Slovenská technická univerzita v Bratislave

Fakulta informatiky a informačných technológií

Počítačové a komunikačné siete

Zadanie 2: Komunikácia s využitím UDP protokolu

Richard Šléher

2023/24

Obsah

Voľba jazyka a knižníc

Program implementujem v programovacom jazyku Python. Dôvod je jednoduchosť a väčšie množstvo knižníc v porovnaní s inými jazykmi. Program je písaný v prostredí Visual Studio Code, ktoré je ľahko upravovateľné. Posielanie dát bude zachytávané programom Wireshark. Všetky knižnice, ktoré používam v programe sú built-in okrem *numpy*, ktorú je treba nainštalovať. Použité knižnice: *socket* na komunikovanie medzi uzlami*, os* na prácu s cestami k súborom*, threading* na vytvorenie vlákna na udržiavania spojenia*, binascii* pre výpočet CRC*, time* na uspanie programu pri posielaní keep-alive paketov*, math* na zaokrúhlenie*, struct* na tvorbu vlastnej hlavičky.

Návrh riešenia

Hlavná časť programu je funkcia `main()`, ktorá slúži ako centrálna časť a umožňuje užívateľovi vybrať si medzi rôznymi režimami programu ako je klient, server alebo ukončenie programu.

Klientova časť obsahuje funkcie `client_setup()` a `client()`. Funkcia `client_setup()` je určená na nastavenie klienta, získanie adresy a portu servera a následne sa pokúsi pripojiť na server. Funkcia `client()` obsahuje hlavnú logiku klienta, ktorá umožňuje užívateľovi vybrať si medzi rôznymi úlohami ako je odoslanie správy alebo súboru, prepnutie do režimu serveru alebo ukončenie spojenia. Taktiež má možnosť naslúchať príkazom zo serveru.

Serverová časť programu obsahuje funkcie `server_setup()` a server(). Funkcia `server_setup()` slúži na nastavenie servera, získanie portu, na ktorom bude server počúvať a následne spustí server a čaká na pripojenie klienta. Funkcia `server()` obsahuje hlavnú logiku pre server, ktorá po pripojení klienta prijíma a spracováva dáta od klienta a obsahuje konzolu pre rôzne funkcie servera ako je odoslanie správy klientovi, prepínanie režimov alebo ukončenie spojenia.

Okrem týchto hlavných funkcií existujú ďalšie pomocné funkcie pre tvorbu a spracovanie hlavičiek správ, ako aj funkcie na vypočítanie CRC hodnoty. Ďalej sú v programe použité funkcie, ktoré bežia na vláknach ako napríklad funkcie `keeping_alive()` a `server_console()`.

Štruktúra hlavičky

Tabuľka 1 znázorňuje políčka a ich veľkosti v implementácii. Políčko FLAG má záznam o type správy. Všetky typy správ sú v *Tabuľka 2*. PACKET NUM obsahuje číslo poslaného datagramu. CRC je políčko na kontrolu či sa správa poslala bez chyby. Veľkosť políčka DATA sa mení používateľovým vstupom. Maximálna dĺžka je 1467B, lebo treba odčítať hlavičky nižších protokolov a mojej implementovanej hlavičky.

1B	2B	2B	0 – 1467B
FLAG	PACKET NUM	CRC	DATA

Tabuľka 1 – Hlavička protokolu

FLAG	FUNKCIA
1	Inicializácia
2	Keep-alive
3	Dáta
4	ACK
5	NACK
6	Posledný paket (ukončenie posielania)
7	Prepnutie (Switch)
8	Ukončenie spojenia

Tabuľka 2 – Flagy a ich funkcie

Diagram fungovania programu

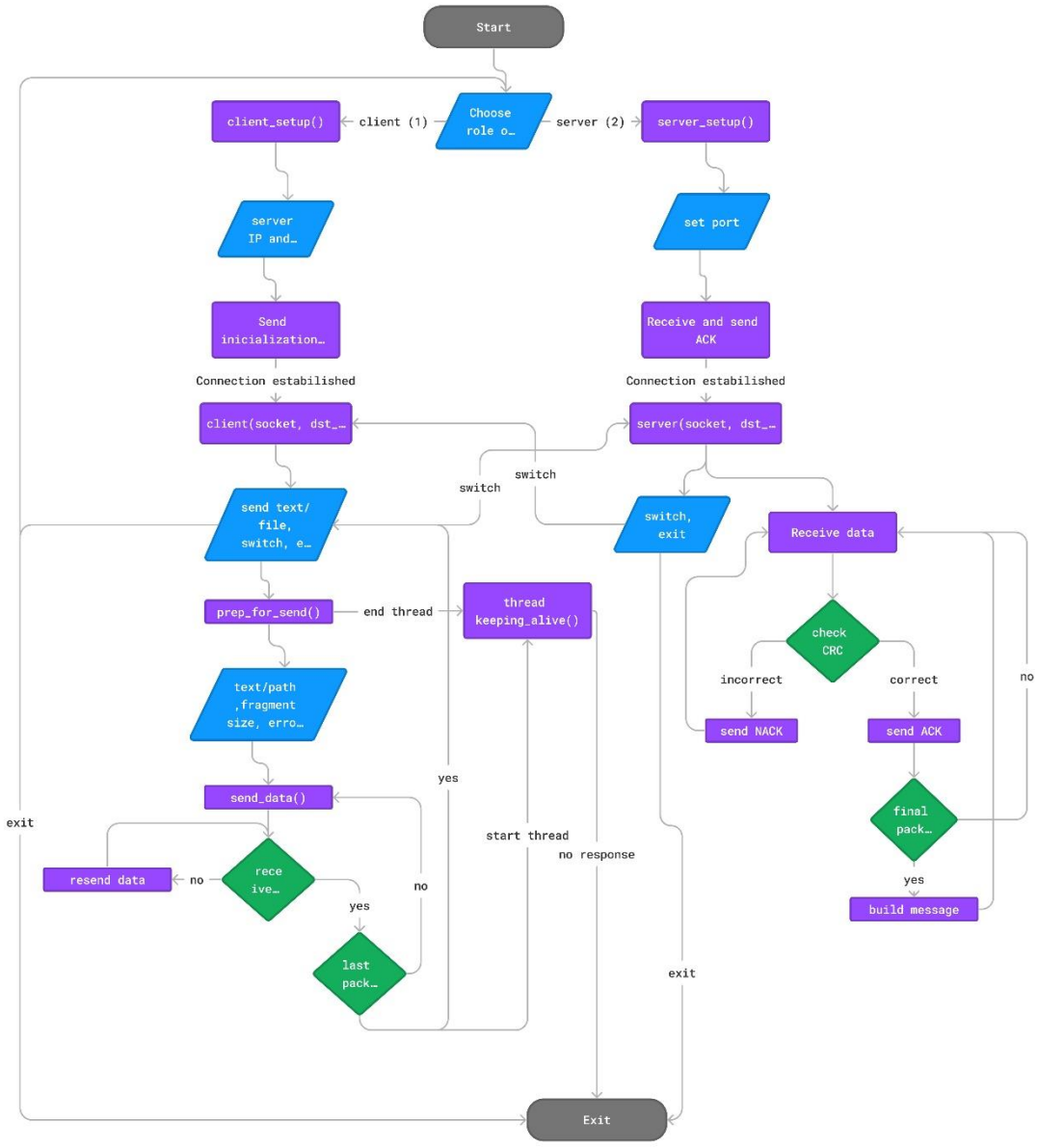


Diagram 1 – Fungovanie programu

Priebeh funkcie switch

Táto funkcia má za úlohu prepnúť funkcionality klienta a servera. Táto možnosť funguje z oboch strán komunikácie ako z klienta tak zo servera.

Priebeh prepnutia z klienta je jednoduchší, keďže server stále počúva a klient mu môže hocikedy poslať správu o žiadosť o prepnutie. Funkcionalita funguje tak, že klient pošle správu s FLAG-om nastaveným na 7. Server túto správu prijme a pošle naspäť potvrdenia s rovnakým FLAG-om, následne zavrie svoj socket a zavolá funkciu `client()` s argumentami socket a cieľová adresa. Klient spraví to isté s tým rozdielom, že zavolá funkciu `server()`.

Zo strany servera je nutné nastaviť na klientovi mód *listen,* ktorý nastaví na klientovi počúvanie na 15 sekúnd. V tomto časovom okne môže server poslať správu s žiadosťou o prepnutie. Ďalej sa vykoná všetko tak isto ako pri výmene zo strany klienta.

Zvolená metóda CRC

Slúži na kontrolu, či sa dané dáta poslali korektne v správe. Aby sa mohla poslať správa o znovu poslaní alebo nie. Na výpočet CRC hodnoty používam funkciu *crc_hqx* z knižnice *binascii*, ktorá je built-in v Pythone. Zvolil som ju, lebo zisťuje hodnotu CCITT, ktorý používa polynóm $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. Pre toto zadanie stačí 16-bit-ové CRC, lebo má dostatočnú presnosť pri veľkostiach, s ktorými budeme pracovať.

Postup pri výpočte CRC-16 CCITT sa používa polynóm 0x1021, čo zodpovedá polynómu $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ v binárnom tvare. Následne sa každý bit vstupných dát postupne XORuje s najvyššími 16 bitmi hodnoty CRC. Ak je výsledok XOR operácie 1, do hodnoty CRC sa pridá hodnota generujúceho polynómu 0x1021. Proces sa opakuje pre každý bit vstupných dát, až kým nie sú spracované všetky bity. Výsledná hodnota CRC je potom pripojená k pôvodným dátam a odoslaná spolu s nimi. Na strane prijímateľa sa vykoná rovnaký výpočet a porovná sa s poslaným ak sa zhodujú tak boli dáta korektne poslané inak sa pošle správa o opätovnom poslaní.

Funkcia keep-alive

Funkcia `keeping_alive()` posiela periodicky správy s FLAG-om *keep-alive* na server a monitoruje jeho odpovede, aby sa uistila, že spojenie nebolo prerušené. Po neúspešnom pokuse o udržanie spojenia sa navyšuje hodnota s neúspešnými pokusmi a takisto sa navyšuje doba čakania na odpoveď. Táto hodnota sa každým neúspešným pokusom navyšuje o 5 sekúnd. Taktiež sa navyšuje čas za ktorý sa znova pošle správa *keep-alive* na server. Ak sa na server nepodarí pripojiť 3-krát po sebe (5s, 10s, 15s) tak sa spojenie a program skončia.

Stop & wait ARQ

Táto metóda funguje na princípe, kde sa pošle rámec s dátami a klient čaká na odpoveď vo forme ACK alebo NACK. Ak príde správa s ACK tak sa pokračuje ďalej a pošlú sa ďalšie dáta. V prípade, že príde NACK sa pošlú rovnaké dáta znova a ak od serveru nepríde žiadna správa pošlú sa dáta znova a čaká sa 15 sekúnd na odpoveď. V prípade, že server neodpovie ani druhý raz predpokladá sa, že sa pripojenie prerušilo a program sa ukončuje.

Výhoda tejto metódy je spoľahlivosť a jednoduchosť implementácie a nevýhoda je vyššia latencia z dôvodu posielania odpovedi na každý prijatý rámec.

Sekvenčné diagramy hlavných funkcionalít

Na sekvenčných diagramoch sú zobrazené priebehy rôznych funkcionalít programu ako napríklad udržiavanie spojenia, posielanie dát a podobne.

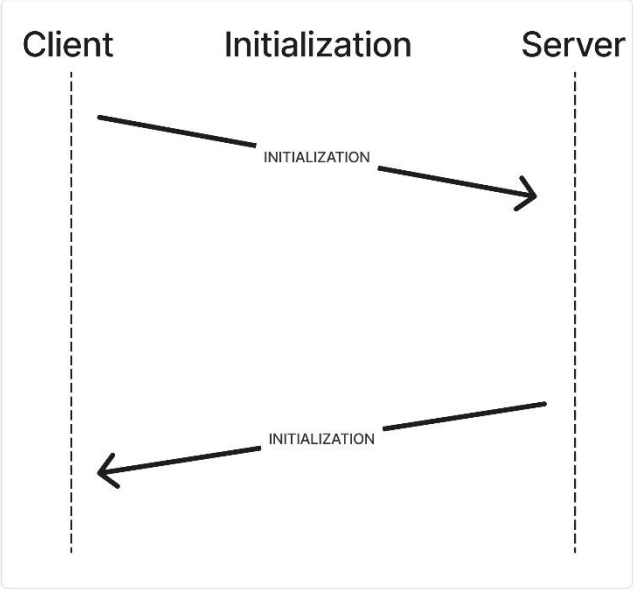


Diagram 2 – Prvotná inicializácia spojenia

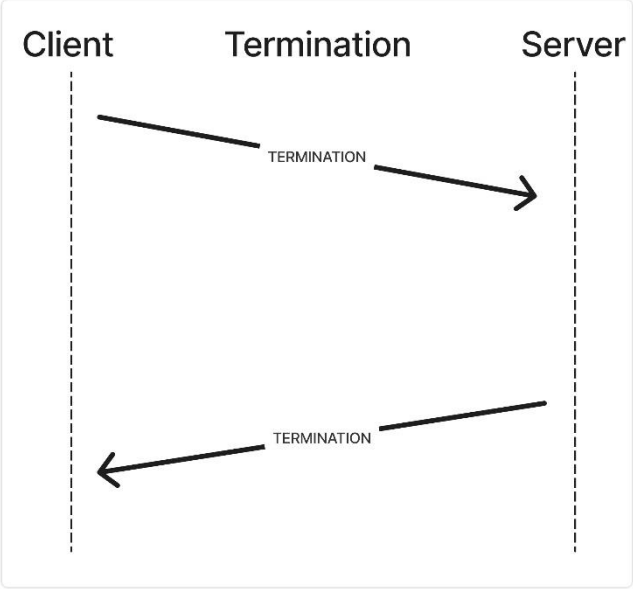


Diagram 3 – Ukončenie programu

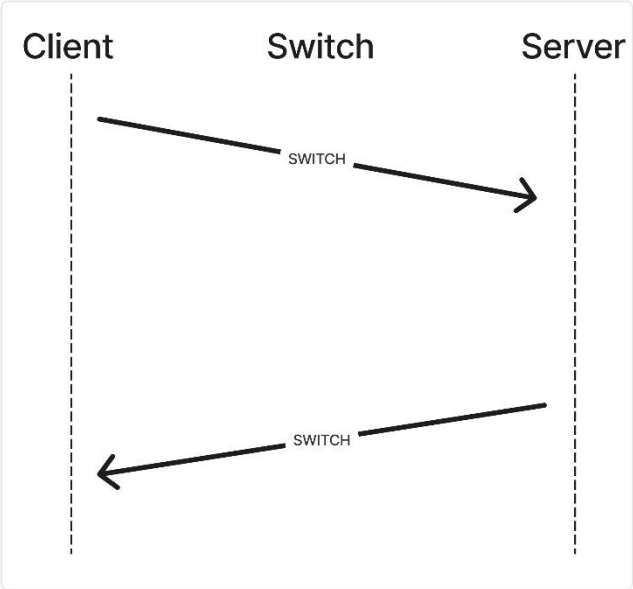


Diagram 4 – Zámena fukncionalít

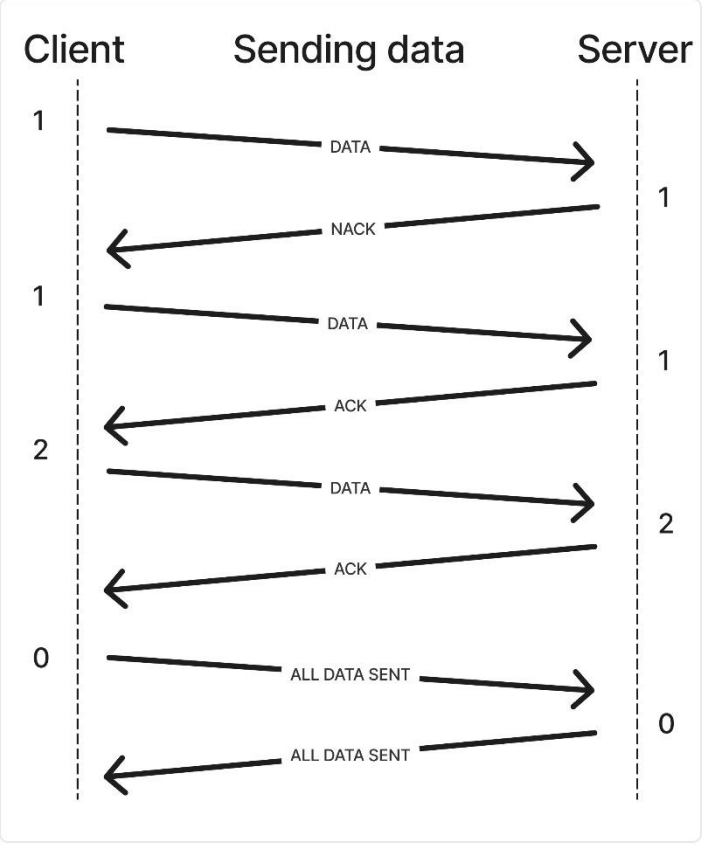


Diagram 5 – Priebeh posielania dát aj s chybou

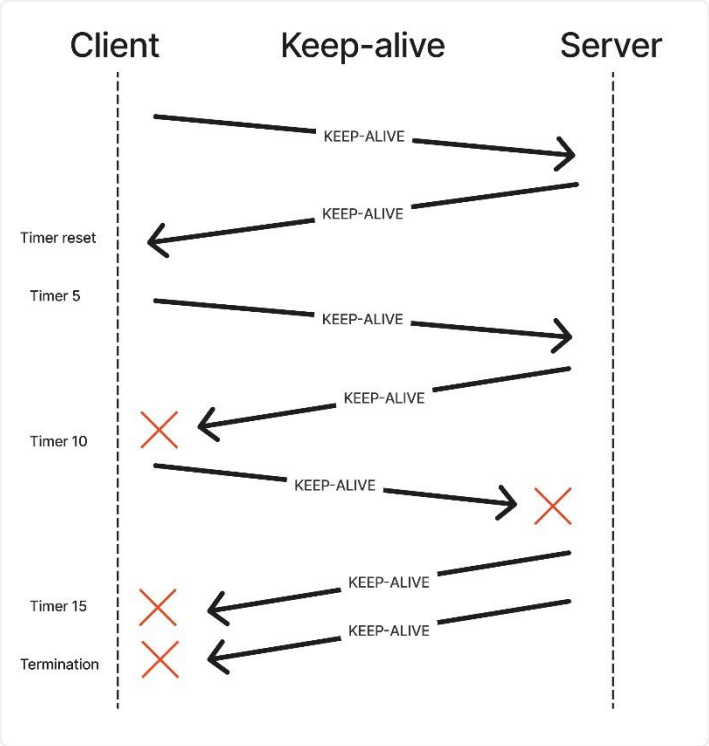
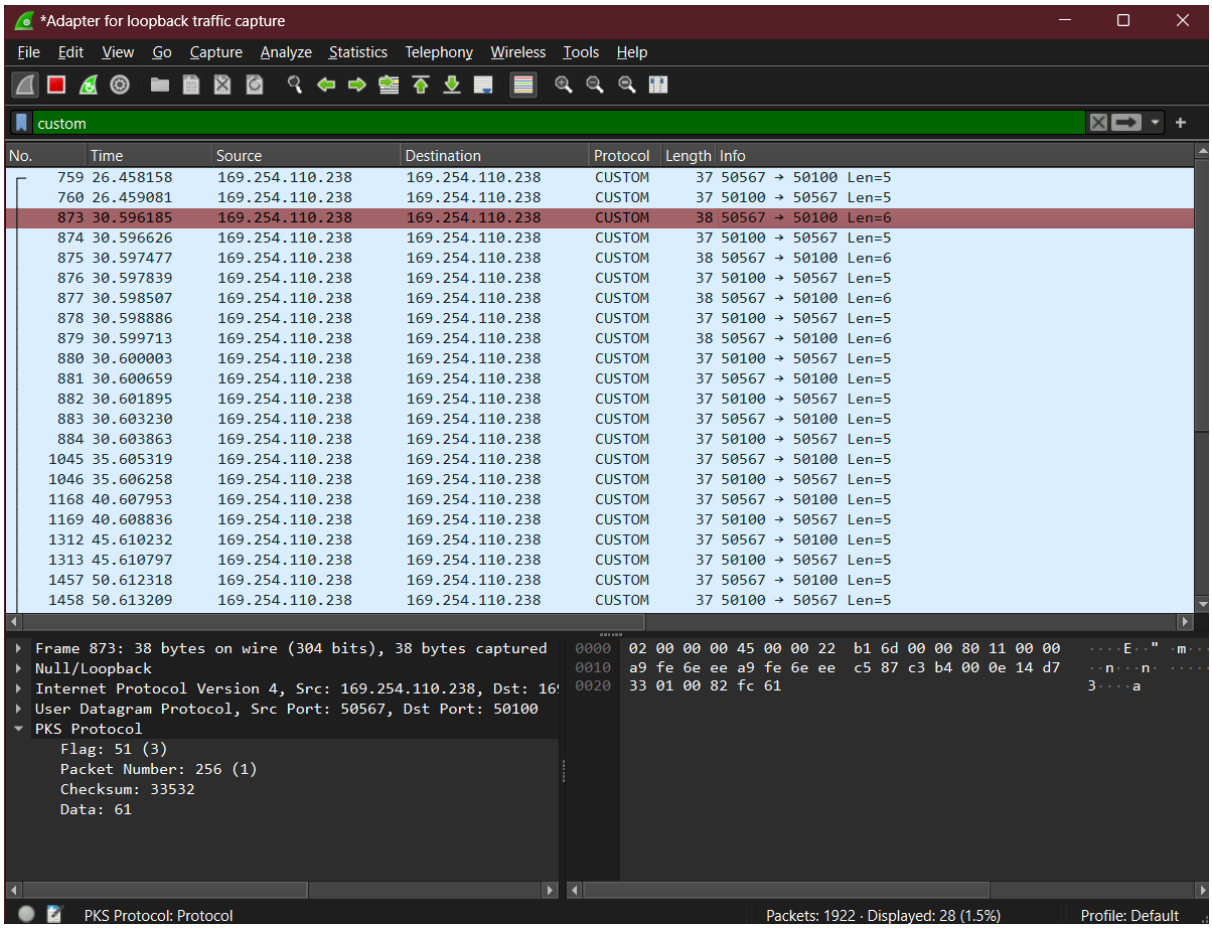


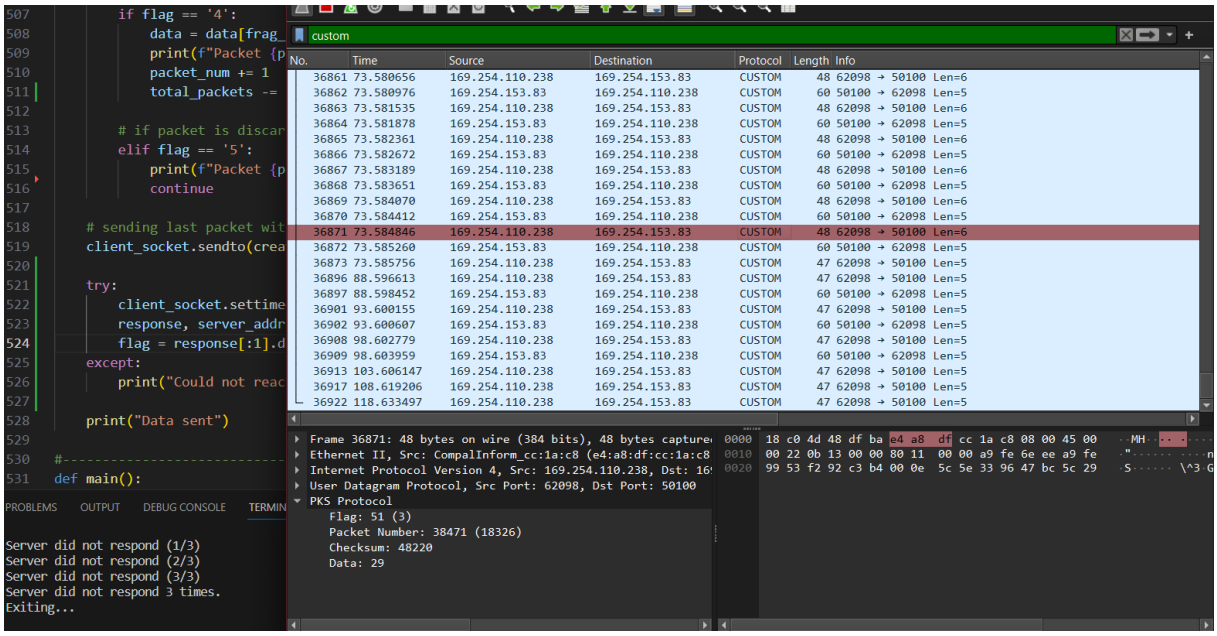
Diagram 6 – Funkcionalita na udržanie spojenia

Zachytenie komunikácie vo Wiresharku

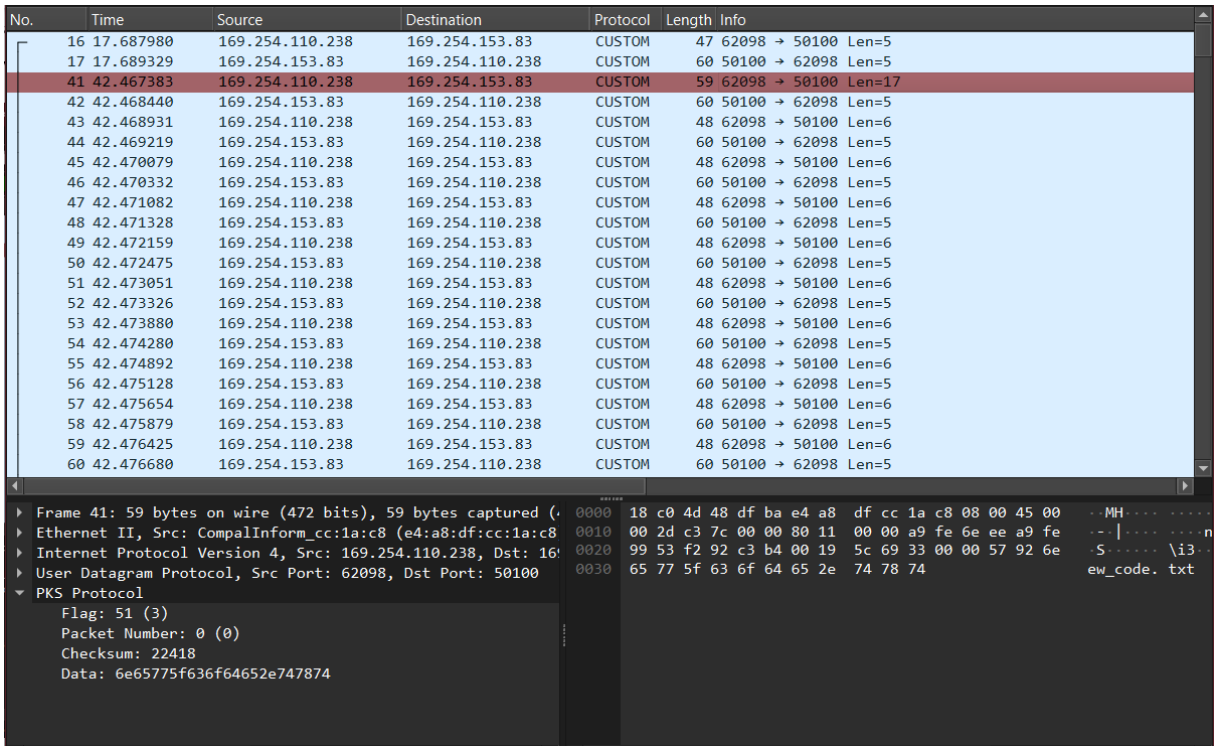
Vytvoril som si vlastný LUA skript na jednoduchšie sledovanie mojich paketov, ktoré som posielal a na jednoduchšiu analýzu jednotlivých políčok. Na *Obrázok 1* je možné pozorovať vľavo dole jednotlivé políčka vlastného protokolu a v strede poslané pakety. Toto je príklad, kde som posielal slovo „Ahoj“ po jednom byte. Zvyšné pakety zobrazujú funkcionalitu udržiavania spojenia so serverom. Obrázok 2 zobrazuje ukončenie komunikácie, kde server neodpovedal na správu keep-alive 3x po sebe (posledné 3 pakety). Obrázok 3 zobrazuje poslanie prvého paketu, kde políčko Data prenáša názov súboru, preto je rozdielnej veľkosti ako ostatné. Prvé dva pakety na obrázku sú na inicializáciu komunikácie.



Obrázok 1 – Scenár s poslaním dát



Obrázok 2 – Zobrazenie ukončenia, keď server neodpovedá



Obrázok 3 – Zobrazenie prenosu mena súboru

Záver a zmeny

Na záver by som chcel porovnať, čo sa zmenilo vo finálnom programe oproti návrhu a odôvodiť moje rozhodnutia implementácie jednotlivých bodov zadania.

V hlavičke som odstránil jedno pole s názvom TYPE. Toto uchovávalo o aký typ správy sa jedná (text alebo súbor). Bolo zbytočné lebo názov súboru posielam v prvom poslanom pakete a z toho vie program zistiť, že sa jedná o súbor.

Ďalej som trocha upravil keep-alive metódu. Tu som pridal podmienku na ukončenie spojenia vtedy, keď keep-alive správa nepríde 3x po sebe od servera. Pričom sa okno na prijatie správy zväčšuje o 5 sekúnd (5, 10, 15). Pred tým to bola jedna správa po 10 sekundách.

CRC metódu som takisto zmenil z 32 bitovej na 16 bitovú, lebo mi zaberala viac miesta v hlavičke a nebol tam žiadny rozdiel pri používaní 16 bitovej.

ARQ metóda sa takisto zmenila. Na začiatku som mal v pláne použiť selective repeate, ale zostal som pri stop & wait z dôvodu jednoduchšej štruktúry a zrejeme aj jednoduchšej doimplementácie nových prvkov do kódu.