



MATURITNÍ PRÁCE

Protokoly TCP/IP

Alex Olivier Michaud

vedoucí práce: Dr.rer.nat. Mgr. Michal Kočer

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně s vyznačením všech použitých pramenů.

V Českých Budějovicích dne podpis

Alex Olivier Michaud

Abstrakt

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Klíčová slova

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Poděkování

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Obsah

I	Základy komunikace aplikací na úrovni TCP/IP	2
1	Protokoly TCP/IP	3
1.1	historie TCP/IP	3
1.2	Základy komunikace aplikací na úrovni TCP/IP	4
1.3	Principy TCP/IP	4
1.4	Vrstva síťového rozhraní	4
1.5	Síťová vrstva	5
1.6	Transportní vrstva	5
1.7	Aplikační vrstva	6
1.7.1	Realční vrstva	6
1.7.2	Prezentační vrstva	6
1.7.3	Aplikační vrstva	7
1.8	Slovník protokolů a technologií	7
1.8.1	I2C	8
1.8.2	Wi-Fi	8
1.8.3	ARP	9
1.8.4	IP	9
1.8.5	TCP	10
1.8.6	DHCP	11
1.8.7	JSON	11
1.8.8	11
II	Návrh aplikačního protokolu rodiny TCP/IP	12
1.9	Výpisy použitých programů	13

Bibliografie	20
Přílohy	23
A Fotky z pokusů	24
B Příloha další	25

Úvod

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Část I

Základy komunikace aplikací na úrovni TCP/IP

1 Protokoly TCP/IP

1.1 historie TCP/IP

V roce 1966 se povedlo v USA Bobu Taylorovi úspěšně sehnat finance od Charles Maria Herzfeld, ředitele ARPA,¹ na projekt ARPANET, který měl umožnit přístup k počítačům na velké vzdálenosti. V dalších třech letech se rohodlo o počáteční standardech pro identifikaci, autentizaci uživatelů, přenos znaků a kontrolu a roku 1969 byl ARPANET poprvé použit firmou BBN. Při dalším výzkmu a pokusech o vytvoření nového modulu ARPANET, dva vědci Robert Elliot Kahn a Vinton Gray Cerf vytvořili nový model, kde hlavní zodpovědnost za spolehlivost byla předána uživateli místo sítě. Tímto roku 1974 vznikl nový protokol Transmission Control Program, který byl vydán v RFC² 675 s názvem Specification of Internet Transmission Control Program, avšak tato verze nebyla funkční až do roku 1981, kdy byla zprovozněna verzí 4. Je standardizována pomocí RFC 791 - Internet Protocol(IP) a RFC 793 Transmission Control Protocol(TCP).

TCP i IP, prošlo s postupem času velkým vývojem, kdy vznikalo stovky aktualizací. Například roku 1994 vzniklo Internet Protocol next generation (IPng), který zavádí IP verzi 6. Nyní se aktivně používá 10+ variant TCP na Linuxu. MacOS a Windows je má zavedeno jako výchozí nastavení.

[10] [54] [47] [24] [11] [49] [50]

¹Nyní známo jako DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency) je výkonná moc ministerstva obrany Spojených států amerických, které je pověřena vývojem technologií pro vojenské účely

²žádost o komentáře - označuje dokumenty popisující internetové protkoly

1.2 Základy komunikace aplikací na úrovni TCP/IP

TCP/IP je rodina protokolů, která umožňuje komunikaci uzlů³ a to pomocí end-to-end⁴ principu a specifikováním toho jak by data měla být připravena, adresována, přenášena, směrována a přijímána. Tyto protokoly jsou nejčastěji děleny do čtyř úrovní Link, Internet, Transport a Application. [51][21][32]

1.3 Principy TCP/IP

TCP/IP stojí na několika zásadních principech jako client-server, encapsulace, stateless a robustnost.

Client-server princip je vztah kde jeden úzel požádá o službu nebo prostředek druhý úzel. V TCP/IP modelu je uživatel client(je mu poskytována služba) a další počítač je server.

Encapsulace je prncip, který používá abstraktní dělení TCP/IP do čtyř úrovní. V každé takové úrovni se k původním datům přidávají další data, tak aby mohli být odeslány přes síť. Opačný proces, kdy uživatel se snaží dostat data se nazývá deencapsulace

Rodina TCP/IP protokolů je nazývána jako stateless. Tento princip říká, že jakákoliv žádost o službu od uživatele je nazávislá na té předchozí. Toto umožňuje lepší plynulost sítě, jelikož síťové cesty mohou být používány nepřetržitě.

Robustnost je princip, který dbá na to, aby uživatel neposílal žádné data, které by mohli způsobit problém druhému uživateli při procházení TCP vrstvami. Zároveň se snaží předvídat vše co dostane od druhého uživatele, co by mohlo způsobit problém a s případnými problémy nakládá liberálně.

[35] [51] [20] [28] [12] [15]

1.4 Vrstva síťového rozhraní

Vrstva síťového rozhraní je nejnižší úroveň TCP/IP, dělí se na další dvě podkategorie, a to fyzická a logická. Na fyzické úrovni jsou všechna zařízení, kabely a etc., která konkrétně posílají bity. Protokoly na této úrovni jsou standardizovány IEEE⁵, například jsem patří

³bod přerozdělení nebo koncový bod komunikace

⁴snaží se o to, aby důležité role sítě byly řešeny konečným úzlem

⁵Institute of Electrical and Electronics Engineers

protokol Ethernet⁶, Wi-Fi, etc.

Další součástí link úrovně je logická část, tato úroveň protokolů spojuje pouze síťový segment⁷ a posílá takzvané frame pouze v LAN(lokální síť). Toto propojení zajišťuje pomocí různých protokolů, jako například ARP(Address Resolution Protocol), který umožňuje switchy, aby rozpoznal MAC adresy zařízení. Tato část se dále dělí na podčásti a to LLC a MAC podčást. LLC podčást umožňuje adresování a kontrolu logické části. Dále specifikuje mechanismy, pro zařízení, které adresují a kontroluje data, která jsou vyměněna mezi zařízeními. MAC podčást má zodpovědnost za možnost přístupu k mediu (CSMA/CD), nebo tento problém řeší pomocí MAC adres.

[12] [26] [23] [40] [13] [18]

1.5 Síťová vrstva

Síťová vrstva, v referenčním modelu TCP/IP známá také jako vrstva 2, je zodpovědná za směrování a předávání paketů v sítích. Jedná se o důležitý level, který umožňuje zařízením v různých sítích vzájemně komunikovat, a díky němuž může fungovat internet.

Jedním z hlavních úkolů síťové vrstvy je směrování, které zahrnuje rozhodování o vhodné cestě pro každý paket na základě jeho cíle. K určení nejlepší cesty se používají různé metody a algoritmy pro směrování, od jednoduchých statických metod až po adaptivnější přístupy, které mohou zohlednit různé faktory v síti.

Kromě směrování je síťová vrstva zodpovědná také za realizaci předávání paketů v mezilehlých uzlech podél zvolené cesty a také za řízení toku dat a prevenci přetížení sítě. Hraje také klíčovou roli při propojování různých sítí, což umožňuje bezproblémovou komunikaci mezi nimi.

[27] [44]

1.6 Transportní vrstva

Transportní vrstva, v referenčním modelu TCP/IP známá také jako vrstva 3, je důležitou součástí procesu síťové komunikace. Je zodpovědná za zajištění spolehlivé komunikace mezi aplikačními procesy běžícími na různých hostitelích v síti.

⁶kabely s kroucenou dvojlinkou

⁷část počítačové sítě

Mezi hlavní úkoly transportní vrstvy patří oprava chyb, segmentace a desegmentace dat a zajištění doručení dat ve správném pořadí. K provádění těchto úkolů používá protokoly, jako je protokol TCP (transmission control protocol) a UDP (user datagram protocol).

Transportní vrstva, která se v modelu OSI nachází mezi síťovou vrstvou (vrstva 3) a aplikační vrstvou (vrstva 7), zajišťuje koncové spojení mezi zdrojovým a cílovým hostitelem. To jim umožňuje komunikovat bez rušení jinými síťovými komponenty.

Souhrnně řečeno, transportní vrstva shromažďuje segmenty zpráv z aplikační vrstvy a přenáší je do sítě, kde jsou znovu sestaveny a doručeny do aplikační vrstvy cílového hostitele. Je nezbytnou součástí procesu síťové komunikace, poskytuje spolehlivé transportní služby vyšším vrstvám a umožňuje aplikacím komunikovat mezi sebou napříč sítí.

[45] [30] [31]

1.7 Aplikační vrstva

Aplikační vrstva je v referenčním modulu TCP/IP určena číslem čtyři, ale jelikož je pro mou práci nejdůležitější tak si tuto vrstvu rozdělíme podle podrobnějšího modelu ISO/OSI, kde aplikační vrstva se dělí na vrstvu relační, prezantační a aplikační.

1.7.1 Realční vrstva

Relační vrstva je zodpovědná za navazování, udržování a ukončování komunikačních relací mezi dvěma koncovými body. Zajišťuje, aby komunikace mezi dvěma koncovými body byla spolehlivá a probíhala hladce, i když dojde k chybám nebo přerušení na nižších vrstvách, například za pomoci synchronizace, která umožňuje do posílaných dat přidat kontrolní body, díky kterým, v případě chyby, si příjemce vyžadá znovu poslání dat od určitého bodu. Zároveň umožňuje, aby na stejné přenosové lince probíhalo více komunikačních relací současně, které mohou být duplexní, poloduplexní, či simplexní.

[43] [7]

1.7.2 Prezentační vrstva

Prezentační vrstva je zodpovědná za doručování, formátování a šifrování informací při jejich předávání mezi různými systémy a aplikacemi.

Prezentační vrstva zajišťuje, aby syntaxe a sémantika přenášených zpráv byla standardi-

zována a ve správném formátu. Odpovídá za integraci všech různých formátů do standardizované podoby pro efektivní komunikaci a za kódování zpráv z formátu závislého na uživateli do společného formátu a naopak pro komunikaci mezi různými systémy. Pro vytvoření těchto formátů se používají různé serializace, jako například XML či TVL, které umožňují efektivní přenos složitých datových struktur.

Kromě serializace je prezentační vrstva zodpovědná také za šifrování a dešifrování dat. To se často provádí za účelem ochrany citlivých informací při jejich přenosu po sítích a může se provádět na různých vrstvách síťového zásobníku v závislosti na konkrétních požadavcích aplikace nebo protokolu.

[52] [6] [41]

1.7.3 Aplikační vrstva

Aplikační vrstva se dělí na dva prvky, které jsou určeny pro lehčí vytváření aplikací, díky tomu, že dávají stavební bloky, se kterými aplikace mohou pracovat, patří sem CASE⁸ a SASE⁹. CASE poskytuje služby pro aplikační vrstvu a požaduje služby od vrstvy relací, zatímco SASE poskytuje specifické aplikační služby, jako je přenos souborů, vzdálený přístup k databázi a zpracování transakcí.

Dále aplikační vrstva poskytuje několik funkcí, které umožňují uživatelům snadný přístup k datům a manipulaci s nimi. Umožňuje uživatelům odesílat a přijímat e-maily, přistupovat k souborům na vzdáleném počítači a spravovat je, přihlašovat se jako vzdálený hostitel a přistupovat k informacím o různých službách. Poskytuje také protokoly, které umožňují softwaru odesílat a přijímat informace a prezentovat uživatelům smysluplná data.

[38] [14] [5]

1.8 Slovník protokolů a technologií

Nyní zde popíšeme několik různých protokolů, které jsou později konkrétně použité v naší praktické části. Jsou řazeny podle vrstev od nejnižší po nejvyšší a technologie jsou až za nimi.

⁸Common Application Service Element

⁹Specific Application Service Element

1.8.1 I2C

I2C¹⁰ je protokol, který se používá pro komunikaci mezi čipy. Tento protkol umožňuje připojit se do sběrnice rozhraní zabudovaný do zařízení pro sériovou komunikaci.

Funguje na principu SDA¹¹ a SCL¹² rozhraní. SDA je využito na komunikaci a přenos dat mezi zařízeními a SCL je užito na přenos hodin. Dále se mezi zařízeními dohodne role Master nebo Slave. Počet zařízení s rolí Slave je omezen pouze počtem adres a počet Master zařízení, také není omezen, ale pro naše účely pracujeme s módem pouze jednoho Master zařízení. Master zařízení zahájí komunikaci tím, že v kanále SDA změní napětí z vysokého na nízké a obráceně u kanálu SCL. Nyní Master zařízení pošle Slave zařízením adresu, která když souhlasí, tak Slave zařízení pošle ACK zprávu. Nyní je komunikace navázána. Poté vždy když dostane Master zařízení rámec s daty od Slave zařízení, posílá mu na zpět ACK zprávu. Výhody této komunikace jsou v jednoduchosti zapojení, v počtu zařízení v Slave roli, ve spolehlivosti a dostupnosti na mnoha zařízení.

[48] [53] [16] [8]

1.8.2 Wi-Fi

Wi-Fi je označení pro zařízení, která prošla v minulosti testováním některým ze členů organizace Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA), ta se v dnešní době jmenuje Wi-Fi Alliance. Tato zařízení využívají standard IEEE 802.11, který umožňuje bezdrátové sdílení data. Nejpoužívanějšími standardy Wi-Fi jsou 802.11b a 802.11a.

Tyto standardy využívají rádiové vlny k přenosu informací mezi zařízeními a směrovačem prostřednictvím specifických frekvencí. V závislosti na množství přenášených dat lze využít dvě rádiové frekvence: 2,4 GHz a 5 GHz. Standard 802.11b využívá frekvenci 2,4 GHz, zatímco standard 802.11a využívá frekvenci 5 GHz.

Wi-Fi také využívá různé architektonické postupy, přičemž pro naše účely jsou nejdůležitější přístupové body (AP) a antény¹³. Metoda AP zahrnuje použití stacionárního přístupového bodu, který funguje jako základní rádiová stanice a datový most, obvykle připojený k síti prostřednictvím technologie Ethernet. Tento přístupový bod také nastavuje potřebná bezpečnostní opatření.

¹⁰Inter-Integrated Circuit

¹¹Serial Data

¹²Serial Clock

¹³Ta sice nepoužívá standardy 802.11, nýbrž vzniká kolaborací různých firem, ale pro účely práce má stejné využití, jako wifi

Technologie antén se často využívá v otevřených venkovních prostorách, kde je nutná komunikace na velké vzdálenosti, čemuž napomáhá ochrana před bleskem a další antény.

[46] [9] [22] [17]

1.8.3 ARP

Protokol ARP¹⁴ je protokol používaný v LAN¹⁵ k určení fyzické adresy zařízení z adresy síťové vrstvy (např. IP adresy). Když chce zařízení komunikovat s jiným zařízením ve stejné síti LAN, potřebuje znát fyzickou adresu cílového zařízení, aby mu mohlo poslat data. Má však k dispozici pouze IP adresu cílového zařízení. Zde přichází na řadu protokol ARP.

Aby zdrojové zařízení zjistilo fyzickou adresu cílového zařízení, rozešle všem zařízením v síti LAN paket s požadavkem ARP. Paket obsahuje IP adresu cílového zařízení a žádost o jeho fyzickou adresu. Paket obdrží všechna zařízení v síti LAN, ale pouze zařízení se shodnou IP adresou odpoví svou fyzickou adresou. Tato odpověď je odeslána zpět zdrojovému zařízení ve formě paketu odpovědi ARP.

Zdrojové zařízení pak uloží fyzickou adresu cílového zařízení do své mezipaměti ARP, což je tabulka, která mapuje IP adresy na fyzické adresy. Tímto způsobem může použít fyzickou adresu z mezipaměti pro budoucí komunikaci s cílovým zařízením, místo aby musel vysílat požadavek ARP pokaždé, když chce odeslat data. Mezipaměť ARP má hodnotu časového limitu, která udává dobu, po kterou zůstane fyzická adresa v mezipaměti, než ji bude třeba obnovit.

[25] [37] [19]

1.8.4 IP

Internetový protokol (IP) je klíčovou součástí internetu, která je zodpovědná za směrování datových paketů mezi zařízeními v síti.

Jedním z hlavních úkolů protokolu IP je přenášet datové pakety, nazývané IP datagramy, přes mezilehlé uzly k jejich cíli. K tomu protokol IP využívá informace o topologii sítě, tzv. směrovací informace, které rozhodují o dalším směru přenosu IP datagramu. Tento proces se nazývá směrování.

Protokol IP pracuje s abstraktními adresami, tzv. adresami IP, což jsou 32bitová čísla, která

¹⁴Address Resolution Protocol

¹⁵Lokální síť

identifikují zařízení v síti. Tyto adresy se používají k určení cesty, kterou mají datové pakety projít, aby dosáhly svého cíle. Aby bylo možné přenášet data mezi zařízeními v různých sítích, spoléhá protokol IP na překlad síťových adres, který slouží k převodu mezi adresami IP a fyzickými adresami, například adresami sítě Ethernet.

Protokol IP může pracovat ve spolehlivém nebo nespolehlivém režimu. Ve spolehlivém režimu je protokol IP zodpovědný za správné doručení datových paketů a podnikne kroky k opravě případných chyb. V nespolehlivém režimu protokol IP jednoduše zahodí všechna poškozená data a pokračuje dál, přičemž opravu chyb přenechá protokolům vyšších vrstev. Nespolehlivý režim je obecně efektivnější, protože snižuje dobu spojenou s opravou chyb.

Kromě směrování datových paketů a adresování poskytuje protokol IP také možnosti fragmentace a opětovného sestavení. To umožňuje protokolu IP přenášet datové pakety, které jsou větší než maximální přenosová jednotka sítě, jejich rozdělením na menší pakety a jejich opětovným sestavením v cíli.

[34] [39] [33] [36]

1.8.5 TCP

Protokol TCP¹⁶ je základní součástí internetu a zajišťuje spolehlivý přenos dat mezi zařízeními. Je to protokol zaměřený na spojení, což znamená, že navazuje a udržuje spojení mezi zařízeními nebo aplikacemi, dokud nedokončí výměnu dat.

Protokol TCP je zodpovědný za rozdělení původní zprávy do paketů, jejich očíslování a předání vrstvě IP k transportu do cílového zařízení. Dále se stará o přenos případných odložených paketů, spravuje řízení toku a zajišťuje, aby všechny pakety dosáhly svého cíle. K navázání spojení mezi zařízením a serverem používá protokol TCP třícestný handshake, který zajišťuje, aby mohlo být současně přenášeno více spojení soketů TCP v obou směrech. Zařízení i server musí před zahájením komunikace synchronizovat a potvrdit pakety a poté mohou vyjednávat, oddělovat a přenášet spojení soketů TCP.

Jednou z hlavních výhod protokolu TCP je jeho spolehlivost. Je navržen tak, aby zajistil, že všechny pakety dosáhnou svého cíle, i když se některé pakety během přenosu ztratí. Toho dosahuje tím, že všechny ztracené pakety znovu přenáší a kontroluje, zda nedošlo k chybám. To z něj činí ideální protokol pro aplikace, které vyžadují spolehlivý a bezchybný přenos, jako je e-mail a přenos souborů.

¹⁶Transmission Control Protocol

[17] [50] [42] [29]

1.8.6 DHCP

1.8.7 JSON

1.8.8

Část II

Návrh aplikačního protokolu rodiny TCP/IP

1.9 Výpisy použitých programů

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Výpis programu hello.c naleznete ve výpise 1.1.

```
1 #include <stdio.h>
2 #define CISLO 10
3
4 int main(void) {
5     int i = CISLO;
6
7     print("Hello World!\n");
8     print("%d", i);
9
10    return (0);
11 }
```

Zdrojový kód 1.1: hello.c

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

```
11.0524  
5.5954  
6.7996  
13.8584  
15.1357  
Soucet: 52.4415
```

Příklad výstupního souboru

Závěr

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Bibliografie

1. [Online]. 2022-12.
2. [Online]. 2022-12.
3. [Online]. 2022-12.
4. [Online]. 2022-12.
5. AMANSINGLA. *Application Layer in OSI Model* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/application-layer-in-osi-model/>.
6. AMANSINGLA. *Presentation Layer in OSI model* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/presentation-layer-in-osi-model/>.
7. AMANSINGLA. *Session Layer in OSI model* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/session-layer-in-osi-model/>.
8. CAMPBELL, Scott. *BASICS OF THE I2C COMMUNICATION PROTOCOL* [Online]. FastDomain Inc., 2022-12. Dostupné také z: <https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/>.
9. CAPANO, DANIEL E. *Wi-Fi and the OSI model* [Online]. Network Solutions, LLC, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.controleng.com/articles/wi-fi-and-the-osi-model/>.
10. CERF, Vint. *A Brief History of the Internet and Related Networks* [Online]. GoDaddy.com, LLC, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.internetsociety.org/internet/history-internet/brief-history-internet-related-networks/>.
11. CROCKER, STEPHEN D. *How the Internet Got Its Rules* [Online]. NewYork Times, 2009-04. Dostupné také z: <https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/2009/04/07/opinion/07crocker.html>.
12. ENGINEER_{,drunk}. *OSI and TCP IP Models - Best Explanation* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: bit.ly/3W97Rfp.

13. KANIKAJOSHI. *Data Link Layer* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/data-link-layer/>.
14. KIRVAN, Paul. *application layer* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/Application-layer>.
15. KOZIEROK, Charles M. *The Robustness Principle* [Online]. GoDaddy.com, LLC, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.oreilly.com/library/view/tcpip-guide/9781593270476/ch45s04.html>.
16. KUMAR, Amlendra. *I2C Protocol,bus and Interface: A Brief Introduction* [Online]. GoDaddy.com, LLC, 2022-12. Dostupné také z: <https://aticleworld.com/i2c-bus-protocol-and-interface/>.
17. LIBOR DOSTÁLEK, Alena Kabelová. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 5. aktualizované vydání. Computer Press, 2008. ISBN 80-7226-675-6.
18. NEZNÁMÝ. *Address Resolution Protocol* [Online]. CSC CORPORATE DOMAINS, INC., 2022-12. Dostupné také z: <https://www.ibm.com/docs/en/zos-basic-skillstopic=layer-address-resolution-protocol-arp>.
19. NEZNÁMÝ. *Address Resolution Protocol (ARP) Meaning* [Online]. MarkMonitor, Inc., 2022-12. Dostupné také z: <https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/what-is-arp>.
20. NEZNÁMÝ. *client-server model - client-server architecture* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/client-server>.
21. NEZNÁMÝ. *end-to-end principle* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: bit.ly/3YwboGe.
22. NEZNÁMÝ. *Ethernet* [Online]. REG-WEBGLOBE, 2022-12. Dostupné také z: <https://ipripojeni.cz/slovník-pojmu/ethernet/>.
23. NEZNÁMÝ. *Everything You Should Know About Ethernet Networks and Media Converters* [Online]. Network Solutions, LLC, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.versitron.com/blog/everything-you-should-know-about-ethernet-networks-and-media-converters>.

24. NEZNÁMÝ. *History of TCP/IP* [Online]. Hosting Concepts B.V. d/b/a Registrar.eu, 2022-12. Dostupné také z: <https://scos.training/history-of-tcp-ip>.
25. NEZNÁMÝ. *How Address Resolution Protocol (ARP) works* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/how-address-resolution-protocol-arp-works/>.
26. NEZNÁMÝ. *Lekce 2 - Síť - Ethernet a rozbočovače* [Online]. REG-GRANSY, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.itnetwork.cz/site/zaklady/ethernet-a-rozbocovace>.
27. NEZNÁMÝ. *Network layer, layer 3* [Online]. CSC CORPORATE DOMAINS, INC., 2022-12. Dostupné také z: <https://www.ibm.com/docs/en/zos-basic-skills?topic=review-network-layer-layer>.
28. NEZNÁMÝ. *TCP/IP Model* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/tcp-ip-model/>.
29. NEZNÁMÝ. *Transmission Control Protocol (TCP)* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.khanacademy.org/computing/computers-and-internet/xcae6f4a7ff015e7d:transporting-packets/a/transmission-control-protocol--tcp>.
30. NEZNÁMÝ. *Transport Layer* [Online]. GoDaddy.com, LLC, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techopedia.com/definition/9760/transport-layer>.
31. NEZNÁMÝ. *Transport Layer responsibilities* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/transport-layer-responsibilities/>.
32. NEZNÁMÝ. *What Is a Network Node* [Online]. PSI-USA, Inc. dba Domain Robot, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.solarwinds.com/resources/it-glossary/network-node>.
33. NEZNÁMÝ. *What is IP* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.javatpoint.com/ip>.
34. NEZNÁMÝ. *What is MTU (maximum transmission unit)* [Online]. Cloudflare, Inc, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.cloudflare.com/en-gb/learning/network-layer/what-is-mtu/>.

35. NEZNÁMÝ. *What is TCP/IP* [Online]. Safenames Ltd, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.bigcommerce.com/ecommerce-answers/what-is-tcp-ip/>.
36. NEZNÁMÝ. *What is the Internet Protocol?* [Online]. Cloudflare, Inc., 2022-12. Dostupné také z: <https://www.cloudflare.com/en-gb/learning/network-layer/internet-protocol/>.
37. PETERKA, Jiří. *Adresování v TCP/IP sítích - II.* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a235c110.php3>.
38. PETERKA, Jiří. *Aplikační vrstva* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a227c110.php3>.
39. PETERKA, Jiří. *IP - Internet Protocol* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/anovinky/ai1843.php3>.
40. PETERKA, Jiří. *Linková vrstva - I.* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a218c110.php3>.
41. PETERKA, Jiří. *Prezentační vrstvu* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a226c110.php3>.
42. PETERKA, Jiří. *Protokol TCP - I.* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a93/a305c110.php3>.
43. PETERKA, Jiří. *Relační vrstva* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a225c110.php3>.
44. PETERKA, Jiří. *Síťová vrstva - I.* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a221c110.php3>.
45. PETERKA, Jiří. *Transportní vrstva* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a224c110.php3>.
46. PETERKA, Jiří. *Část XXIV: Wi-Fi* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/b07/b0400001.php3>.
47. PINTUSAINI. *History of TCP/IP* [Online]. GeeksForGeeks, 2022-06. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/history-of-tcp-ip/>.
48. PRERNAAJITGUPTA. *I2C Communication Protocol* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/i2c-communication-protocol/>.

49. REY, California 90291 Information Sciences Institute University of Southern California 4676 Admiralty Way Marina del. *INTERNET PROTOCOL* [Online]. Information Sciences Institute University of Southern California, 1987-09. Dostupné také z: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc791>.
50. REY, California 90291 Information Sciences Institute University of Southern California 4676 Admiralty Way Marina del. *TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL* [Online]. Information Sciences Institute University of Southern California, 1981-09. Dostupné také z: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc793>.
51. SHACKLETT, Mary E. *TCP/IP* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/TCP-IP>.
52. TALKBINARY. *Presentation Layer* [Online]. NAMECHEAP INC, 2022-12. Dostupné také z: <https://osi-model.com/presentation-layer/>.
53. TIŠNOVSKÝ, PAVEL. *Komunikace po sériové sběrnici I2C* [Online]. REG-INTERNET-CZ, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.root.cz/clanky/komunikace-po-seriove-sbornici-isup2supc/>.
54. WRIGHT, Gavin. *ARPANET* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: bit.ly/3j6bDrjpurposes..

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Přílohy

A Fotky z pokusů

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

B Příloha další