



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
II	Návrh aplikačního protokolu rodiny TCP/IP	12
1.9	Implementace protokolu	13
1.10	Popis vybraných nástrojů pro řešení	14

1.10.1 Python	14
1.10.2 MicroPython	14
1.10.3 Raspberry Pi Pico W	14
1.10.4 Tříosý akcelerometr GY-291 s ADXL345	15
1.10.5 Socket	15
1.10.6 Network	16
1.10.7 Json	16
1.10.8 Machine a ADXL345	16
Bibliografie	23
Přílohy	26
A Fotky z pokusů	27
B Příloha další	28

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.

[13] [65] [57] [31] [14] [59] [60]

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.

[61] [15] [40]

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 princip, který používá abstraktní dělení TCP/IP do čtyř úrovní. V každé takové úrovni se k původním datům přidávají další data, tak aby mohli být odesláni 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 nezávislá 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.

[43] [61] [27] [36] [16] [22]

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 uzlem

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.

[16] [34] [30] [49] [20] [25]

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.

[35] [54]

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.

[55] [38] [39]

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.

[53] [10]

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.

[62] [9] [50]

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.

[47] [21] [8]

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.

[58] [63] [23] [11]

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 prostorech, kde je nutná komunikace na velké vzdálenosti, čemuž napomáhá ochrana před bleskem a další antény.

[56] [12] [29] [24]

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.

[32] [46] [26]

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.

[42] [48] [41] [44]

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

[24] [60] [51] [37]

1.8.6 DHCP

Protokol DHCP¹⁷ je síťový protokol, který umožňuje automatizovat proces, získávání IP adres a dalších konfiguračních informací v LAN. DHCP je součástí client/server architektury, kde v síti se vyskytuje DHCP server, který čeká na požadavky a po dotazu automaticky vydá konfigurační informace. Zároveň po určité době si vezme danou IP adresu zpátky a přidá jí opět do databáze s volnými IP adresami.

Kromě přidělování IP adres poskytuje DHCP také další konfigurační informace, jako je subnet¹⁸, adresa výchozí brány a DNS. Protokol DHCP je standardem IEEE, který vychází ze staršího protokolu BOOTP (bootstrap protocol), který je již zastaralý, protože funguje pouze v sítích IPv4.

[64] [52] [28] [17]

1.8.7 JSON

JSON¹⁹ je způsob serializace dat, který je jednoduše pochopitelný lidmi, a zároveň zařízeními, díky čemu se prosadil, jako jeden z nejpoužívanějších způsobů pro serializaci dat. Tohoto dosáhl pomocí již zmíněné jednoduchosti, oproti ostatním formátům, jako například XML, který byl uživatelsky silně nepřívětivý.

Pochází z programovacího jazyka JavaScript, ve kterém kopíruje formu JavaScript objektu. Ten je ale zároveň snado interpretovatelný v ostatních programovacích jazycích, což z něj činí univerzální nástroj pro přenos dat mezi zařízeními a aplikacemi.

[45] [19] [33] [18]

¹⁷Dynamic Host Configuration Protocol

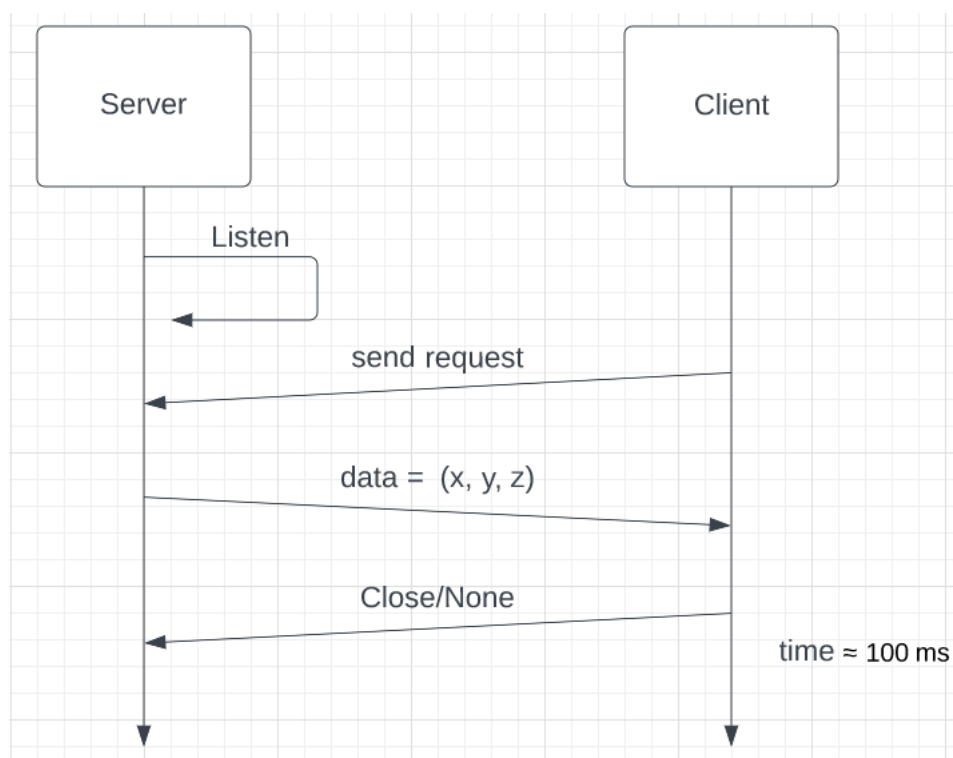
¹⁸Subnet je logickým rozdělením sítě IP na více menších síťových částí.

¹⁹JavaScript Object Notation

Část II

Návrh aplikačního protokolu rodiny TCP/IP

Obrázek 1.1: sekvenční diagram protokolu



1.9 Implementace protokolu

Protokol je navržen tak, aby umožnil klientovi vyžádat si data od serveru s akcelerometrem a server zaslal požadovaná data klientovi. Toto je zajištěno tím, že server neustále poslouchá na daném portu. A kdykoliv přijde od klienta požadavek "Send", tak server odešle data. Pokud klient již data nechce, může poslat zprávu "Close" nebo přestat posílat požadavky, což způsobí, že server spojení uzavře.

Abychom ověřily tuto implementaci. Nejdříve nastavíme server a klienta, kteří implementují tento protokol. Necháme klienta poslat serveru požadavek na data. Ověříme zda server odešle klientovi požadovaná data. Dále necháme klienta odeslat zprávu "Close" nebo přestat posílat požadavky a pozorujeme zda se tak stane.

Pokud se ověří daná implementace můžeme předpokládat, že Protokol je funkční.

1.10 Popis vybraných nástrojů pro řešení

1.10.1 Python

Jazyk použitý pro implementaci protokolu je Python. Zvolili jsme si tento jazyk z několika důvodů. Python má širokou standardní knihovnu, která obsahuje řadu modulů pro sítě a komunikaci, například sokety, které usnadňují vytvoření Protokolu. Python má čistou a čitelnou syntaxi, která usnadňuje psaní a pochopení kódu. Navíc je to dynamicky typovaný jazyk, což znamená, že v kódu nemusíte uvádět typy proměnných. To může výrazně usnadnit psaní a debug kódu. To je několik důvodů, proč byl vybrán oproti ostatním jazykům, jako například C, C++, Java a Go.

1.10.2 MicroPython

Dalším využitým jazykem je MicroPython. MicroPython je navržen pro snadné použití a provoz na malých mikrokontrolérech, jako ESP8266, ESP32 a Raspberry Pi Pico W. Jedná se o implementaci programovacího jazyka Python, která byla speciálně optimalizována pro běh na mikrokontrolérech. Má vestavěnou podporu sítí, což usnadňuje připojení zařízení k internetu. Má také bohatou sadu knihoven a modulů, které lze použít k interakci se senzory, displeji a dalšími hardwarovými komponentami.

1.10.3 Raspberry Pi Pico W

Hardwarové řešení je Raspberry Pi Pico W, která se hodí pro vytváření prototypů a experimentování. Snadno se používá a lze ji programovat v různých jazycích, včetně jazyků MicroPython a C. Díky tomu je skvělou volbou pro projekty, v nichž chcete rychle a snadno vytvářet prototypy a testovat své nápady. Dále má vestavěné rádio 2,4 GHz, které lze použít pro komunikaci WiFi, a také na připojení Bluetooth Low Energy (BLE). Má také řadu digitálních a analogových vstupů a výstupů, které lze využít k propojení se senzory a dalšími zařízeními. Podporuje protokol I2C²⁰, který je důležitý pro práci s akcelometrem.

²⁰Inter-Integrated Circuit

1.10.4 Tříosý akcelerometr GY-291 s ADXL345

Jako data pro přenos jsme vybrali daty z tříosého akcelerometru GY-291 s ADXL345. Ten jsme vybrali jelikož je to přesný a cenově dostupný senzor, který se používá k měření pohybu a orientace. Měření probíhá ve 3 osách a měří zrychlení v rozmezí -16 g až +16 g v osách X, Y a Z. Měření lze snadno získat, díky připojení akcelerometru GY-291 k mikrokontroléru pomocí rozhraní I2C. Tento senzor je kompatibilní s mikrokontroléry, jako je Arduino, Raspberry Pi a mnoho dalších.

Senzor je také schopen detekovat orientaci v prostoru díky integrovanému gyroskopu. Jeho nejčastější použití spočívá v úkolech, jako stabilizace kamery nebo detekce pohybu v prostoru pro různé aplikace.

Další možnosti pro sběr dat byl například senzor MPU-6050, který má sběrnici dat v 6 rozměrech, ten kombinuje akcelometr v 3 osách a gyroskop také ve třech osách. Je určen na velmi přesné měření, které zde nebylo nutné. Další volbou byl senzor BNO055, ten kombinuje akcelometr, gyroskop a magnetometr ve 3 osách, ten je určen na přesnou orientaci v prostoru, které také nebyla nutná

1.10.5 Socket

Socket modul je vestvřený modul do jazyka Python, který poskytuje rozhraní pro práci se sockety, včetně jejich vytváření a používání pro přijímání a odesílání dat po síti. Podporuje různé rodiny adres včetně AF_INET (IPv4) a AF_INET6 (IPv6). Podporuje také řadu typů socketů, včetně SOCK_STREAM (TCP) a SOCK_DGRAM (UDP).

Díky tomuto modulu lze provádět spousty standartních akcí očekovaných od sítí, například navazovat spojení se servery, odesílat a přijímat data a uzavírat spojení, pokud již nejsou potřeba.

Nějaké alternativy k tomuto modulu jsou moduly AsyncIO a PySocket. AsyncIO je standardní knihovna určena na asynchronní programování a mimo to podporuje i užití asynchronních socketů. Tato knihovna je vhodná pro aplikace vyžadující vysoký výkon a škálovatelnost. Tato knihovna nebyla vybrána z důvodu neznalosti asynchronního programování. PySocket, je modul třetí strany, který funguje na bázi Socket modulu, jedná se pouze o zjednodušení užití Socket modulu. PySocket nebyl vybrán z toho důvodu, že není implementován v MicroPythonu a není to standardní knihovna v Pythonu.

1.10.6 Network

Network modul je jeden z klíčových modulů v jazyce MicroPython je určen pro možnost připojit se, odesílat zprávy a přijímat data přes síť. Poskytuje celou řadu síťových možností, jako vytvoření socketů. V protokolu je využit na připojení k síti. Alternativou k tomuto modulu je modul socket, ten však neposkytuje intuitivní řešení k možnosti připojit se do sítě, jako modul network.

1.10.7 Json

Knihovna JSON je vestavěná knihovna v Jazyce Python a MicroPython. Poskytuje funkce pro práci s daty ve formátu JSON. Díky JSON knihovně je možné převádět data JSON na objekty jazyka Python a naopak. Díky svým funkcím umožňuje jednoduchou serializaci dat a odeslání přes sockety

Alternativou ke knihovně JSON je modul ujson, která se liší tím, že je napsána v Pythonu a obecně poskytuje rychlejší služby za využití méně paměti, což nebylo nutné na přenos, tak malých dat, pro které je protokol určen

1.10.8 Machine a ADXL345

Modul machine je vestavěná knihovna v MicroPythonu, která je určena pro práci s hardwarovými obvody, jako jsou časovače, I/O²¹ piny a I2C rozhraní, které je podstatné pro práci s GY-291 s ADXL345. Tohoto modulu dále využívá modul třetí strany ADXL345, který je užitečný pro snadnou práci s ADXL345, kde získá z paměti informace o stavu zařízení a data naformátuje do stavu použitelného v aplikacích. K modulu machine existuje alternativa modul pyb, který ale musí být doinstalován do MicroPythonu. ADXL345 modulu v momentu implementace nebyla alternativa.

1.10.9 random

Random je vestavěná Python knihovna, která umožňuje generovat pseudo náhodná čísla a provádět náhodné výběry. Nejvíce uplatnění tento modul najde při tvorbě her, či dalších programů, kde je potřeba generovat pseudo náhodné výsledky.

Alternativy k modulu random jsou moduly Secrets a random2. Secretes je modul, který je

²¹input/output

určený hlavně na generování kryptograficky bezpečných čísel a řetězců, což nebylo nutné. Random2 je modul třetí strany, tvrdí, že je rychlejší a spolehlivější než vestavěný modul random, ale kvůli nutnosti stáhnutí nebyl implementován.

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. [Online]. 2022-12.
6. [Online]. 2022-12.
7. [Online]. 2022-12.
8. AMANSINGLA. *Application Layer in OSI Model* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/application-layer-in-osi-model/>.
9. AMANSINGLA. *Presentation Layer in OSI model* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/presentation-layer-in-osi-model/>.
10. AMANSINGLA. *Session Layer in OSI model* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/session-layer-in-osi-model/>.
11. 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/>.
12. 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/>.
13. 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/>.

14. 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>.
15. DEVOPEDIA. *End-to-End Principle* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://devopedia.org/end-to-end-principle>.
16. ENGINEER, Drunk. *OSI and TCP IP Models - Best Explanation* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: https://www.youtube.com/watch?v=3b_TAYtzuho.
17. FERGUSON, Kevin. *subnet (subnetwork)* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/subnet>.
18. GEWARREN. *Jak serializovat a deserializovat (zařazovat a zrušitmarshal) JSON v .NET* [Online]. Microsoft Corporation, 2022-12. Dostupné také z: <https://learn.microsoft.com/cs-cz/dotnet/standard/serialization/system-text-json/how-to?pivots=dotnet-7-0>.
19. HASSMAN, Martin. *JSON : jednotný formát pro výměnu dat* [Online]. REG-INTERNET-CZ, 2022-12. Dostupné také z: <https://zdrojak.cz/clanky/json-jednotny-format-pro-vymenu-dat/>.
20. KANIKAJOSHI. *Data Link Layer* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/data-link-layer/>.
21. KIRVAN, Paul. *application layer* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/Application-layer>.
22. 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>.
23. 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/>.
24. LIBOR DOSTÁLEK, Alena Kabelová. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 5. aktualizované vydání. Computer Press, 2008. ISBN 80-7226-675-6.

25. NEZNÁMÝ. *Address Resolution Protocol* [Online]. CSC CORPORATE DOMAINS, INC., 2022-12. Dostupné také z: <https://www.ibm.com/docs/en/zos-basic-skills/?topic=layer-address-resolution-protocol-arp>.
26. NEZNÁMÝ. *Address Resolution Protocol (ARP) Meaning* [Online]. MarkMonitor, Inc., 2022-12. Dostupné také z: <https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/what-is-arp>.
27. NEZNÁMÝ. *client-server model - client-server architecture* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/client-server>.
28. NEZNÁMÝ. *Dynamic Host Configuration Protocol* [Online]. GANDI SAS, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.efficientip.com/what-is-dhcp-and-why-is-it-important/>.
29. NEZNÁMÝ. *Ethernet* [Online]. REG-WEBGLOBE, 2022-12. Dostupné také z: <https://ipripojeni.cz/slovník-pojmu/ethernet/>.
30. 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>.
31. 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>.
32. NEZNÁMÝ. *How Address Resolution Protocol (ARP) works* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/how-address-resolution-protocol-arp-works/>.
33. NEZNÁMÝ. *JSON - Introduction* [Online]. Amazon Registrar, Inc., 2022-12. Dostupné také z: https://www.w3schools.com/js/js_json_intro.asp.
34. NEZNÁMÝ. *Lekce 2 - Sítě - Ethernet a rozbočovače* [Online]. REG-GRANSY, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.itnetwork.cz/site/zaklady/ethernet-a-rozbocovace>.
35. 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>.

36. NEZNÁMÝ. *TCP/IP Model* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/tcp-ip-model/>.
37. 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>.
38. NEZNÁMÝ. *Transport Layer* [Online]. GoDaddy.com, LLC, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techopedia.com/definition/9760/transport-layer>.
39. NEZNÁMÝ. *Transport Layer responsibilities* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/transport-layer-responsibilities/>.
40. 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>.
41. NEZNÁMÝ. *What is IP* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.javatpoint.com/ip>.
42. 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/>.
43. NEZNÁMÝ. *What is TCP/IP* [Online]. Safenames Ltd, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.bigcommerce.com/ecommerce-answers/what-is-tcp-ip/>.
44. 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/>.
45. NEZNÁMÝ. *Working with JSON* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/JavaScript/Objects/JSON>.
46. PETERKA, Jiří. *Adresování v TCP/IP sítích - II.* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a235c110.php3>.
47. PETERKA, Jiří. *Aplikační vrstva* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a227c110.php3>.

48. PETERKA, Jiří. *IP - Internet Protocol* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/anovinky/ai1843.php3>.
49. PETERKA, Jiří. *Linková vrstva - I.* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a218c110.php3>.
50. PETERKA, Jiří. *Prezentační vrstvu* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a226c110.php3>.
51. PETERKA, Jiří. *Protokol TCP - I.* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a93/a305c110.php3>.
52. PETERKA, Jiří. *Protokoly TCP/IP II* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a98/a818k180.php3>.
53. PETERKA, Jiří. *Relační vrstva* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a225c110.php3>.
54. PETERKA, Jiří. *Síťová vrstva - I.* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a221c110.php3>.
55. PETERKA, Jiří. *Transportní vrstva* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/a92/a224c110.php3>.
56. PETERKA, Jiří. *Část XXIV: Wi-Fi* [Online]. 2022-12. Dostupné také z: <https://www.earchiv.cz/b07/b0400001.php3>.
57. PINTUSAINI. *History of TCP/IP* [Online]. GeeksForGeeks, 2022-06. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/history-of-tcp-ip/>.
58. PRERNAAJITGUPTA. *I2C Communication Protocol* [Online]. PDR, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.geeksforgeeks.org/i2c-communication-protocol/>.
59. 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>.
60. 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>.

61. SHACKLETT, Mary E. *TCP/IP* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/TCP-IP>.
62. TALKBINARY. *Presentation Layer* [Online]. NAMECHEAP INC, 2022-12. Dostupné také z: <https://osi-model.com/presentation-layer/>.
63. 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/>.
64. WEINBERG, Neal. *DHCP defined and how it works* [Online]. MarkMonitor, Inc., 2022-12. Dostupné také z: <https://www.networkworld.com/article/3299438/dhcp-defined-and-how-it-works.html>.
65. WRIGHT, Gavin. *ARPANET* [Online]. DNC Holdings, Inc, 2022-12. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/ARPANET#:~:text=TheU.S.AdvancedResearchProjects,foracademicandresearchpurposes..>

Seznam obrázků

1.1	sekvenční diagram protokolu	13
-----	---------------------------------------	----

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