr E.O.W. Whitehouse and the 1858 trans-Atlantic Cable, nedatováno. online. [Viděno 29 duben 2022]. Získáno z: <a href="https://atlantic-cable.com/Books/Whitehouse/DDC/index.htm">https://atlantic-cable.com/Books/Whitehouse/DDC/index.htm</a>

## Zadání bakalářské práce

**Autor:** Petr Pokorný

**Studium:** I1800218

**Studijní program:** B1802 Aplikovaná informatika

**Studijní obor:** Aplikovaná informatika

**Název bakalářské práce:** Přenosová média v počítačových sítích  
**Název bakalářské práce AJ:** Transmission media in computer networks

### Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cílem bakalářské práce je prostudovat problematiku přenosových médií, zaměřit se na dostupné technologie a trendy, nalézt a popsat typická místa využití. Výsledek práce může být využitý při výuce počítačových sítí pro doplnění tématu Fyzické vrstvy ISO/OSI modelu.

### Osnova:

- Úvod
- Dělení jednotlivých médií
- Jednotlivá média podrobněji
- Trendy v přenosových médiích
- Výhody a nevýhody jednotlivých médií
- Využití jednotlivých médií v praxi
- Závěr

1, Tanenbaum, Andrew S., Computer networks (Pearson Education, 2014), ISBN 978-1-292-02422-6

2, Teare, Diane, Návrh a realizace sítí Cisco (Computer Press, 2003), ISBN 80-251-0022-7

3, Vachon, Bob, Accessing the WAN (Cisco Press, 2008), ISBN 1-58713-205-2

**Garantující pracoviště:** Katedra informačních technologií,  
Fakulta informatiky a managementu

**Vedoucí práce:** Ing. Pavel Blažek, Ph.D.

**Datum zadání závěrečné práce:** 21.1.2020