

12. Metody naprawiania błędów w systemach teleinformatycznych.

[Wstęp]

Komutacja pakietów – w telekomunikacji sposób transmisji danych polegający na dzieleniu strumienia danych na kawałki (**pakiety**), a następnie wysyłaniu ich za pomocą łączy komunikacyjnych pomiędzy **węzłami** sieci. Każdy pakiet podlega osobnemu trasowaniu – może podążać do celu ścieżką niezależną od wcześniejszych pakietów.

Efektem tego jest kilka cech komutacji pakietów:

- odporność na uszkodzenia sieci (uszkodzone urządzenia są po prostu omijane)
- możliwość **docierania pakietów w przypadkowej kolejności** (ze względu na różne ścieżki transmisji) **UWAGA: źródło błędów – stąd np. naprawianie**
- opóźnienia związane z buforowaniem pakietów w routerach
- duża przepustowość efektywna sieci
- Alternatywą dla komutacji pakietów jest **komutacja łączy**.

Przykłady sieci wykorzystujących komutację pakietów: **IPv4, IPv6**.

Model OSI opisuje drogę danych od aplikacji w systemie jednej stacji roboczej do aplikacji w systemie drugiej. Przed wysłaniem dane wraz z przekazywaniem do niższych warstw sieci zmieniają swój format, co nosi nazwę procesu kapsułkowania.

Cyclic Redundancy Check, CRC – jest to system sum kontrolnych wykorzystywany do wykrywania przypadkowych błędów pojawiających się podczas przesyłania i magazynowania danych binarnych.

Transmission Control Protocol (TCP) – połączeniowy, **niezawodny**, strumieniowy protokół komunikacyjny

UDP (User Datagram Protocol) - Jest to protokół bezpołączeniowy, więc nie ma narzutu na nawiązywanie połączenia i śledzenie sesji (w przeciwieństwie do TCP). Nie ma też mechanizmów kontroli przepływu i retransmisji.

Transmisja dwukierunkowa (dupleks, ang. duplex) to, w informatyce i telekomunikacji, określenie połączenia, w którym możliwe jest nadawanie i odbieranie informacji w obu kierunkach. Nadajnik i odbiornik mogą zamienić się funkcjami lub pełnią te funkcje jednocześnie. Wyróżnia się następujące typy duplexu:

- **dupleks** (ang. *full duplex*) - informacje przesyłane są w obu kierunkach jednocześnie, bez spadku transferu;
- **półdupleks** (ang. *half duplex* zwany też *semidupleksem* lub *połowicznym duplexem*) - słabsza wersja, w której przesyłanie i odbieranie informacji odbywa się naprzemiennie, powodując spadek transferu.

[Odpowiedź] [pamiętam że o tym Grzech mówił; rysował]

Do detekcji i korekcji pojedynczych błędów transmisji stosuje się blokowe sekwencje znaków kontrolnych. Powszechnie stosowaną korekcją jest sekwencja **BCC (Block Check Character)** przedstawiająca znak lub sekwencję znaków generowaną przez algorytm kontrolny przed wysłaniem wiadomości w łączy transmisji danych. Urządzenie odbiorcze porównuje odtworzoną sekwencję kontrolną z sekwencją odebraną, aby stwierdzić, czy wystąpiły błędy transmisji.

Przy korekcji CRC blok informacyjny traktuje się jako wielomian, który w nadajniku dzieli się modulo 2 przez wielomian **CRC**, zwykle szesnastego stopnia. Otrzymana reszta tworzy 16-bitową sekwencję kontrolną **FCS (Frame Check Sequence)** transmitowaną na końcu bloku. W odbiorniku odebrany blok informacyjny również dzieli się przez taki sam wielomian. Przez porównanie otrzymanej reszty z dzielenia z odebraną sekwencją kontrolną można stwierdzić wystąpienie błędu transmisji. Brak zgodności sekwencji wymusza przesłanie odpowiedniej informacji kanałem sprzężenia powrotnego i retransmisję błędnych bloków.

ARQ (Automatic Repeat reQuest), czyli automatyczne żądanie powtórzenia to metoda pozwalająca na **wykrywanie błędów** w transmisji danych połączona z **retransmisją** błędnych bloków. Działa ona w drugiej warstwie – **łącza danych**. Wykrywanie błędów odbywa się za pomocą kodów CRC (Cyclic Redundancy Check) oraz HEC (Header Control Check). Decyzja o retransmisji podejmowana jest na podstawie otrzymania, bądź nie potwierdzenia otrzymania ramki przez odbiornik.

Metoda ARQ wymaga, by transmisja odbywała się w full lub półduplesie, wspiera także broadcast i multicast. ARQ może wykorzystywać wiedzę o aktualnej możliwej maksymalnej szybkości transmisji czy o wartości transmitowanej mocy w sieci bezprzewodowej.

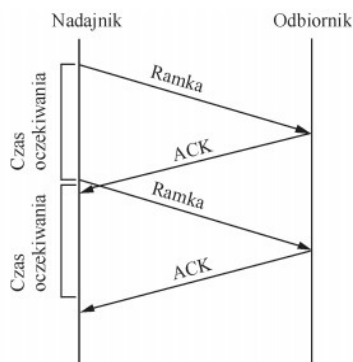
Algorytmy ARQ

Wyróżnia się dwie różne techniki retransmisji używanej przez protokół ARQ:

- Stój i czekaj (Stop-and-Wait)
- Przesuwne okno (Sliding-Window):
 - Wróć o N (Go-back-N)
 - Powtórzenia wybiórcze (Selective-reject)

Stój i czekaj

Stój i czekaj to najprostsza i zarazem najmniej wydajna technika retransmisji. Polega ona na tym, że po nadaniu ramki nadajnik czeka na potwierdzenie określonej ilości czasu, jeśli nie dostanie potwierdzenia od odbiornika lub dostanie je po upływie czasu oczekiwania retransmituje daną ramkę.



W pewnym przypadku, pokazanym na rysunku, może dojść do takiej sytuacji, że odbiornik uważa, że retransmitowana ramka jest już kolejną ramką, dlatego aby przeciwdziałać takim sytuacją wprowadzono jednobitowe pole zwane numerem sekwencyjnym.

Przesuwne okno

Metoda przesuwającego okna jest trudniejsza w implementacji niż technika Stój i Czekaj, jednak charakteryzuje się ona większą wydajnością. Przesuwne okno to określona liczba

ramek, jaką nadajnik jest w stanie wysłać bez wymaganego potwierdzenia każdej z nich. W ramach przykładu założmy, że rozmiar okna wynosi 6 – czyli nadajnik wysyła kolejno 6 ramek niezależnie od przychodzących, bądź nie potwierdzeń każdej z nich. Jednak, gdy nadajnik chce wysłać 7 ramkę musi dostać od odbiornika potwierdzenie przyjęcia ramki 1 – na tej zasadzie okno się przesuwa. Tutaj również wyróżnia się czas oczekiwania na potwierdzenie.

W przypadku, gdy ramka nie doszła do odbiornika, a więc nadajnik nie otrzymał potwierdzenia następują retransmisja, która odbywać się może wg poniższych schematów:

- Wróć o N
- Powtórzenie wybiórcze

Wróć o N (to i dalsze bym odpuszcil)

Dla przykładu przesuwne okna ma szerokość 7 ramek, następna oczekiwana ramka posiada numer 5, jednak odbiornik otrzymał ramkę 6. Odbiornik może nic nie robić i nadal oczekiwać ramki 5 lub nadać jeszcze raz potwierdzenie dostarczenia ramki 4 (wskazówka dla nadajnika, że musi przesłać ramkę 5).

Nadajnik nie otrzymuje potwierdzenia ramki 5, więc wraca o N ramek (zależy od czasu oczekiwania, maksymalnie o 6) i retransmituje ramkę 5 i kolejne, także te, które wcześniej zostały przesłane i odebrane poprawnie przez odbiornik.

Powtórzenie wybiórcze

W przypadku potwierdzenia wybiórczego odbiornik posiada bufor, w którym przechowa kolejne odebrane ramki (w przypadku przedstawionym na rysunku, będą to ramki 6 i 7). Nadajnik nie otrzymuje potwierdzenia ramki 5, więc cofa się i retransmituje jedynie tę ramkę. Ta metoda jest najbardziej wydajna – minimalizacja retransmisji.

Efektywność systemu

Z punktu widzenia użytkownika, jakość systemu ARQ charakteryzuje parametr zwany efektywnością lub sprawnością systemu. Liczony jest on, jako stosunek maksymalnej przepustowości kanału do szybkości bitowej danych płynących ze źródła.

W ogólnym przypadku najmniej wydajną metodą jest Stój i czekaj, dużo lepiej radzi sobie metoda Przesuwne Okna, jednak tutaj także widać wyraźną różnicę pomiędzy algorytmem Wróć o N, który jest mniej wydajny od Powtarzania Wybiórczego.

PLUS TO (dodatkowo) : jako inny poziom – wyższy – co robia warstwy osi

W modelu OSI najniższe warstwy odpowiadają za bezbłędne przesyłanie danych:

- **Warstwa 4 (transportowa)** - w przypadku TCP odrzucone segmenty są przesyłane ponownie, w UDP tylko odrzucane.
- **Warstwa 3 (sieciowa)** - jako jedyna dysponuje wiedzą dotyczącą fizycznej topologii sieci.

Rozpoznaje, jakie drogi łączą poszczególne komputery (trasowanie) i decyduje, ile informacji należy przesłać jednym z połączeń, a ile innym. Jeżeli danych do przesłania jest zbyt wiele, to warstwa sieciowa po prostu je ignoruje. Nie musi zapewniać pewności transmisji, więc w razie błędu pomija niepoprawne pakiety danych.

- **Warstwa 2 (łącza danych)** - ma możliwość zmiany parametrów pracy warstwy fizycznej, tak aby obniżyć liczbę pojawiających się podczas przekazu błędów. Zajmuje się pakowaniem danych w ramki i wysyłaniem do warstwy fizycznej. Rozpoznaje błędy związane z niedotarciem pakietu oraz uszkodzeniem ramek i zajmuje się ich naprawą.