TIN - Dokumentacja końcowa

Skład zespołu: Julita Ołtusek, Filip Rak, Michał Derdak, Maciej Wiraszka
Prowadzący projekt: dr inż. Grzegorz Blinowski
Data przekazania: 06.06.2017

Treść zadania:

Program obsługujący prosty protokół Peer-to-Peer (P2P) (wariant 2.)

1. Interpretacja treści zadania

Program jest uruchamiany z terminala. Jego poszczególne funkcje są dostępne poprzez interfejs tekstowy i uruchamiane asynchronicznymi komendami użytkownika. Możliwe jest działanie kilku funkcji programu równolegle (używając wielu wątków). Zasoby lokalne przechowywane są w formie plików na lokalnym dysku hosta.

Program przechowuje w pamięci dwie listy zasobów: listę wszystkich oryginałów dostępnych w sieci oraz listę zasobów które w danej chwili posiada host z informacjami o ich właścicielach, rozmiarze, czasie wprowadzenia i o tym czy dany zasób jest aktualnie zablokowany / unieważniony / dostępny.

Po uruchomieniu program wysyła komunikat z prośbą o przesłanie aktualnej listy oryginałów w sieci i porównując ją ze stanem swojej listy dokonuje jej synchronizacji (timeout wynosi 10 sekund).

Przed każdą operacją na zasobach (pobranie, dodanie, usunięcie) host synchronizuje najpierw listę swoich zasobów.

Po wprowadzeniu zasobu program automatycznie wysyła rozgłaszany komunikat o dostępności tego zasobu. Analogicznie stanie się podczas usuwania, blokowania czy też unieważniania zasobu - informacja o tym zdarzeniu zostanie rozpropagowana odpowiednim pakietem do wszystkich hostów w sieci. Po każdej zmianie stanu zasobu na dowolnym hoscie, rozgłosi on ten fakt i reszta hostów zsynchronizuje swoje listy zasobów.

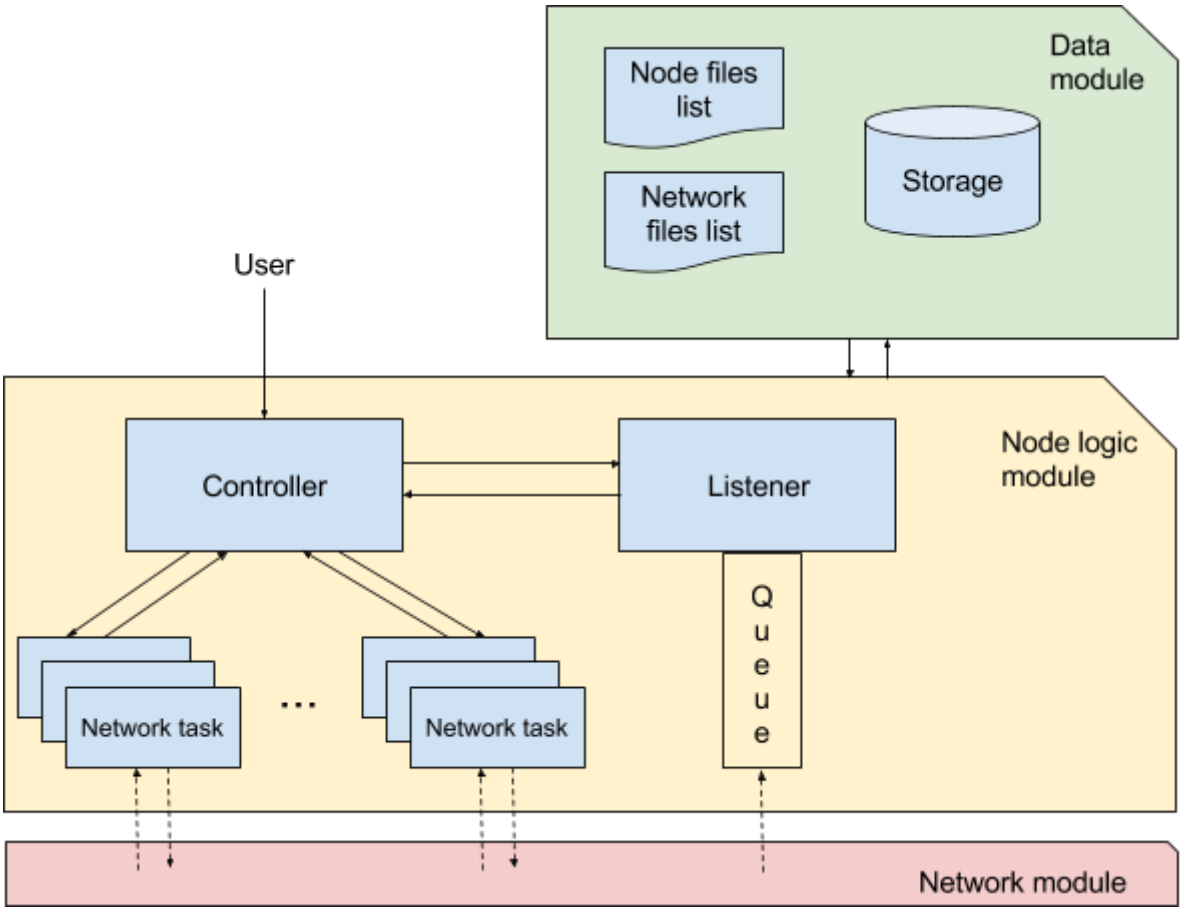
Importowanie (pobieranie) zasobu będzie odbywało się zawsze od jak największej liczby hostów (które posiadają dany zasób) jednocześnie (na kilku *socketach*, każdy dla innego nadawcy), od każdego z hostów inną część zasobu, aby maksymalnie przyspieszyć pobieranie zasobu. Po pobraniu wszystkich części fragmenty zostają połączone w jeden plik.

Do przesyłania wszelkiego rodzaju komunikatów skorzystamy z protokołu UDP oraz formatu JSON, sama transmisja zawartości zasobów odbywać się będzie natomiast w trybie binarnym, z wykorzystaniem protokołu TCP. Program będzie implementował nasz własny protokół bazując na wyżej wymienionych, oraz na zdefiniowanych w dalszej części sprawozdania zasadach i algorytmach interakcji hostów.

2. Podział na moduły

Główne moduły programu (zobrazowane schematem poniżej):

- moduł danych “*Data*” (przechowywanie i obsługa lokalnych zasobów: głównie odczyt z dysku, zapis na dysk, zarządzanie listami zasobów)
- moduł sieciowy “*Network*” (obsługa gniazd BSD, połączeń itp. cała warstwa sieciowa)
- moduł kontrolera “*Node logic*” (sterowanie programem, obsługa komend użytkownika, tworzenie wątków, obsługa odebranych przez *Network* pakietów, wysyłanie własnych pakietów)



3. Pełen opis funkcjonalny

Planowane funkcje programu:

- **Wprowadzenie nowego zasobu** - Program umożliwia załadowanie dowolnego zasobu do lokalnego węzła poprzez odpowiednie polecenie oraz wskazanie lokalnej ścieżki do pliku (jeśli na liście istniejących w sieci plików taki plik nie istnieje). Listy plików zostają zaktualizowane, komunikat o wprowadzeniu nowego zasobu jest rozpropagowywany w sieci.

- **Usunięcie zasobu** - polecenie usuwa plik z lokalnej listy plików oraz wysyła komunikat o usunięciu do wszystkich węzłów. Następuje także usunięcie z głównej listy oraz z zasobów innych użytkowników.
- **Unieważnienie zasobu** - właściciel zasobu wysyła do wszystkich węzłów komunikat o unieważnieniu. Rozpoczęte operacje importowania danego zasobu zostaną dokończone, jednak nie można rozpocząć nowych.
- **Blokowanie zasobu** - właściciel zasobu może czasowo go zablokować, transfery takiego zasobu zostają przerwane, żaden z posiadaczy kopii lub oryginału zasobu nie może go udostępnić aż do chwili odblokowania zasobu przez właściciela.
- **Odblokowanie zasobu** - właściciel zasobu odblokowuje uprzednio zablokowany zasób.
- **Wyświetlenie listy zasobów** - użytkownik wywołując odpowiednią komendę pobiera listę nazw zasobów dostępnych w sieci P2P, wraz z ich wielkościami i właścicielami.
- **Wyszukanie zasobu** - możliwe jest po nazwie lub jej części może wyszukać interesujące go zasoby dostępne w sieci.
- **Importowanie zasobu** - użytkownik wpisuje komendę oraz nazwę pliku. System w sposób nieznany użytkownikowi wybiera optymalny sposób pobierania.

4. Opis i analiza stosowanych protokołów

Pakiety stosowane w naszym protokole będą miały formę pakietów TCP (do transferu plików - transferowe) lub UDP (do wszystkiego innego - komunikacyjne). Pakiet komunikacyjny składa się z metadanych w standardzie określonym przez protokół UDP oraz z danych w formacie JSON. Pakiet transferowy natomiast składa się z metadanych w standardzie TCP oraz danych w postaci kolejnych bajtów pliku lub jego fragmentu.

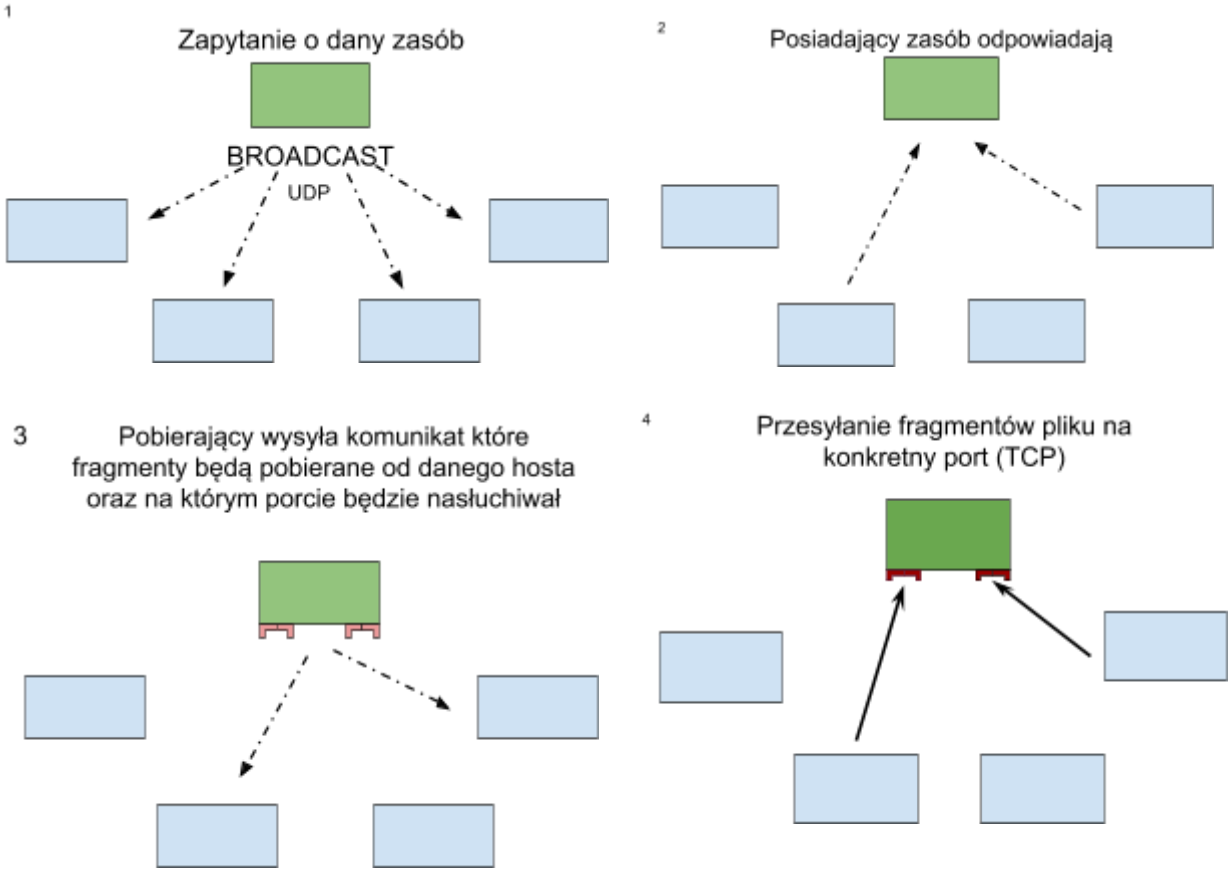
Pakiety komunikacyjne (bazujące na UDP)

Pakiety komunikacyjne zawierać będą przede wszystkim informacje o typie komunikatu (pole “type”) oraz inne parametry zależnie od rodzaju komunikatu. Pakiety te mogą być rozgłaszane lub wysyłane do jednego konkretnego hosta. Rodzaje pakietów komunikacyjnych:

1. **Powitanie** - *zawartość pakietu: [typ: GREETING, nadawca: <nazwa_hosta>]* - komunikat rozsyłany broadcastem podczas wystartowania programu na hoście, hosty, podłączone do sieci odpowiadają takim samym komunikatem (zawierającym swoją nazwę hosta), w przypadku, gdy dana nazwa jest już zajęta (przyjdzie odpowiedź z identyczną nazwą hosta która podaliśmy), program prosi ponownie o wybranie innej nazwy.
2. **Prośba o wysłanie listy zasobów** - *zawartość pakietu: [typ: REQLIST]* - komunikat wysyłany do konkretnego adresata, zobowiązany jest on do odpowiedzi komunikatem broadcastowym typu RESPLIST (poniżej opis). Dzięki temu zainicjuje on synchronizację list oryginałów w całej sieci. Przed każdą operacją: pobrania, dodania, usunięcia zasobu lub od razu po uruchomieniu host inicjujący ją będzie przedtem synchronizował listę oryginałów wysyłając komunikat REQLIST.
3. **Rozgłoszenie swojej listy oryginałów** - *zawartość pakietu: [typ: RESPLIST, lista plików wraz ich właścicielami i z flagami (unieważniony, zablokowany)]* - pakiet

będzie wysyłany broadcastem w odpowiedzi na komunikat REQLIST dowolnego z hostów (opisany powyżej). Broadcastowanie listy pomoże zachować spójność w całej sieci - lista zasobów oryginalnych każdego hosta powinna mieć taką sama zawartość.

4. **Prośba o pobranie zasobu** - *zawartość pakietu: [typ: REQFILE, nazwa zasobu: <nazwa_pliku>]* - komunikat rozsyłany broadcastem, hosty, które posiadają dany plik odpowadają komunikatem RESPFILE. Następnie program na podstawie liczby hostów, które odpowiedziały pozytywnie, odpowiednio dzieli plik na fragmenty i otwiera porty TCP odbiorcy, które będą oczekiwały na fragmenty pliku (pojedynczy port dla pojedynczego dostawcy fragmentu). Wysyłane są jednocześnie prośby o pobranie fragmentu zasobu - komunikaty REQFDATA. Poniżej rysunki obrazujące algorytm komunikatu:



5. **Odpowiedź na prośbę pobrania pliku** - *zawartość pakietu: [typ: RESPFILE, nazwa zasobu: <nazwa_pliku>]* - host wysyła dany komunikat jako odpowiedź na komunikat REQFILE, powiadamia tym samym o gotowości do udostępnienia konkretnego zasobu, którego nazwa jest w komunikacie.
6. **Prośba o pobranie fragmentu zasobu** - *zawartość pakietu: [typ: REQFDATA, nazwa zasobu: <nazwa_pliku>, offset: <int>, size: <int>, nr portu odbioru: <nr_portu>]* - komunikat do konkretnego hosta, który ma dany zasób. Wysyłany jest tylko po upewnieniu się wcześniej komunikatem REQFILE, że adresat posiada pożądany zasób. W komunikacie zawarta jest informacja o tym, które fragmenty i jakiego pliku mają być przesłane oraz na którym porcie TCP odbiorca będzie nasłuchiwał danych.

W przypadku wystąpienia błędu podczas pobierania (timeout - 30s lub niekompletne dane), odbiorca ponawia prośbę. Po 3 nieudanych próbach przesyła prośbę o ten fragment do innego hosta.

7. **Powiadomienie o usunięciu / dodaniu zasobu** - *zawartość pakietu: [typ: DELFILE / ADDFILE, nazwa zasobu: <nazwa_pliku>, właściciel: <nazwa_hosta>, czas operacji: <data-godzina>]* - komunikat broadcast o usunięciu / dodaniu zasobu przez właściciela. Usunięty plik w innych węzłach także jest usuwany z list zasobów i dysku hosta. Nie wysyłamy tego komunikatu, gdy usunięta została kopia pliku. Wszystkie trwające w momencie usunięcia transfery danego zasobu zostają przerwane. W przypadku dodania nowego pliku pozostałe hosty po otrzymaniu tego komunikatu dodają nowy zasób do listy oryginałów w sieci.
8. **Unieważnienie zasobów** - *zawartość pakietu: [typ: REVFILE, nazwa zasobu: <nazwa_pliku>]* - komunikat broadcastowy o unieważnieniu zasobu, wszystkie trwające w tym momencie transfery danego zasobu są kontynuowane. na listach zasobów hosty odznaczają dany zasób jako unieważniony.
9. **Zablokowanie / odblokowanie zasobu** - *zawartość pakietu: [typ: LOCFILE / UNLOFILE, nazwa zasobu: <nazwa_pliku>]* - gdy właściciel blokuje/odblokowuje dany zasób oznaczając go odpowiednią flagą stanu blokowania - informacja o stanie blokowania zostaje rozesłana w formie komunikatu broadcastowego odpowiednio typu *LOCFILE / UNLOFILE*. Pozostałe hosty po otrzymaniu takiego pakietu ustawiają flagę “zablokowany” dla danego zasobu na swoich listach zasobów.

Pakiety transferowe (bazujące na TCP)

Przesłanie fragmentu pliku pakietem transferowym (po uprzednim uzgodnieniu możliwości pobrania danego zasobu komunikatami REQFILE i REQFDATA):

a. odbiorca pliku nasłuchuje na porcie TCP którego numer wysłał do nadawcy
b. na podany port przesyłane są kolejno fragmenty pliku w blokach 1024 bajtowych (tzn. po każdych 1024 przesłanych bajtach następuje zapisanie ich do tymczasowego pliku reprezentującego pobrany fragment o który host wysyłał prośbę)
c. jeśli wystąpił błąd transmisji lub upłynął czas 30s (timeout) - wysyłamy ponownie (pakietem UDP z pkt. 4) prośbę o wysłanie danego fragmentu do tego samego hosta i pobieramy od nowa. Jeśli pobranie od konkretnego hosta nie powiedzie się 3 razy to kierujemy prośbę do innego hosta posiadającego plik.
d. po otrzymaniu wszystkich bajtów fragmentu jest on pobrany i gotowy do konkatenacji z pozostałymi fragmentami pliku
e. zamykamy port TCP

Techniczna realizacja protokołu

Do nadawania i odbierania komunikatów użyjemy gniazd BSD z odpowiednio podanym adresem docelowym - dla rozgłoszeń: opcja SO_BROADCAST oraz adresy składające się z 1 w części hosta. Gniazda będą tworzone dynamicznie w zależności od potrzeb. Zawsze jednak otwarte będzie jedno nasłuchujące gniazdo UDP w celu przyjmowania z sieci komunikatów UDP od innych hostów. Moduł Network udostępniał będzie funkcje: sendUDP(), sendTCP(), listenTCP(), broadcastUDP(), które tworzyć będą gniazda odpowiedniego typu oraz wysyłać podane w argumentach dane.

Na każdy odebrany komunikat program reagował będzie w odpowiedni sposób asynchronicznie, tak aby nie blokować głównego wątku.

Opis najważniejszych funkcji

src/network/network.cpp:

int **getIfaceInfo**(const char* iface, char* addr, bool braddr);

- ➔ pobiera informacje na temat interfejsu sieciowego o zadanej nazwie: adres IPv4 oraz maskę podsieci

void Network::**sendUDP**(const char* data, const char* ipv4, int dest_port);

- ➔ tworzy nowe gniazdo BSD i wysyła pojedynczy datagram na wskazany adres IPv4 i port docelowy

void Network::**broadcastUDP**(const char* data, int dest_port);

- ➔ tworzy nowe gniazdo BSD i rozsyła pojedynczy datagram na rozgłoszeniowy adres IPv4 i port docelowy

int Network::**fstreamTCP**(int fd, unsigned long offset, unsigned long size,
const char* ipv4, int dest_port, long send_timeout);

- ➔ tworzy nowe gniazdo klienta TCP oraz wysyła strumieniowo dane z otwartego deskryptora pliku fd na wskazany adres

src/network/tcplistener.cpp:

void TCPlistener::**init**(long accpt_timeout);

- ➔ tworzy nowe gniazdo serwera TCP nasuchującego danych

int TCPlistener::**run**(long recv_timeout, unsigned long nr_bytes, std::string client_ipv4);

- ➔ rozpoczyna nasłuchiwanie połączeń a następnie odbiera wskazaną liczbę bajtów od klienta TCP

src/network/udplistener.cpp:

void UDPlistener::**init**(unsigned timeout, int forceport);

- ➔ tworzy nowe gniazdo BSD do nasłuchiwania pakietów UDP

int UDPlistener::**run**(int exp_dgrams);

- ➔ rozpoczyna nasłuchiwanie pakietów UDP

src/network/message.cpp:

Message* **parseJSONtoMessage**(Datagram* dgram);

➔ parsuje datagram w formacie JSON do obiektu klasy dziedziczącej po klasie Message (MessageGREETING, MessageREQFILE, …)

src/logic/controller.cpp:

void Controller::**runCommand**(std::string command);

➔ uruchamia odpowiedni wątek obsługi komendy użytkownika

src/logic/listener.cpp:

void Listener::**parse**();

➔ pobiera obiekt klasy Datagram z kolejki odebranych datagramów a następnie za pomocą funkcji **parseJSONtoMessage** tworzy z niego obiekt typu Message i dołącza do kolejki gotowych do obsłużenia komunikatów

src/logic/responder.cpp:

void Responder::**run**()

➔ uruchamia funkcje obsługi odebranych wiadomości. Dla każdego typu otrzymanej wiadomości reaguje odpowiednio uruchamiając nowy wątek z obsługą tej wiadomości.

Format logów programu

Przykład loga:

[21:08:36.755][thread 2181][info]: Sent UDP datagram to 192.168.56.103:4950:
{"file":"p.tar","offset":82810880,"resp-port":33078,"sender":"jacek","size":82810880,"type":5}

Ogólnie logi mają postać:

[czas logowania][id wątku][poziom]: (wiadomość)

Nazwy plików z logami mają format:

fShare.<nick>.log

Analiza poprawności protokołu (potencjalne błędy)

Zakładamy że nazwa jest unikalnym identyfikatorem zasobu, nie mogą istnieć w sieci dwa zasoby o identycznych nazwach. Nazwa będzie ciągiem max. 255 znaków char.

Możliwa jest sytuacja, gdy dwa zasoby i identycznych nazwach zostaną dodane w tej samej chwili przez dwa różne hosty, w takim wypadku sprawdzony zostanie na każdym hoscie indywidualnie czas dodania takiego zasobu (czas dodania jest dołączony w komunikacie rozgłaszanym po dodaniu zasobu) i dodany do list oryginałów będzie jedynie zasób, którego data dodania będzie wcześniejsza, zasób z późniejszą datą zostanie usunięty z listy w przypadku gdy został już na nią wcześniej dodany z przyczyny wcześniejszego otrzymania komunikatu przez dany host. Host, który później doda zasób będzie natychmiast go usuwał.

Inne sytuacje błędne mogą wynikać z utraconych pakietów UDP np. wskutek nagłego rozłączenia / awarii sieci. W takim wypadku host, który zostanie przywrócony do sieci będzie

synchronizował natychmiast swoją listę oryginałów. Gdy mimo wszystko listy oryginałów na jakichś hostach będą się różniły, istnieje ryzyko próby pobrania unieważnionego zasobu, zasobu nieistniejącego na hoście lub zablokowanego zasobu, zostanie ona wówczas zignorowana.

Gdy z powodu awarii dokończenie rozpoczętej transmisji pliku okaże się niemożliwe, pliki tymczasowe z dotychczas pobranymi częściowymi danymi nie zostaną wyczyszczone.

5. Realizacja współbieżności

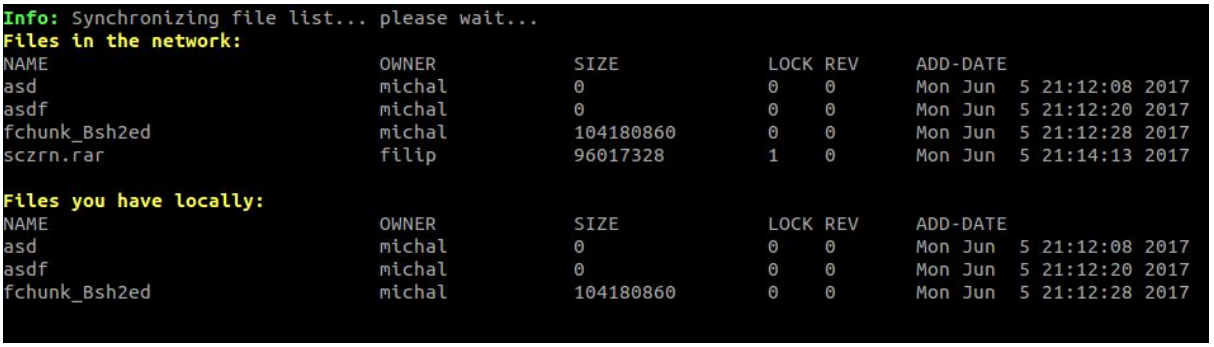
Współbieżność będzie realizowana w następujący sposób: W aplikacji będą istniały współbieżnie 2 główne wątki: wątek nasłuchujący, oczekujący na komunikaty od pozostałych węzłów sieci (*Listener* na schemacie w punkcie 2.) oraz wątek służący do obsługi zapytań użytkownika (*Controller* na schemacie w punkcie 2.). Oprócz tego, w przypadku przyjścia komunikatu z zewnątrz, na obsługę każdej prośby (np. o udostępnienie zasobów, unieważnienie istniejącego zasobu) tworzony jest osobny wątek (*Network task* na schemacie w punkcie 2.). Także do przetworzenia poleceń użytkownika (np. utworzenie nowego zasobu, pobrania danego zasobu) tworzone są nowe wątki (także *Network task* - każdy taki wątek obsługuje indywidualnie połączenia z siecią poprzez moduł *Network*).

6. Opis interfejsu użytkownika

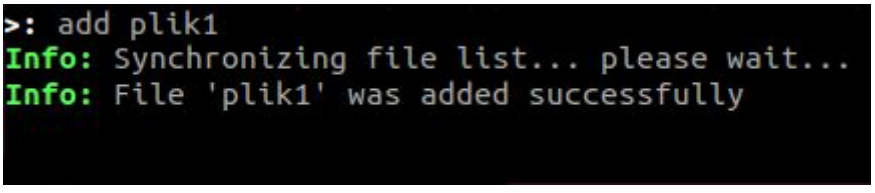
Program udostępnia użytkownikowi prosty interfejs tekstowy. Uruchamiamy go komendą: ./fileShare-1.0.0 <nazwa interfejsu> <nick>

W programie dostępne są następujące opcje:

1. Wyświetlenie listy plików dostępnych w sieci (możliwe użycie również z filtrem, np nazwą właściciela): ls <filtr>
2. Wyświetlenie listy plików lokalnego hosta: lls <filtr>



3. Dodawanie pliku: add <nazwa pliku>



W przypadku próby dodania pliku o nazwie, która już widnieje na liście plików dostępnych w sieci, wyświetli się komunikat o błędzie

```
>: add plik1
Info: Synchronizing file list... please wait...
Error: File 'plik1' already exists
```

W przypadku

4. Usuwanie pliku (dozwolone tylko dla właściciela pliku): del <nazwa pliku>
5. Blokowanie pliku (dozwolone tylko dla właściciela pliku): lock <nazwa pliku>
6. Unieważnianie pliku (dozwolone tylko dla właściciela pliku): rev <nazwa pliku>
7. Odblokowywanie pliku (dozwolone tylko dla właściciela pliku): unlock <nazwa pliku>
8. Pobranie pliku: get <nazwa pliku>

7. Opis testów

Testy zostały przeprowadzone przy użyciu 4 komputerów podłączonych do wspólnej sieci wifi. Sprawdzone zostały wszystkie funkcje opisane w punkcie 6. Dodatkowe opcje, które zostały przetestowane to: pobieranie kilku plików jednocześnie, pobieranie pliku od kilku użytkowników, pobieranie pliku od jednego użytkownika przez kilku użytkowników jednocześnie. Wszystkie testy zakończyły się poprawnie.

Następnie przystąpiliśmy do testów wszelkich możliwych sytuacji wyjątkowych. Dodawanie pliku o tej samej nazwie w tym samym czasie zawsze skutkuje dodaniem tego pliku przez jednego z użytkowników (tego z wcześniejszą datą dodania pliku, z dokładnością do mikrosekundy). Drugi użytkownik dostaje w odpowiedzi komunikat o tym, że plik już istnieje w sieci.

Następnie przetestowaliśmy usuwanie zasobu podczas pobierania go przez innego użytkownika (z jednego i kilku źródeł). Pobieranie w obu przypadkach zostało natychmiastowo przerwane. Zablokowanie podczas pobierania także skutkuje jego przerwaniem. Unieważnianie podczas pobierania pozwala na jego dokończenie. Poniżej przedstawiono usunięcie pliku sczr1.zip i zablokowanie pliku sczrn.rar podczas pobierania.

```
Info: Synchronizing file list... please wait...
Files in the network:
NAME                            OWNER           SIZE            LOCK REV     ADD-DATE
asd                             michal          0               0    0       Mon Jun  5 21:12:08 2017
asdf                            michal          0               0    0       Mon Jun  5 21:12:20 2017
fchunk_Bsh2ed                   michal          104180860       0    0       Mon Jun  5 21:12:28 2017
sczr1.zip                       filip           134310932       0    0       Mon Jun  5 21:14:21 2017
sczrn.rar                       filip           96017328        0    0       Mon Jun  5 21:14:13 2017

Info: Synchronizing file list... please wait...
Info: Looking for peers to download 'sczrn.rar' file
Info: Downloading 'sczrn.rar' file from 1 peer(s)
Info: Synchronizing file list... please wait...
Info: Looking for peers to download 'sczr1.zip' file
Info: Downloading 'sczr1.zip' file from 1 peer(s)
Error: File 'sczr1.zip' download failed
Error: File 'sczrn.rar' download failed
Info: Synchronizing file list... please wait...
Files in the network:
NAME                            OWNER           SIZE            LOCK REV     ADD-DATE
asd                             michal          0               0    0       Mon Jun  5 21:12:08 2017
asdf                            michal          0               0    0       Mon Jun  5 21:12:20 2017
fchunk_Bsh2ed                   michal          104180860       0    0       Mon Jun  5 21:12:28 2017
sczrn.rar                       filip           96017328        1    0       Mon Jun  5 21:14:13 2017
```

Naszym kolejnym testem było wyłączenie się hosta, od którego inny host pobierał zasób. Pomimo tego kilka pakietów dotarło do hosta pobierającego i wątek nasłuchujący nie został zatrzymany. Skutkiem tego zdarzenia było nieudokończone pobranie pliku.

Testowanie przesyłania plików przebiegało pomyślnie niezależnie od tego, czy plik był mały (0B), czy duży (400MB).

Kolejny test miał za zadanie sprawdzić co się wydarzy, kiedy host zostanie wyłączony z sieci zaraz po dodaniu nowego zasobu. Okazało się, że pozostali użytkownicy uzyskali informację o tym, że plik został dodany. Plik pojawił się więc na ogólnej liście sieci. Po powrocie właściciela pliku do sieci, uzyskał listę od pozostałych użytkowników. Ponieważ lokalna lista zasobów właściciela dodanego zasobu była pusta, to pozostali użytkownicy nie mogli pobrać tego pliku. Wystąpiła więc sytuacja niepożądana - plik widniejący na liście nie mógł być pobrany przez żadnego z użytkowników. Co więcej, plik nie mógł być ponownie dodany przez właściciela, dopóki nie wydał komendy usuwającej go z listy głównej. Jednak traktujemy to jako sytuację wyjątkową.

Wyłączenie całej sieci podczas pobierania pliku nie zostało zasygnalizowane przez program, a na jednym z klientów pobierających zawiesił się wątek.

8. Zarys koncepcji implementacji

Program zaimplementowaliśmy przy użyciu języka C++. Komunikaty opisujące pakiety zostały stworzone w formacie JSON, do ich tworzenia i czytania użyliśmy biblioteki JSONCpp. Do logowania użyliśmy narzędzia open source spdlog. Zdecydowaliśmy się stworzyć własne metody statyczne wykorzystujące API gniazd BSD do celów naszego projektu. Umieściliśmy je w odrębnych klasach: network, tcplistener i udplistener.

Do realizacji współbieżności wykorzystaliśmy biblioteki standardowe C++11:

- *thread* (realizacja wielowątkowości)
- *mutex* (do synchronizacji).