Komunikaty kontrolne i informacje o błędach — protokół ICMP

- w opisanym dotąd systemie każdy ruter działa niezależnie, nie komunikując się z nadawcą datagramu;
- mechanizm taki działa dobrze przy braku błędów; w przeciwnym razie potrzebna jest możliwość informowania nadawcy o sytuacjach szczególnych:
  - odbiorca jest nieosiągalny z danego rutera;
  - nie można wyznaczyć trasy do odbiorcy;
  - sieć jest przeciążona;
  - łącze wiodące do odbiorcy nie działa (lub jest on nieosiągalny z innego powodu);
  - czas życia datagramu spadł do zera.

Cechy charakterystyczne protokołu ICMP

- jest standardową częścią zestawu protokołów TCP/IP — musi być realizowany przez każdą poprawną implementację;
- służy do *powiadamiania* o błędach — nie obejmuje zagadnień związanych z korekcją błędów;
- komunikaty ICMP są kierowane do bezpośredniego nadawcy, zatem ICMP nie może służyć do przekazywania informacji sterujących między ruterami na ścieżce datagramu;
- komunikaty ICMP wędrują w polu danych datagramu, jednak są obsługiwane przez moduł niskiego poziomu;

- datagramy z komunikatami ICMP są przekazywane na takich samych zasadach, jak wszystkie inne datagramy, mogą więc ginąć bądź przyczyniać się do zwiększenia przeciążenia sieci (dlatego nie są generowane komunikaty ICMP o błędach w przesyłaniu komunikatów ICMP).

Zasadniczy format komunikatu ICMP

- **pole typu** (jeden oktet) — określa rodzaj komunikatu ICMP;
- **pole kodu** (jeden oktet) — podaje dodatkowe informacje na temat rodzaju komunikatu;
- **pole sumy kontrolnej** (dwa oktety) — wyliczane tak samo, jak w przypadku IP (ale tylko dla komunikatu ICMP);
- komunikaty o błędach zawierają zawsze nagłówek i początkowe 64 bity oryginalnego datagramu (protokoły wyższego poziomu umieszczają zasadnicze informacje identyfikacyjne w początkowych 64 bitach datagramu).

Typy komunikatów ICMP

typ	**znaczenie**
0	odpowiedź z echem
3	odbiorca nieosiągalny
4	tłumienie nadawcy
5	zmień trasowanie
8	prośba o echo
11	przekroczenie terminu
12	kłopot z parametrami datagramu
13	prośba o czas
14	odpowiedź z czasem
15	prośba o informację (przestarzałe)
16	odpowiedź z informacją (przestarzałe)
17	prośba o maskę adresową
18	odpowiedź z maską adresową

Prośba o echo, odpowiedź z echem

- służy do sprawdzenia, czy jest łączność z odbiorcą, czy odbiorca istnieje i czy odpowiada na komunikaty IP;
- format:
  - typ (8 lub 0), kod i suma kontrolna;
  - **identyfikator** (dwa oktety);
  - **numer kolejny** (dwa oktety);
  - **opcjonalne dane** (zmienna długość, wynika z długości datagramu).

Powiadamianie o nieosiągalności odbiorcy

- ruter, nie mogąc przekazać dalej datagramu (z jakiegobądź powodu) wysyła komunikat „odbiorca nieosiągalny”;
- format:
  - typ (3), kod (0–12) i suma kontrolna;
  - **nieużytek** (cztery oktety) — musi być zero;
  - **nagłówek i początkowe dane oryginalnego datagramu** (pole o zmiennej długości).

Odbiorca nieosiągalny — możliwe kody

kod	**znaczenie**
0	sieć nieosiągalna
1	węzeł nieosiągalny
2	protokół nieosiągalny
3	port nieosiągalny
4	konieczna fragmentacja
5	błąd trasy nadawcy
6	nieznana sieć odbiorcy
7	nieznany węzeł odbiorcy
8	węzeł nadawcy odizolowany
9	zakaz komunikacji z siecią odbiorcy
10	zakaz komunikacji z odbiorcą
11	sieć niedostępna dla tej usługi
12	węzeł niedostępny dla tej usługi

Kontrola przepływu

- służy powiadomieniu nadawcy o przeciążeniu nadsyłanymi przezeń datagramami; jest prośbą o zmniejszenie tempa ich wysyłania;
- zwykle rutery wysyłają jeden komunikat „tłumienie nadawcy” dla każdego datagramu, który gubią;
- format:
  – typ (4), kod (0) i suma kontrolna;
  – **nieużytek** (cztery oktety) — musi być zero;
  – **nagłówek i początkowe dane oryginalnego datagramu** (pole o zmiennej długości).

Prośby o zmianę trasy

- tablice tras są dość statyczne, jednak czasami następują w nich zmiany;
- zakłada się, że rutery zawsze znają właściwe trasy; węzły mają minimalną ilość informacji o trasach i polegają na „wiedzy” ruterów;
- komunikat „zmień trasowanie” służy ruterowi do powiadamiania zwykłego węzła o potrzebie zmiany jego tablicy tras;
- format:
  - typ (5), kod (0–3) i suma kontrolna;
  - **intersieciowy adres rutera** (cztery oktety) — podaje adres następnego etapu dla adresata, którego parametry są w dalszej części datagramu;
  - **nagłówek i początkowe dane oryginalnego datagramu** (pole o zmiennej długości).

Zmień trasowanie — możliwe kody

kod	**znaczenie**
0	zmień trasowanie do sieci (przestarzałe)
1	zmień trasowanie do węzła
2	zmień trasowanie do sieci przy danym typie obsługi
3	zmień trasowanie do węzła przy danym typie obsługi

Przekroczenie terminu

- jest wysyłany przy porzucaniu datagramu z powodu wyzerowania licznika czasu życia;
- najczęściej wiąże się z pętlą w trasowaniu;
- format:
  - typ (11), kod (0 lub 1) i suma kontrolna;
  - **nieużytek** (cztery oktety) — musi być zero;
  - **nagłówek i początkowe dane oryginalnego datagramu** (pole o zmiennej długości);
- kod:
  - **0** — wyczerpanie licznika czasu życia;
  - **1** — przekroczenie czasu na składanie fragmentów;

Komunikat „problem z parametrami”

- oznacza niepoprawność pola opcji IP lub inny nietypowy problem;
- jest wysyłany tylko, gdy błąd wymaga porzucenia datagramu;
- format:
  - typ (12), kod (0 lub 1) i suma kontrolna;
  - **wskaźnik** (jeden oktet);
  - **nieużytek** (trzy oktety) — musi być zero;
  - **nagłówek i początkowe dane oryginalnego datagramu** (pole o zmiennej długości);
- kod równy 1 oznacza brak jakiejś opcji;
- wskaźnik wskazuje miejsce w datagramie, gdzie wystąpił błąd (nie używane, gdy kod równy 1).

Komunikaty „prośba o czas" i „odpowiedź z czasem"

- pozwala na porównanie wartości zegarów; odbiorca komunikatu „prośba o czas" odsyła nadawcy komunikat „odpowiedź z czasem", podając swój lokalny czas;
- wszystkie czasy mierzone w milisekundach od północy czasu uniwersalnego (GMT);
- format:
  - typ (13 lub 14), kod (0) i suma kontrolna;
  - **identyfikator** (dwa oktety);
  - **numer kolejny** (dwa oktety);
  - **czas początkowy** (cztery oktety) — wypełnia nadawca prośby;
  - **czas otrzymania** (cztery oktety) — wypełnia odbiorca prośby;
  - **czas odesłania** (cztery oktety) — wypełnia odbiorca prośby.

Komunikaty „prośba o informację” i „odpowiedź z informacją”

- są przestarzałe, nie powinny być używane;
- służyły celom, którym obecnie służą protokoły RARP i BOOTP.

Komunikaty „prośba o maskę adresową” i „odpowiedź z maską adresową”

- służą do ustalania maski adresowej przy adresowaniu z wykorzystaniem podsieci;
- prośba może być wysłana wprost do rutera lub rozgłoszona;
- format:
  - typ (17 lub 18), kod (0) i suma kontrolna;
  - **identyfikator** (dwa oktety);
  - **numer kolejny** (dwa oktety);
  - **maska adresowa** (cztery oktety).