

Zadanie programistyczne nr 3

z Sieci komputerowych

1 Opis zadania

Napisz program `transport`, który będzie łączyć się z określonym serwerem i wysyłając — zgodnie z opisanym niżej protokołem — datagramy UDP, pobierze od serwera plik o określonej wielkości.

Program powinien przyjmować cztery argumenty: `adres_IP`, `port`, `nazwa_pliku` i `rozmiar` (w bajtach). Celem jest pobranie od specjalnego serwera UDP nasłuchującego na porcie `port` komputera o adresie `adres_IP` pierwszych `rozmiar` bajtów pliku i zapisanie ich w pliku `nazwa_pliku`. Aby zażądać od serwera UDP fragmentu pliku, należy wysłać mu datagram UDP o następującej treści:

```
GET start długość\n
```

Wartość `start` powinna być liczbą całkowitą z zakresu $[0, 10\,000\,000]$, zaś `długość` z zakresu $[1, 1\,000]$. Znak `\n` jest uniksowym końcem wiersza, zaś odstęp są pojedynczymi spacja. Jedyną zawartością datagramu musi być powyższy napis: serwer zignoruje datagramy, które nie spełniają tej specyfikacji. W odpowiedzi serwer wyśle datagram, na którego początku będzie znajdować się napis:

```
DATA start długość\n
```

Wartości `start` i `długość` są takie, jakich zażądał klient. Po tym napisie znajduje się `długość` bajtów pliku: od bajtu o numerze `start` do bajtu o numerze `start+długość-1`. Bajty pliku numerowane są od zera.

1.1 Przykład

Jeśli program zostanie uruchomiony w następujący sposób:

```
$> ./transport 127.0.0.1 40001 output 1100
```

to może wysłać w do portu 40001 serwera uruchomionego pod adresem 127.0.0.1 dwa datagramy o treściach:

```
GET 0 700\n
```

oraz

```
GET 700 400\n
```

a następnie poczekać na odpowiedzi serwera i zapisać odpowiednie 1100 bajtów do pliku `output`.

1.2 Serwer UDP

64-bitową statycznie skonsolidowaną wersję kodu serwera UDP o nazwie `transport-server` można pobrać ze strony wykładu i uruchomić na swoim komputerze podając jako argument port, na którym serwer ma nasłuchiwać. Można też uruchomić kod w maszynie wirtualnej.

Na stronie wykładu dostępne są też opisane niżej programy `transport-client-slow` i `transport-client-fast`.¹

¹Nie należy używać istniejącej w starszych wersjach Virbiana wersji serwera: potrafi on zakończyć działanie po odebraniu odpowiednio spreparowanego pakietu.

1.3 Dodatkowe wymagania

Pamiętaj, że pobierane dane są danymi binarnymi i mogą zawierać bajt równy zero. Należy je zatem zapisywać do pliku funkcją `write()`, `fwrite()` lub podobną. Twój program powinien zapisywać dane wyłącznie na końcu pliku wyjściowego. W szczególności niedopuszczalne jest uzyskiwanie dostępu do różnych miejsc pliku wyjściowego za pomocą funkcji `lseek()` lub podobnej. Twój program powinien zużywać co najwyżej 6 MB pamięci operacyjnej (łącznie z binarnym kodem programu; patrz część *Sposób oceniania programów*).

Program powinien obsługiwać błędne dane wejściowe, zgłaszając odpowiedni komunikat. Program nie powinien wypisywać niepotrzebnych komunikatów diagnostycznych, ale może wypisywać postęp w pobieraniu kolejnych części pliku.

1.4 Zawodna komunikacja

Wykorzystywany serwer UDP działa w następujący sposób:²

1. Odpowiedź na dane żądanie zostaje wygenerowana z prawdopodobieństwem ok. 1/2.
2. Każda wygenerowana odpowiedź zostanie zduplikowana z prawdopodobieństwem ok. 1/5. W tej definicji duplikat też jest traktowany jako odpowiedź, więc może pojawić się też duplikat duplikatu (z prawdopodobieństwem ok. 1/25) itd.
3. Każdy wygenerowany datagram jest wysyłany z losowym opóźnieniem wynoszącym od 0,5 do 1,5 sekundy.
4. Serwer utrzymuje kolejkę co najwyżej 1000 wygenerowanych datagramów, które ma wysłać.

1.5 Uwagi implementacyjne

Konieczne jest sprawdzanie, czy źródłowy adres i port datagramu jest prawidłowy. Możesz założyć, że jeśli Twój program otrzymuje dane od adresu IP i portu, do którego dane uprzednio wysłał, to są one zgodne ze specyfikacją i nie trzeba tego sprawdzać.³

Twój program będzie testowany pod kątem poprawności i wydajności. W najprostszym wariancie można zaprogramować go jako algorytm typu *stop-and-wait*. Do odczekiwania i sprawdzania, czy gniazdo zawiera datagram, można wykorzystać funkcję `poll()`. Tak zaimplementowany został program `transport-client-slow`. Za poprawną implementację takiego podejścia można dostać 4 punkty.

Podejście typu *stop-and-wait* jest bardzo nieefektywne. Aby je poprawić, możesz zaimplementować algorytm okna przesuwającego utrzymujący odpowiednie liczniki czasu dla wszystkich żądanych fragmentów. (Ograniczenie na pamięć ma na celu wymuszenie, żeby okno nie mieściło wszystkich datagramów: prefiks danych, który udało nam się pobrać należy zapisać do pliku). Taki algorytm wykorzystuje program `transport-client-fast`. Za taką implementację można dostać maksymalną liczbę punktów.

Twój program nie musi pobierać danych zgodnie z opisanymi wyżej schematami. Program będzie uruchamiany na dwóch połączonych ze sobą maszynach wirtualnych. Parametry wpływające na jego efektywność (czas odczekiwania i rozmiar okna) można dobrać eksperymentalnie. Napisanie programu, który będzie dynamicznie dostosowywał się do parametrów łącza nie jest wymagane.

²Jest to symulacja wysyłania datagramów UDP w dość źle działającej sieci, w której takie datagramy mogą zostać zgubione, zduplikowane lub nadejść w innej kolejności niż były wysyłane.

³W prawdziwych zastosowaniach byłby to bardzo zły pomysł.

2 Uwagi techniczne

Ta sekcja jest taka sama dla wszystkich zadań programistycznych.

Pliki. Sposób utworzenia napisu oznaczanego poniżej jako *imie_nazwisko*: Swoje (pierwsze) imię oraz nazwisko zapisz wyłącznie małymi literami, zastępując litery ze znakami diakrytycznymi przez ich łacińskie odpowiedniki (usuń ogonki). Pomiedzy imię i nazwisko wstaw znak podkreślenia.

Prowadzącemu ćwiczeniopracownię należy dostarczyć plik *imie_nazwisko.tar.xz* z archiwum (w formacie `tar`, spakowane programem `xz`) zawierającym pojedynczy katalog o nazwie *imie_nazwisko* z następującymi plikami.

- ▶ Kod źródłowy w C, C++ lub Rust, czyli pliki `*.c`, `*.h`, `*.cpp`, `*.h` lub `*.rs`. Każdy plik źródłowy na początku powinien zawierać w komentarzu imię, nazwisko i numer indeksu autora lub autorki.
- ▶ Plik `Makefile` pozwalający na kompilację programu po uruchomieniu `make`. Takie wymaganie obowiązuje również w przypadku kodów źródłowych w Rust (wywołanie `make` może uruchamiać `cargo` lub `rustc`).
- ▶ Ewentualnie plik `README.txt` lub `README.md`.

W katalogu tym **nie** powinno być żadnych innych plików, w szczególności skompilowanego programu, obiektów `*.o`, czy plików źródłowych nienależących do projektu.

Kompilacja. Kompilacja i uruchamianie przeprowadzone zostaną w 64-bitowym środowisku Linux; w szczególności kody powinny dać się uruchomić w maszynie wirtualnej Virbian bez instalacji dodatkowych pakietów.

- ▶ Kompilacja w przypadku C ma wykorzystywać standard C17 lub C18 z ewentualnymi rozszerzeniami GNU (opcja kompilatora `-std=c17`, `-std=gnu17`, `-std=c18` lub `-std=gnu18`).
- ▶ Kompilacja w przypadku C++ ma wykorzystywać standard C++14, C++17 lub C++20 z ewentualnymi rozszerzeniami GNU (opcja kompilatora `-std=c++14`, ..., `-std=c++20`, `-std=gnu++14`, ..., `-std=gnu++20`).
- ▶ Kompilacja w przypadku Rust ma wykorzystywać edycję 2018, 2021 lub 2024 (opcja kompilatora `-edition 2018`, ..., `-edition 2024`).

Kompilacja w przypadku C i C++ powinna korzystać z opcji `-Wall` i `-Wextra`. Podczas kompilacji w dowolnym języku nie powinny pojawiać się ostrzeżenia.

3 Sposób oceniania programów

Poniższe uwagi służą ujednoczeniu oceniania w poszczególnych grupach. Napisane są jako polecenia dla prowadzących, ale studenci powinni **koniecznie** się z nimi zapoznać, gdyż prowadzący będą się ich trzymać przy sprawdzaniu.

- ▶ Programy będą testowane na zajęciach w obecności autora lub autorki programu.
- ▶ Program niekompilujący się otrzymuje 0 punktów, nawet jeśli ładnie wygląda.
- ▶ Program uruchamiany jest w różnych warunkach opisanych poniżej i otrzymuje za te uruchomienia od 0 do 10 punktów.

- ▶ Następnie obliczane są ewentualne punkty ujemne zgodnie z listą podaną poniżej.
- ▶ Oceniamy z dokładnością do 0,5 punktu. Jeśli ostateczna liczba punktów wyjdzie ujemna, wstawiamy zero. (Ostatnia uwaga nie dotyczy przypadków plagiatów lub niesamodzielnych programów).

Testowanie: punkty dodatnie Do testów należy uruchomić na dwie maszyny wirtualne połączone siecią (na jednym fizycznym komputerze). Na jednej z nich uruchomić instancję programu `transport-server` (pobraną ze strony wykładu), słuchającą na wybranym porcie, a na drugiej maszynie uruchamiać oceniany kod.

Przy uruchamianiu programu należy wykorzystywać polecenie `/usr/bin/time -v`. Umożliwi to pomiar czasu i zajętość pamięci (pola `Elapsed time` i `Maximum resident set size`).

Należy wykonać następujące testy.

3 pkt. Uruchomić program do pobrania ok. 15 000 bajtów, gdzie liczba bajtów nie jest wielokrotnością 1 000. Na takich samych danych uruchomić program `transport-client-slow`; niech t będzie czasem jego działania. Program otrzymuje punkty, jeśli jego czas działania jest nie większy niż $4 \cdot t + 5$ sek, zajętość pamięci nie większa niż 6 MB, a pliki generowane przez oba programy są identyczne.

1 pkt. Uruchomić program do pobrania ok. 15 000 bajtów. Zatrzymać go w trakcie wykonywania; sprawdzić Wiresharkiem jaki jest jego port źródłowy. Następnie poleceniem `nc` wysłać do tego portu źródłowego datagram zawierający śmieci. Wznówić działanie programu i sprawdzić, czy generowany jest poprawny plik.

3 pkt. Jak w pierwszym punkcie, ale pobieramy ok. 1 000 000 bajtów i porównujemy czas z czasem działania programu `transport-client-fast`; niech t będzie czasem jego działania. Czas działania programu nie powinien być większy niż $4 \cdot t + 5$ sek.

3 pkt. Jak w poprzednim punkcie, ale pobieramy ok. 9 000 000 bajtów.

Testowanie: punkty ujemne. Punkty ujemne przewidziane są za następujące usterki.

-2 pkt. Za każdy rozpoczęty megabajt ponad limit 6 MB na zajętość pamięciową programu.

-5 pkt. Zapis do pliku wyjściowego w innym miejscu niż na jego końcu.

-1 pkt. Brak sprawdzania poprawności danych na wejściu.

do -3 pkt. Zła/nieczytelna struktura programu: brak modularności i podziału na funkcjonalne części, niekonsekwentne wcięcia, powtórzenia kodu.

-2 pkt. Aktywne czekanie zamiast zasypiania do momentu otrzymania pakietu.

-1 pkt. Brak sprawdzania poprawności wywołania funkcji systemowych, takich jak `recvfrom()`, `write()` czy `bind()`.

-1 pkt. Nietrzymanie się specyfikacji wejścia i wyjścia. Przykładowo: wyświetlanie nadmiarowych informacji diagnostycznych lub inna niż w specyfikacji obsługa parametrów.

-1 pkt. Zły plik `Makefile` lub jego brak.

- ▶ Program powinien się kompilować poleceniem `make`.
- ▶ Poszczególne pliki `*.c` i `*.cpp` powinny kompilować się do obiektów tymczasowych `*.o` a następnie powinny być konsolidowane do wykonywalnego programu.

- ▶ Polecenie `make clean` powinno czyścić katalog z tymczasowych obiektów (plików `*.o`), zaś polecenie `make distclean` powinno usuwać te obiekty i wykonywalny program pozostawiając tylko pliki źródłowe.

-3 pkt. Kara za wysłanie programu po terminie; opóźnienie nie może być większe niż 1 tydzień.

Materiały do kursu znajdują się w systemie SKOS: <https://skos.ii.uni.wroc.pl/>.

Marcin Bińkowski