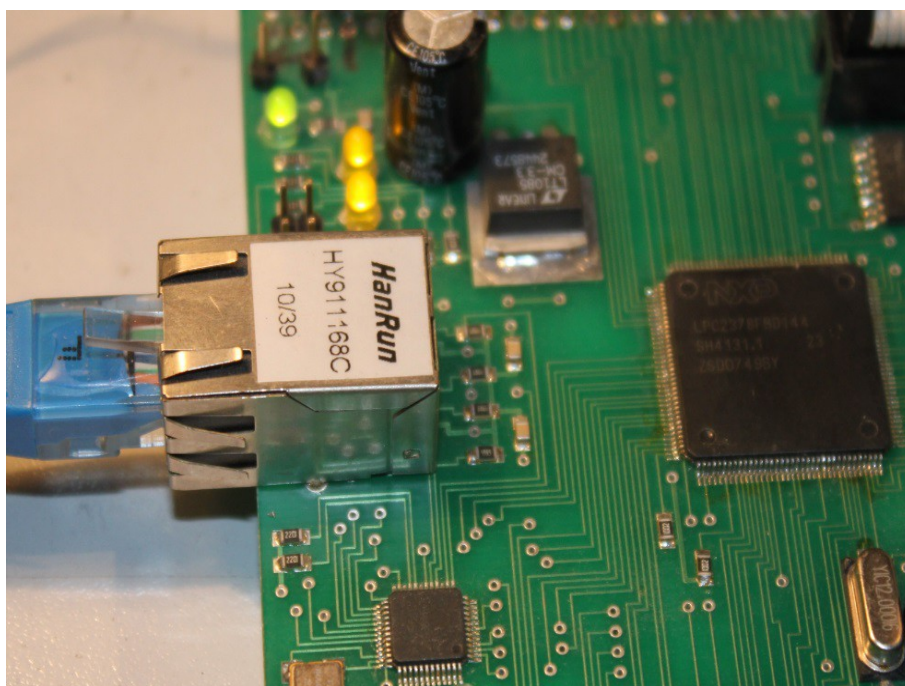


Andrzej Pawluczuk

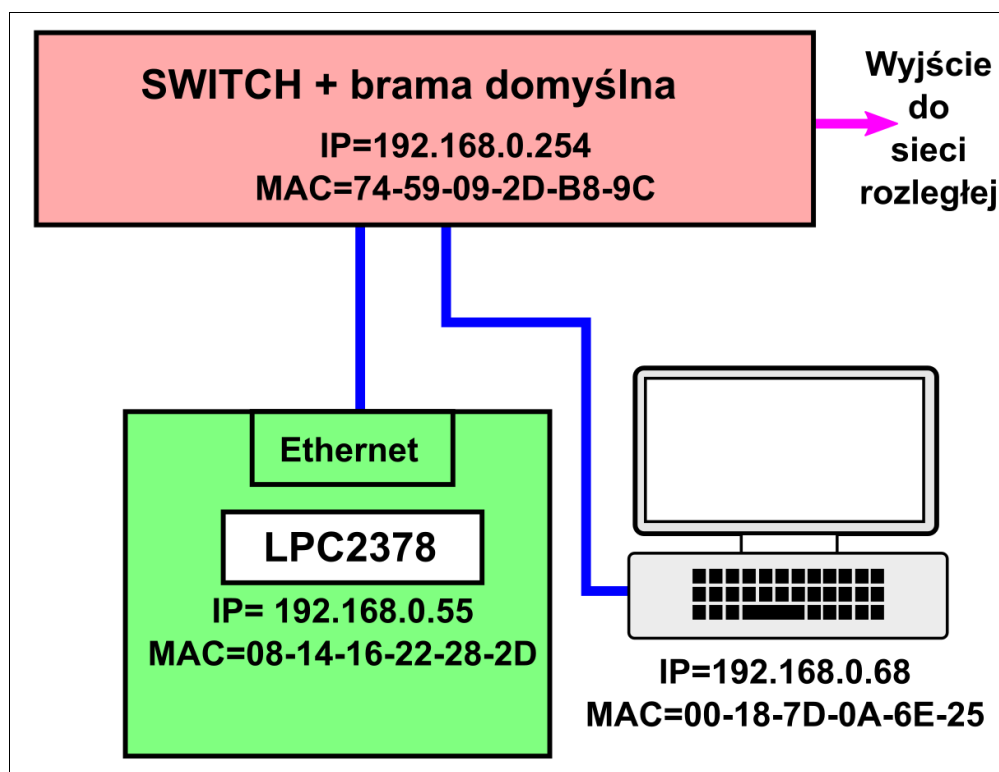


Komentarz do sesji połączenia TCP

Białystok, kwiecień 2021

Komentarz do nadanych/odebranych pakietów w sieci ethernet podczas sesji połączenia TCP. W tym środowisku testowym wystąpił moduł z mikrokontrolerem LPC2378 oraz komputer. Środowisko eksperymentu jest pokazane na ilustracji 1, w skład którego z istotnych elementów wchodzi:

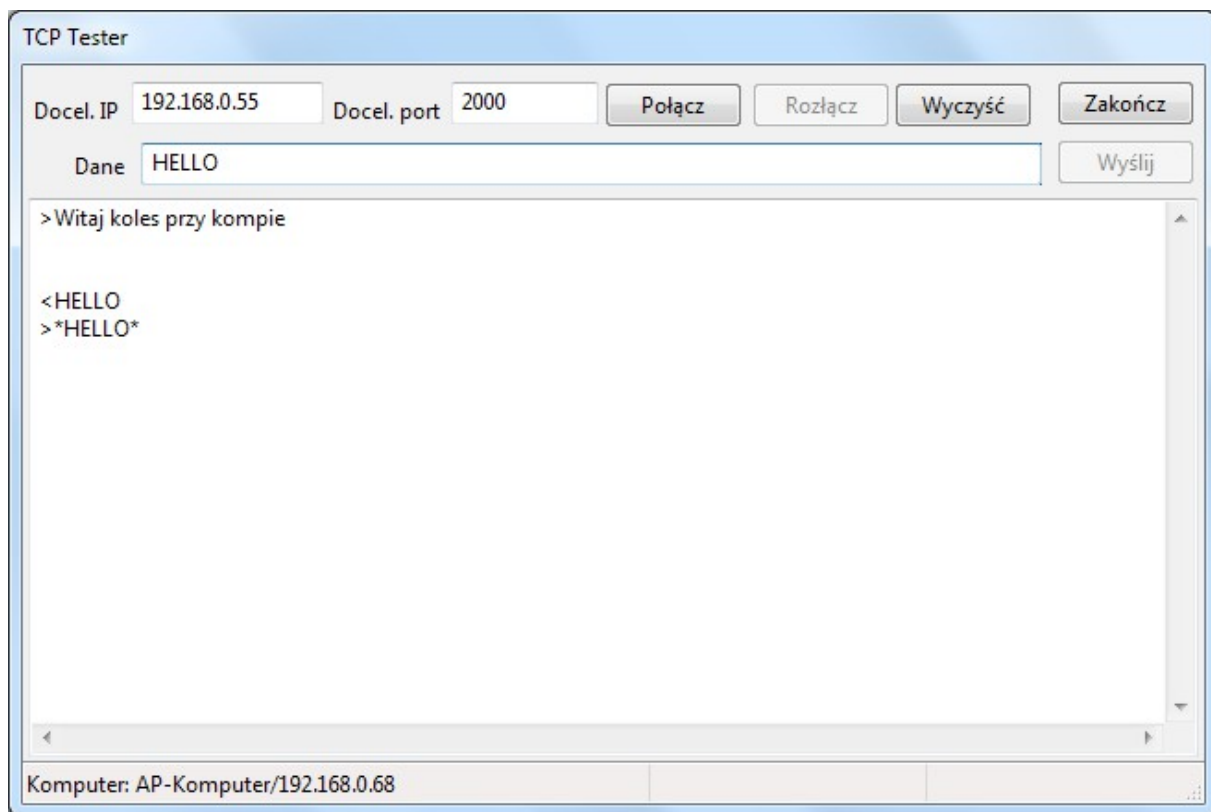
- mój komputer (IP=192.168.0.68, MAC=00-18-7D-0A-6E-25),
- moduł z prockiem LPC2378 (MAC=08-14-16-22-28-2D, IP=192.168.0.55),
- switch+brama domyślna (IP=192.168.0.254, MAC=74-59-09-2D-B8-9C).



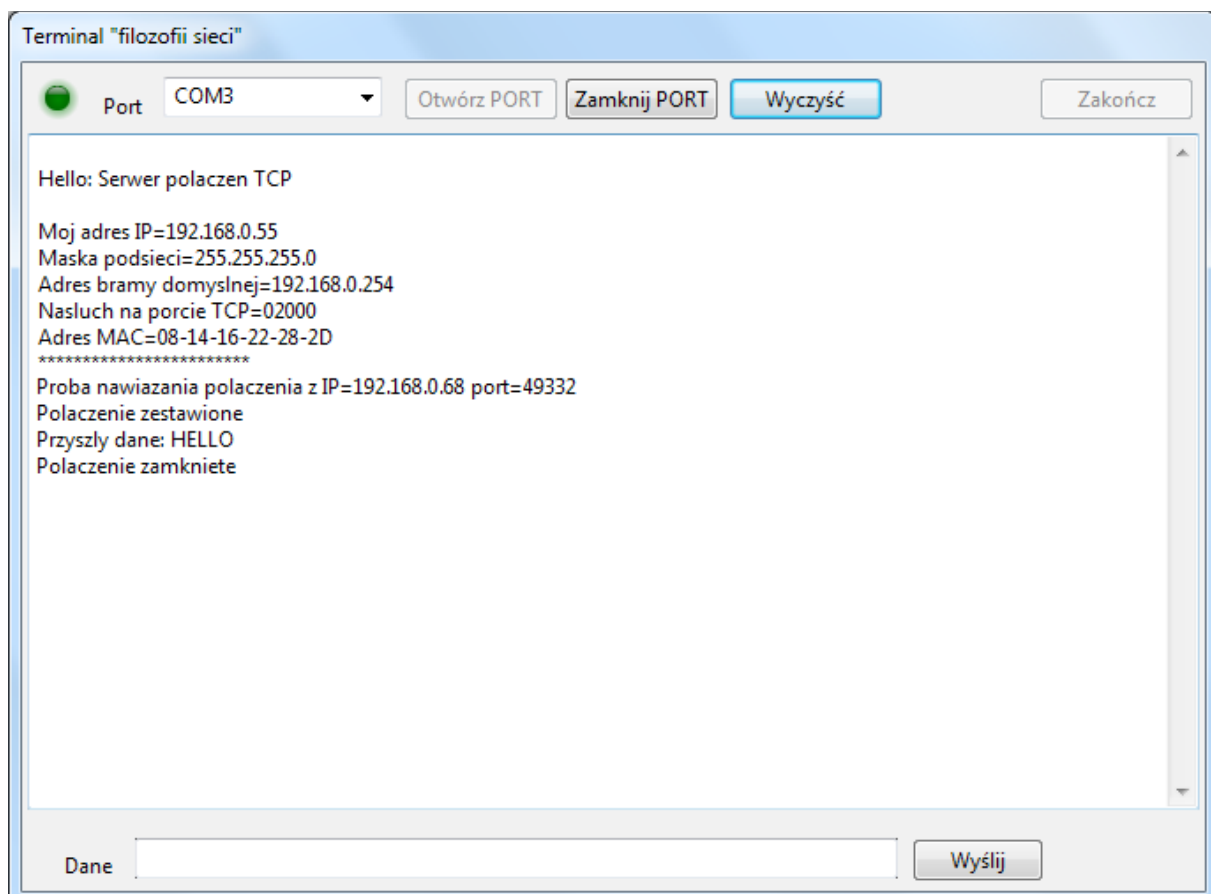
Ilustracja 1

W komputerze zostaje uruchomiony program pełniący funkcję klienta TCP, (moduł LPC2378 pełni rolę serwera TCP). Z programu w komputerze PC realizowane jest połączenie TCP do serwera. Po nawiązaniu połączenia, serwer wysyła do klienta „zaczepny” komunikat o treści „*Witaj koles przy kompie*”. Jednocześnie po nawiązaniu połączenia TCP z programu klienta zostaje wysłany do serwera komunikat o treści „HELLO”, na który oprogramowanie serwera odsyła do nadawcy ten sam komunikat ujęty w nawiasy ze znaków '*'. Po odebraniu tych danych program klienta zamyka połączenie.

Te czynności pokazują ilustracje 2 i 3.

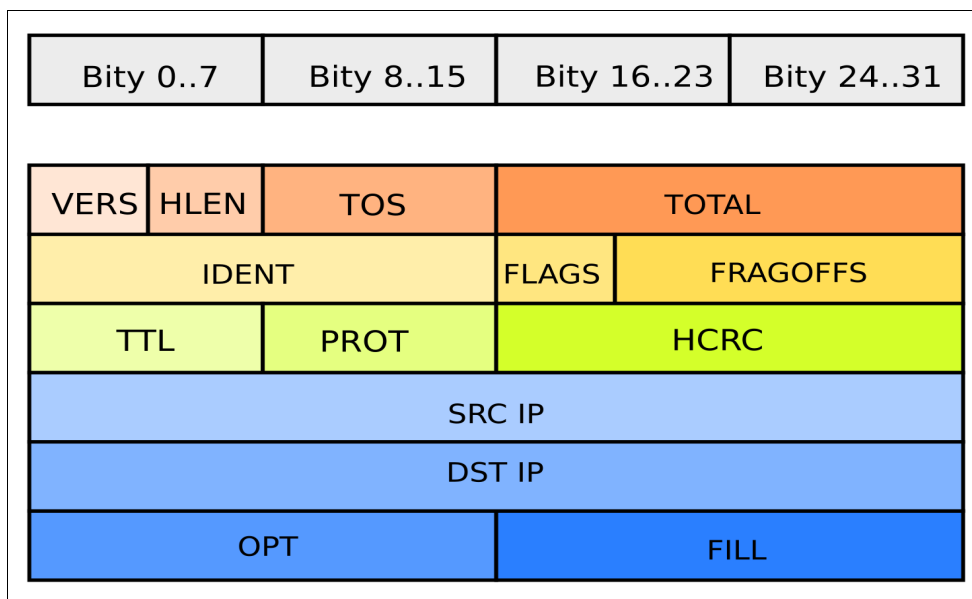


Ilustracja 2



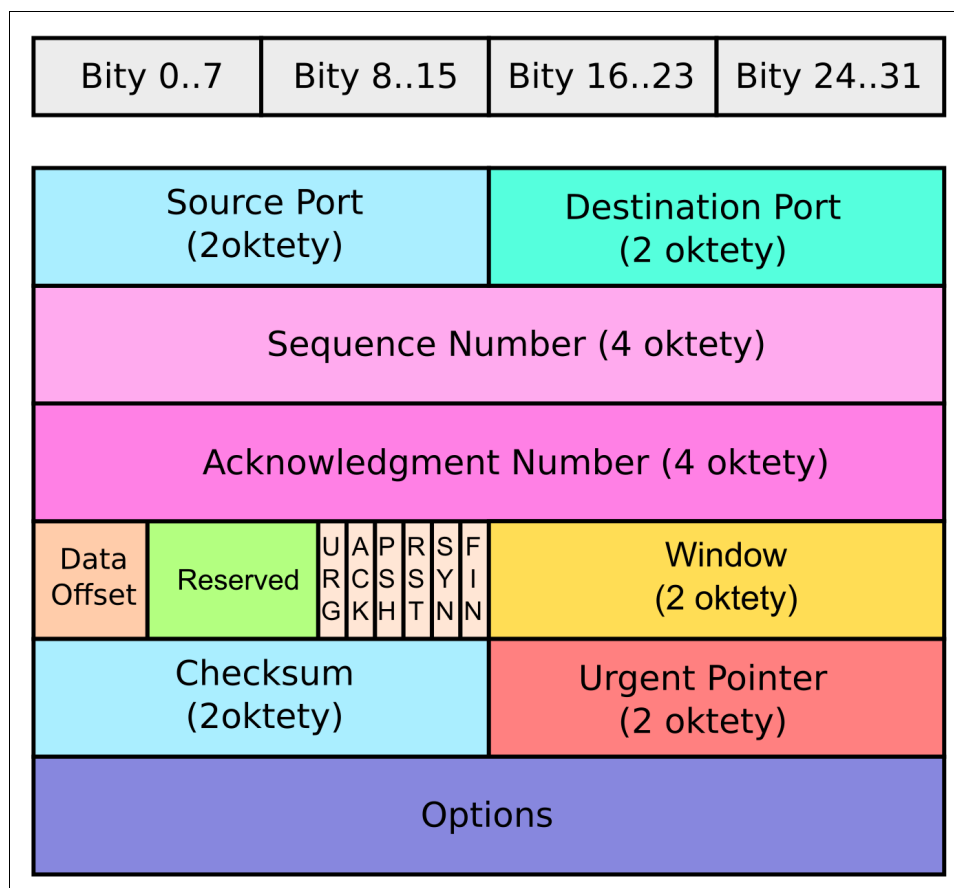
Ilustracja 3

Dla przypomnienia, struktura nagłówka pakietu IP jest pokazana na ilustracji 4.



Ilustracja 4

Pakiet IP (dla PROT=6) zawiera w sobie pakiet TCP, którego struktura nagłówka pokazana jest na ilustracji 5.



Ilustracja 5

Po uruchomieniu programu klienta w komputerze PC, wypełnieniu pól przeznaczonych na adres IP i numer portu dla serwera (dokąd będzie realizowane połączenie) i kliknięciu na przycisk „Połącz”, do serwera zostaje wysłany następujący pakiet (ewentualna negocjacja ARP w celu realizacji powiązania adresu IP i adresu MAC jest pominięta).

Pakiet IP nadany przez klienta (IP=192.168.0.68, MAC=00-18-7D-0A-6E-25) do serwera LPC2378 (IP=192.168.0.55, MAC=08-14-16-22-28-2D).

Ramka ETH:

```
08 14 16 22 28 2D 00 18 7D 0A 6E 25 08 00 45 00
00 34 16 CD 40 00 80 06 00 00 C0 A8 00 44 C0 A8
00 37 C0 B4 07 D0 E1 AF 95 13 00 00 00 00 80 02
20 00 81 F2 00 00 02 04 05 B4 01 03 03 08 01 01
04 02
```

Jest:

- 08 14 16 22 28 2D – adres MAC odbiorcy (moduł LPC2378),
- 00 18 7D 0A 6E 25 – adres MAC nadawcy (komputer PC),
- 0800 – typ ramki ethernetowej → pakiet IP,
- 45 00 00 34 16 CD 40 00 80 06 00 00 C0 A8 00 44 C0 A8 00 37 – nagłówek IP (ilustracja 4), w tym:
 - VERS=4 – wariant sieci IPv4,
 - HLEN=5 – wielkość nagłówka IP, 5 słów 32-bitowych, czyli 5*4=20 bajtów, ta wartość oznacza, że w nagłówku IP nie występuje pole OPT,
 - TOS=0
 - TOTAL=0034 hex=52 dec – całkowita wielkość pakietu (nagłówka i danych),
 - IDENT=16CD hex – numer identyfikacyjny (używany przy defragmentacji pakietów),
 - FLAGS/FRAGOFFS 4000 – pakiet nie jest defragmentowany,
 - TTL=80 hex=128 dec – czas życia pakietu w sieci rozległej,
 - PROT=06 – pakiet IP ma zakapsułowany w sobie pakiet TCP,
 - HCRC= 0000 hex – pakiet nie ma policzonej sumy kontrolnej,
 - SRCIP= C0A80044 hex – adres IP=192.168.0.68 strony źródłowej,
 - DESTIP= C0A80037 hex – adres IP=192.168.0.55 strony docelowej.
- C0 B4 07 D0 E1 AF 95 13 00 00 00 00 80 02 20 00 81 F2 00 00 02 04 05 B4 01 03 03 08 01 01 04 02 – pakiet TCP (ilustracja 5), w tym:
 - SRCPORT=C0B4 hex=49332 dec – port źródłowy w połączeniu TCP (można to skonfrontować z ilustracją 3),
 - DSTPORT=07D0 hex=2000 dec – port docelowy w połączeniu TCP,
 - SEQNUM=E1AF9513 hex – startowa liczba sekwencyjna klienta (tego, kto nawiązuje połączenie, generowana losowo),

- ACKNNUM=00000000 hex – miejsce przewidziane na liczbę sekwencyjną „przeciwnika”, klient jej jeszcze nie zna, więc jest 0,
- DATAOFS=8 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $8 * 4 = 32$ bajty,
- FLAGS=002 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawiony jest SYN (pierwsze zaczepne przesłanie sygnału chęci nawiązania połączenia TCP),
- WINDOW=2000 hex=8192 dec – wielkość okna
- CHECKSUM=81F2 hex – suma kontrolna,
- URGENTPRT=0000 hex,
- OPTIONS=02 04 05 B4 01 03 03 08 01 01 04 02 – zawartość pola OPTIONS (pole występuje ponieważ DATAOFS=32 – 20 [wielkość nagłówka TCP bez pola OPTIONS] = 12 → wielkość pola OPTIONS).
- Danych użytkowych w pakiecie nie ma.

Na odebrany pakiet TCP, serwer odpowiada, że nie ma nic przeciwko, by nawiązać połączenie. Wysyła pakiet TCP zakapsułowany w pakiecie IP.

Ramka ETH:

```
00 18 7D 0A 6E 25 08 14 16 22 28 2D 08 00 45 00
00 2C 00 06 00 00 40 06 F8 FA C0 A8 00 37 C0 A8
00 44 07 D0 C0 B4 00 00 6A EC E1 AF 95 14 60 12
04 00 68 15 00 00 02 04 05 B4
```

Jest:

- 00 18 7D 0A 6E 25 – adres MAC odbiorcy (komputer PC),
- 08 14 16 22 28 2D – adres MAC nadawcy (moduł LPC2378),
- 08 00 – typ ramki ethernetowej → pakiet IP,
- 45 00 00 2C 00 06 00 00 40 06 F8 FA C0 A8 00 37 C0 A8 00 44 – nagłówek pakietu IP (identycznie jak wyżej), z którego wynika między innymi, że:
 - PROT=06 – pakiet IP ma zakapsułowany w sobie pakiet TCP,
 - SRCIP= C0A80037 hex – adres IP=192.168.0.55 strony źródłowej,
 - DESTIP= C0A80044 hex – adres IP=192.168.0.68 strony docelowej.
- 07 D0 C0 B4 00 00 6A EC E1 AF 95 14 60 12 04 00 68 15 00 00 02 04 05 B4 – nagłówek pakietu TCP, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=07D0 hex=2000 dec – port źródłowy w połączeniu TCP (nadawcą jest serwer LPC2378 a on ma otwarty port do nasłuch o numerze 2000),

- DSTPORT=C0B4 hex=49332 – port docelowy w połączeniu TCP (odbiorcą jest klient w komputerze TCP i podczas tworzenia gniazda do połączenia windoza nadała mu taki numer),
- SEQNUM=00006AEC hex – startowa liczba sekwencyjna serwera,
- ACKNNUM=E1AF9514 hex – potwierdzenie liczby odebranych bajtów, w przypadku pakietów TCP zawierających sygnał SYN lub FIN, ten licznik jest zwiększany o 1 (numer sekwencyjny z „zaczepnego” przysłania przez klienta sygnału SYN zwiększony o 1),
- DATAOFS=6 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $6 * 4 = 24$ bajty: występuje pole OPTIONS i jego wielkość wynosi $24 - 20 = 4$ bajty,
- FLAGS=012 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawiony jest SYN i ACK (pozytywne potwierdzenie zaczepnego pakietu TCP zawierającego tylko SYN),
- WINDOW=0400 hex=1024 dec – LPC2378 mówi, że chce mieć okno o wielkości 1024 bajtów,
- CHECKSUM= 6815 hex – suma kontrolna,
- URGENTPRT=0000 hex,
- OPTIONS=02 04 05 B4 – zawartość pola OPTIONS (jest to żądanie, by wielkość okna nie przekraczała 5B4 hex=1460 dec bajtów → łącznie z nagłówkami nie przekraczało maksymalnej wielkości ramki ethernetowej).
- Danych użytkowych nie ma.

W wyniku wstępnej zgody stron do współpracy, strona inicjująca (klient) potwierdza ten stan odpowiednim pakietem TCP. Wysłana ramka ethernetowa jest następująca:

```
08 14 16 22 28 2D 00 18 7D 0A 6E 25 08 00 45 00
00 28 16 CE 40 00 80 06 00 00 C0 A8 00 44 C0 A8
00 37 C0 B4 07 D0 E1 AF 95 14 00 00 6A ED 50 10
FA F0 81 E6 00 00
```

Zawiera:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że IP=192.168.0.68 przesyła coś do IP=192.168.0.55 i jest to pakiet TCP,
- pakiet TCP: C0 B4 07 D0 E1 AF 95 14 00 00 6A ED 50 10 FA F0 81 E6 00 00, z którego wynika, że

- SRCPORT=C0B4 hex=49332 – port źródłowy w połączeniu TCP,
- DSTPORT=07D0 hex=2000 dec – port docelowy w połączeniu TCP,
- SEQNUM=E1AF9514 hex – aktualna liczba sekwencyjna klienta,
- ACKNNUM=00006AED hex – aktualna liczba potwierdzająca dla serwera, (numer sekwencyjny z potwierdzenia dla SYN przysłany przez serwera zwiększony o 1),
- DATAOFS=5 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty → nie występuje pole OPTIONS,
- FLAGS=010 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawiony jest ACK (pozytywne potwierdzenie → należy uważać, że połączenie TCP zostało nawiązane),
- WINDOW=FAF0 hex=64240 dec – windoza mówi, że chce mieć okno o wielkości 64240 bajtów,
- CHECKSUM= 81E6 hex – suma kontrolna,
- URGENTPRT=0000 hex,
- Danych użytkowych nie ma.

Od tej chwili obie stacje uważają, że mają nawiązane połączenie TCP (został osiągnięty stan ESTABLISH: zestawionego połączenia). W oprogramowaniu LPC2378 osiągnięcie tego stanu może służyć do wysłania tekstu powitalnego: „Witaj koles przy kompie”. LPC2378 wysyła pakiet TCP zawierający powyższy napis, generuje następujący pakiet. Wysłana ramka ethernetowa jest następująca:

```
00 18 7D 0A 6E 25 08 14 16 22 28 2D 08 00 45 00
00 43 00 07 00 00 40 06 F8 E2 C0 A8 00 37 C0 A8
00 44 07 D0 C0 B4 00 00 6A ED E1 AF 95 14 50 18
04 00 9A 86 00 00 57 69 74 61 6A 20 6B 6F 6C 65
73 20 70 72 7A 79 20 6B 6F 6D 70 69 65 0D 0A 0D
0A
```

Zawiera:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że dalej jest pakiet TCP,
- pakiet TCP: 07 D0 C0 B4 00 00 6A ED E1 AF 95 14 50 18 04 00 9A 86 00 00 57 69 74 61 6A 20 6B 6F 6C 65 73 20 70 72 7A 79 20 6B 6F 6D 70 69 65 0D 0A 0D 0A, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=07D0 hex=2000 dec – port źródłowy w połączeniu TCP,
 - DSTPORT=C0B4 hex=49332 – port docelowy w połączeniu TCP,

- SEQNUM= 00006AED hex – aktualna liczba sekwencyjna serwera,
- ACKNNUM=E1AF9514 hex – aktualna liczba potwierdzająca,
- DATAOFS=5 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty: nie występuje pole OPTIONS,
- FLAGS=018 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawiony są PSH i ACK (PSH to wypchnięcie bufora do aplikacji użytkowej oraz ACK to potwierdzenie pola ACKNUM),
- WINDOW=0400 hex=1024 dec – LPC2378 mówi, że chce mieć okno o wielkości 1024 bajtów,
- CHECKSUM= 9A86 hex – suma kontrolna,
- URGENTPRT=0000 hex,
- Dane użytkowe to: 57 69 74 61 6A 20 6B 6F 6C 65 73 20 70 72 7A 79 20 6B 6F 6D 70 69 65 0D 0A 0D 0A: napis: *Witaj koles przy kompie*<CR><LF><CR><LF>.

Wysłanie powyższego pakietu z danymi użytkowymi spowodowało potrzebę potwierdzenia ze strony klienta odebrania tych danych użytkowych. Klient wysłał pakiet TCP, ramka ethernetowa jest następująca:

```
08 14 16 22 28 2D 00 18 7D 0A 6E 25 08 00 45 00
00 28 16 CF 40 00 80 06 00 00 C0 A8 00 44 C0 A8
00 37 C0 B4 07 D0 E1 AF 95 14 00 00 6B 08 50 10
FA D5 81 E6 00 00
```

Zawiera:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że dalej jest pakiet TCP,
- pakiet TCP: C0 B4 07 D0 E1 AF 95 14 00 00 6B 08 50 10 FA D5 81 E6 00 00, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=C0B4 hex=49332 – port źródłowy w połączeniu TCP,
 - DSTPORT=07D0 hex=2000 dec – port docelowy w połączeniu TCP,
 - SEQNUM= E1AF9514 hex – aktualna liczba sekwencyjna klienta,
 - ACKNNUM= 00006B08 hex – aktualna liczba potwierdzająca, poprzednia liczba potwierdzająca wynosiła 6AED hex + 1B hex (liczba bajtów przesłanych danych, czyli liczba znaków napisu „Witaj koles przy kompie”, tu należy pamiętać, że dochodzą w sumie 4 znaki od <CR><LF><CR><LF>), 6AED hex + 1B hex = 6B08 hex (lub dziesiętnie: $27373+27=27400$),

- DATAOFS=5 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty: nie występuje pole OPTIONS,
- FLAGS=010 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawiony jest ACK,
- WINDOW= FAD5 hex,
- CHECKSUM= 81E6 hex – suma kontrolna,
- URGENTPRT=0000 hex,
- Danych użytkowych nie ma.

Po odebraniu powitalnego tekstu, z programu klienta zostaje wysłany tekst (zostaje sformatowany odpowiedni pakiet IP). Pakiet jest następujący:

```
08 14 16 22 28 2D 00 18 7D 0A 6E 25 08 00 45 00
00 2D 16 D0 40 00 80 06 00 00 C0 A8 00 44 C0 A8
00 37 C0 B4 07 D0 E1 AF 95 14 00 00 6B 08 50 18
FA D5 81 EB 00 00 48 45 4C 4C 4F
```

Zawiera on:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że dalej jest pakiet TCP,
- pakiet TCP: C0 B4 07 D0 E1 AF 95 14 00 00 6B 08 50 18 FA D5 81 EB 00 00 48 45 4C 4C 4F, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=C0B4 hex=49332 – port źródłowy w połączeniu TCP,
 - DSTPORT=07D0 hex=2000 dec – port docelowy w połączeniu TCP,
 - SEQNUM= E1AF9514 hex – aktualna liczba sekwencyjna klienta,
 - ACKNNUM= 00006B08 hex – aktualna liczba potwierdzająca,
 - DATAOFS=5 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty: nie występuje pole OPTIONS,
 - FLAGS=018 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawione są PSH i ACK,
 - WINDOW= FAD5 hex,
 - CHECKSUM= 81E6 hex – suma kontrolna,
 - URGENTPRT=0000 hex,
- Dane użytkowe to: 48 45 4C 4C 4F: napis HELLO.

Przesłane dane użytkowe są potwierdzone, serwer generuje odpowiedni pakiet.
Jest to:

```
00 18 7D 0A 6E 25 08 14 16 22 28 2D 08 00 45 00
00 28 00 08 00 00 40 06 F8 FC C0 A8 00 37 C0 A8
00 44 07 D0 C0 B4 00 00 6B 08 E1 AF 95 19 50 10
04 00 7F B2 00 00
```

Zawiera on:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że dalej jest pakiet TCP,
- pakiet TCP: 07 D0 C0 B4 00 00 6B 08 E1 AF 95 19 50 10 04 00 7F B2 00 00, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=07D0 hex=2000 dec – port źródłowy w połączeniu TCP,
 - DSTPORT=C0B4 hex=49332 – port docelowy w połączeniu TCP,
 - SEQNUM= 00006B08 hex – aktualna liczba sekwencyjna serwera,
 - ACKNNUM=E1AF9519 hex = E1AF9514 hex (dotychczasowe) + 5 hex (wielkość danych przy HELLO) – nowa liczba potwierdzająca (jest „ważna”, gdyż jest ustawiona flaga ACK),
 - DATAOFS=5 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty: nie występuje pole OPTIONS,
 - FLAGS=010 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawiony ACK,
 - WINDOW=0400 hex=1024 dec,
 - CHECKSUM= 7FB2 hex – suma kontrolna,
 - URGENTPRT=0000 hex,
- Danych użytkowych nie ma.

Na co serwer odpowiedział potwierdzeniem z dołączonymi danymi.
Wygenerowany pakiet jest następujący:

```
00 18 7D 0A 6E 25 08 14 16 22 28 2D 08 00 45 00
00 2F 00 09 00 00 40 06 F8 F4 C0 A8 00 37 C0 A8
00 44 07 D0 C0 B4 00 00 6B 08 E1 AF 95 19 50 18
04 00 99 BF 00 00 2A 48 45 4C 4C 4F 2A
```

Zawiera:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że dalej jest pakiet TCP,
- pakiet TCP: `07 D0 C0 B4 00 00 6B 08 E1 AF 95 19 50 18 04 00 99 BF 00 00 2A 48 45 4C 4C 4F 2A`, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=`07D0` hex=2000 dec – port źródłowy w połączeniu TCP,
 - DSTPORT=`C0B4` hex=49332 – port docelowy w połączeniu TCP,
 - SEQNUM= `00006B08` hex – ostatnia liczba sekwencyjna serwera,
 - ACKNNUM=`E1AF9519` hex – aktualna liczba potwierdzająca,
 - DATAOFS=`5` hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty: nie występuje pole OPTIONS,
 - FLAGS=`018` hex – jednobitowe wskaźniki: ustawiony są PSH i ACK,
 - WINDOW=`0400` hex=1024 dec – LPC2378 mówi, że chce mieć okno o wielkości 1024 bajtów,
 - CHECKSUM= `9A86` hex – suma kontrolna,
 - URGENTPRT=`0000` hex,
- Dane użytkowe to: `2A 48 45 4C 4C 4F 2A` : napis: **HELLO**.

Po otrzymaniu danych od serwera, oprogramowanie klienta potwierdza otrzymane dane generując pakiet. Jest on następujący:

```
08 14 16 22 28 2D 00 18 7D 0A 6E 25 08 00 45 00
00 28 16 D1 40 00 80 06 00 00 C0 A8 00 44 C0 A8
00 37 C0 B4 07 D0 E1 AF 95 19 00 00 6B 0F 50 10
FA CE 81 E6 00 00
```

Zawiera on:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że dalej jest pakiet TCP,
- pakiet TCP: `C0 B4 07 D0 E1 AF 95 19 00 00 6B 0F 50 10 FA CE 81 E6 00 00`, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=`C0B4` hex=49332 – port źródłowy w połączeniu TCP,
 - DSTPORT=`07D0` hex=2000 dec – port docelowy w połączeniu TCP,
 - SEQNUM= `E1AF9519` hex – aktualna liczba sekwencyjna klienta,
 - ACKNNUM= `00006B0F` hex – nowa liczba potwierdzająca (dotychczasowa `6B08+7 [*HELLO*]=6B0F`),

- DATAOFS=5 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty: nie występuje pole OPTIONS,
- FLAGS=010 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawione są ACK,
- WINDOW= FACE hex,
- CHECKSUM= 81E6 hex – suma kontrolna,
- URGENTPRT=0000 hex,
- Danych użytkowych nie ma.

Kolejny pakiet to rozpoczęcie akcji zamknięcia połączenia, wygenerowany pakiet to:

```
08 14 16 22 28 2D 00 18 7D 0A 6E 25 08 00 45 00
00 28 16 D2 40 00 80 06 00 00 C0 A8 00 44 C0 A8
00 37 C0 B4 07 D0 E1 AF 95 19 00 00 6B 0F 50 11
FA CE 81 E6 00 00
```

Zawiera on:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że dalej jest pakiet TCP,
- pakiet TCP: C0 B4 07 D0 E1 AF 95 19 00 00 6B 0F 50 11 FA CE 81 E6 00 00, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=C0B4 hex=49332 – port źródłowy w połączeniu TCP,
 - DSTPORT=07D0 hex=2000 dec – port docelowy w połączeniu TCP,
 - SEQNUM= E1AF9519 hex – aktualna liczba sekwencyjna klienta,
 - ACKNNUM= 00006B0F hex – aktualna liczba potwierdzająca,
 - DATAOFS=5 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty: nie występuje pole OPTIONS,
 - FLAGS=011 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawione są FIN i ACK (rozpoczęcie procedury zamknięcia połączenie),
 - WINDOW= FACE hex,
 - CHECKSUM= 81E6 hex – suma kontrolna,
 - URGENTPRT=0000 hex,
- Danych użytkowych nie ma.

Na propozycję zamknięcia połączenia ze strony klienta, serwer wyraża na to zgodę, generując odpowiedni pakiet:

```
00 18 7D 0A 6E 25 08 14 16 22 28 2D 08 00 45 00
00 28 00 0A 00 00 40 06 F8 FA C0 A8 00 37 C0 A8
00 44 07 D0 C0 B4 00 00 6B 0F E1 AF 95 1A 50 11
04 00 7F A9 00 00
```

Zawiera:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że dalej jest pakiet TCP,
- pakiet TCP: 07 D0 C0 B4 00 00 6B 0F E1 AF 95 1A 50 11 04 00 7F A9 00 00, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=07D0 hex=2000 dec – port źródłowy w połączeniu TCP,
 - DSTPORT=C0B4 hex=49332 – port docelowy w połączeniu TCP,
 - SEQNUM= 00006B0F hex – ostatnia liczba sekwencyjna serwera,
 - ACKNNUM=E1AF951A hex – aktualna liczba potwierdzająca, jest to poprzednia wartość zwiększona o 1),
 - DATAOFS=5 hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty: nie występuje pole OPTIONS,
 - FLAGS=011 hex – jednobitowe wskaźniki: ustawiony są FIN i ACK,
 - WINDOW=0400 hex=1024 dec – LPC2378 mówi, że chce mieć okno o wielkości 1024 bajtów,
 - CHECKSUM= 7FA9 hex – suma kontrolna,
 - URGENTPRT=0000 hex,
- Danych użytkowych nie ma.

Dochodzi do konsensusu między stronami w połączeniu, klient wysyła akceptację:

```
08 14 16 22 28 2D 00 18 7D 0A 6E 25 08 00 45 00
00 28 16 D3 40 00 80 06 00 00 C0 A8 00 44 C0 A8
00 37 C0 B4 07 D0 E1 AF 95 1A 00 00 6B 10 50 10
FA CE 81 E6 00 00
```

Pakiet zawiera:

- nagłówek ethernetowy zawierający adresy MAC odbiorcy i nadawcy oraz informację o typie pakietu: IP,
- nagłówek pakietu IP, z którego wynika, że dalej jest pakiet TCP,

- pakiet TCP: **C0 B4 07 D0 E1 AF 95 1A 00 00 6B 10 50 10 FA CE 81 E6 00 00**, z którego wynika, że:
 - SRCPORT=**C0B4** hex=49332 – port źródłowy w połączeniu TCP,
 - DSTPORT=**07D0** hex=2000 dec – port docelowy w połączeniu TCP,
 - SEQNUM= **E1AF951A** hex – aktualna liczba sekwencyjna klienta,
 - ACKNNUM= **00006B10** hex – aktualna liczba potwierdzająca (dotychczasowa liczba zwiększona o 1),
 - DATAOFS=**5** hex – wielkość nagłówka wyrażona w słowach 32-bitowych: $5 * 4 = 04$ bajty: nie występuje pole OPTIONS,
 - FLAGS=**010** hex – jednobitowe wskaźniki: ustawione są ACK,
 - WINDOW= **FACE** hex,
 - CHECKSUM= **81E6** hex – suma kontrolna,
 - URGENTPRT=**0000** hex,
- Danych użytkowych nie ma.

Połączenie TCP jest zamknięte.