



Sterowanie ruchem w sieciach telekomunikacyjnych

dr inż. Piotr ŁUBKOWSKI

Tel.: 261-837-897

E-mail: piotr.lubkowski@wat.edu.pl



Treść programu

- *Usługi telekomunikacyjne, kontrakt na usługę, koncepcja i miary jakości usług*
- *Ruch telekomunikacyjny i jego miary. Źródła ruchu i ich charakterystyka*
- *Inżynieria ruchu telekomunikacyjnego. Zadania sterowania ruchem. Metody wyznaczania optymalnych tras w sieciach. K1*
- *Przepustowość sieci telekomunikacyjnej. Metody oceny przepustowości sieci. Alokacja zasobów.*
- *Mechanizmy sterowania ruchem w sieci. Sterowanie przyjmowaniem zgłoszeń. Szeregowanie pakietów.*
- *Sterowanie przepływem w sieci.*
- *Przeciążenia w sieciach. Metody zapobiegania przeciążeniom w sieciach.*
- *Monitorowanie stanu sieci. Pomiary jakości usług w sieci. K2*

Rozliczenie godzinowe

Wykłady 16 godz.

Seminaria 3x2 godz.

- ✓ przepustowość sieci dwubiegunowej
- ✓ wyznaczanie najkrótszych dróg w sieci
- ✓ zapobieganie przeciążeniom w sieci

Laboratorium 2x4 godz.

- ✓ pomiary jakości usług w sieci
- ✓ badanie mechanizmów sterowania ruchem

Razem 30 godz.

Warunki konieczne do uzyskania zaliczenia:

- ✓ uzyskanie pozytywnych ocen z kolokwii sprawdzających stopień opanowania przez studentów tematyki omawianej na wykładach
- ✓ uzyskanie pozytywnych ocen z laboratoriów
- ✓ uzyskanie pozytywnych ocen z seminariów

Bibliografia

Obowiązkowa:

- ➡ *A.Grzech: Sterowanie ruchem w sieciach teleinformatycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002
- ➡ *M.Stasiak: „Podstawy inżynierii ruchu i wymiarowania sieci teleinformatycznych”*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2009
- ➡ *B.V.Iversen: „Teletraffic Engineering and Network Planning”*, Technical University of Denmark, 2010
- ➡ *B.Korzan: Grafy, hipergrafy i sieci*, WAT, 1980
- ➡ *Z.Pencak: „Inżynieria sieci telekomunikacyjnych”*, WSISiZ, 2001

Dodatkowa:

- ➡ *M.Stasiak i inni, Modelowanie i wymiarowanie ruchomych sieci bezprzewodowych*, WKŁ, 2009
- ➡ *Z.Papir, Ruch telekomunikacyjny i przeciążenia sieci pakietowych*, Politechnika Poznańska, 2005
- ➡ *N.Deo: „Teoria grafów i jej zastosowania w technice i informatyce”*, PWN, 1980



Sterowanie ruchem w sieciach telekomunikacyjnych

Usługa telekomunikacyjna

Usługa telekomunikacyjna

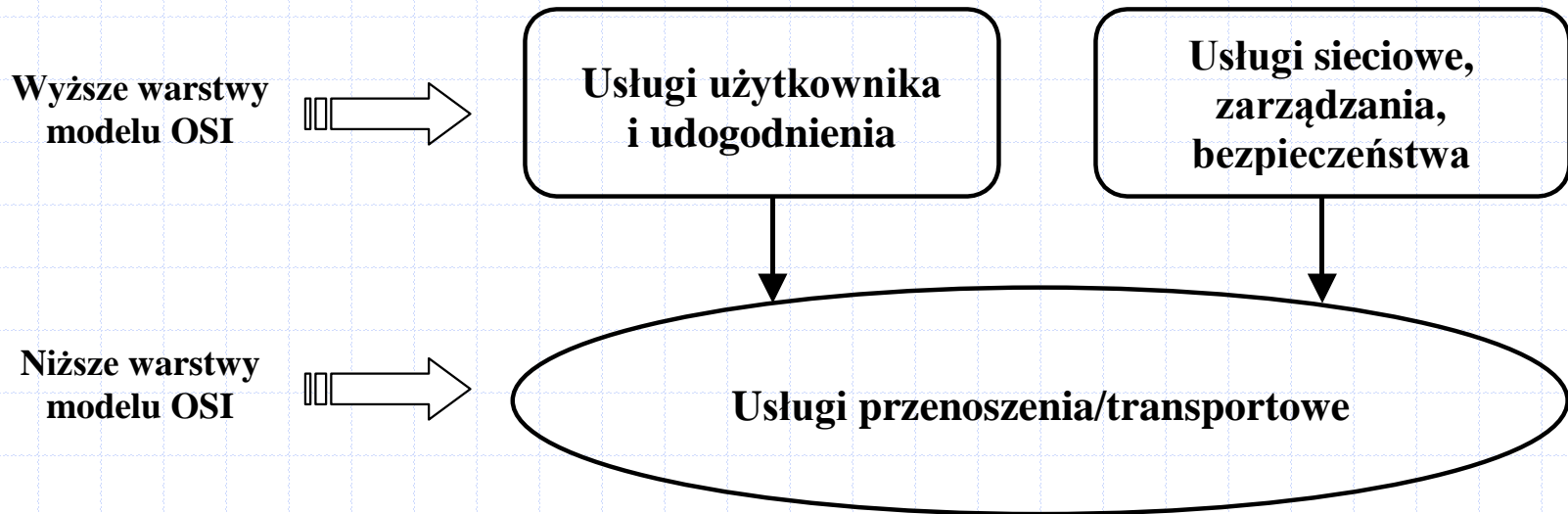
USŁUGA

*„Zbiór funkcji oferowanych użytkownikowi przez organizację”
PN-93/N-50191 [eqv IEC 50(191) – 1990]*

USŁUGA TELEKOMUNIKACYJNA

„Zdolność wymiany informacji poprzez medium telekomunikacyjne oferowana użytkownikowi przez dostawcę usługi” IEEE Communications Magazine, March 2003

Klasyfikacja usług telekomunikacyjnych



Usługi telekomunikacyjne

- Usługi użytkownika
 - *telefonía (VoIP)*
 - *wymiana danych*
 - *transfer plików*
 - *poczta elektroniczna*
 - *obrazy ruchome (wideo)*
 - *obrazy nieruchome*
 - *usługi www*
 -
 -

Usługi telekomunikacyjne

➤ Udogodnienia

- *priorytet/uprzywilejowanie*
- *zamknięta grupa użytkowników*
- *wywołanie konferencyjne*
- *identyfikacja abonenta wywołującego*
- *ograniczenie połączeń*
-
-

➤ Usługi przenoszenia

- *N kbit/s ($N < 64$)*
- *$N*64$ kbit/s ($N \geq 1$)*
- *Premium Constant Bit Rate*
- *Non Real Time*
-
-

Inne usługi

➤ Usługi sieciowe

- *marszrutyzacja*
- *sygnalizacja*
- *usługi katalogowe*
-
-

➤ Usługi zarządzania

- *zarządzanie siecią*
- *planowanie sieci*
-
-

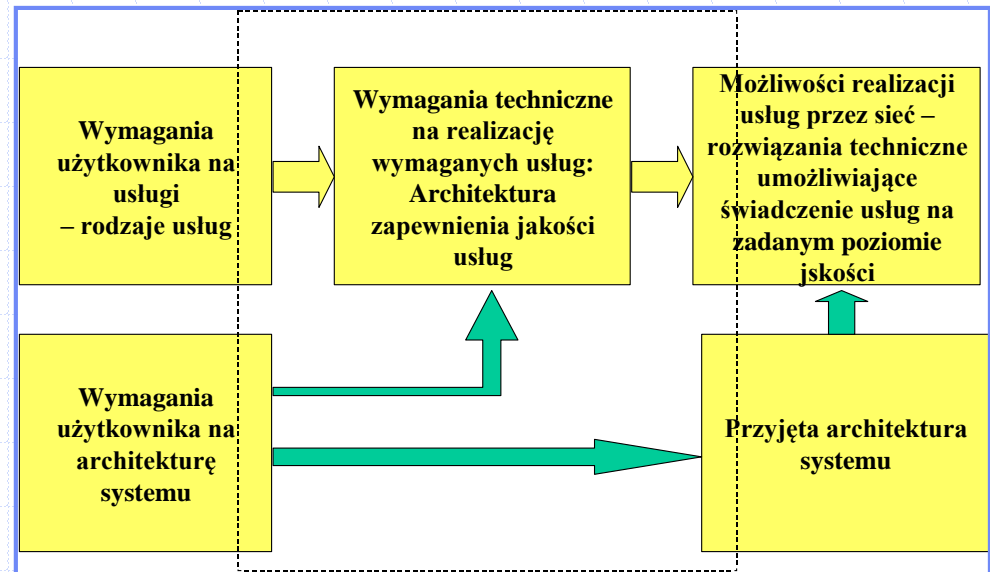
➤ Usługi bezpieczeństwa

- *autoryzacja*
- *uwierzytelnienie*
- *szyfrowanie*
- *dystribucja kluczy*
-
-

Usługi w sieciach telekomunikacyjnych

Wzrost dostępności Internetu, oraz wprowadzanie coraz bardziej wydajnych i zaawansowanych technologii transmisji danych sprawia, że coraz większa liczba użytkowników indywidualnych i instytucjonalnych wymaga realizacji abonowanych usług z określonym poziomem jakości.

Zagwarantowanie należytego poziomu jakości wymaga od operatora telekomunikacyjnego zaangażowania sił i środków niezbędnych do zaspokojenia potrzeb użytkownika wyrażanych w postaci jego oczekiwań jakościowych, które charakteryzowane są za pomocą zbioru parametrów QoS (Quality of Service) opisujących określoną usługę.

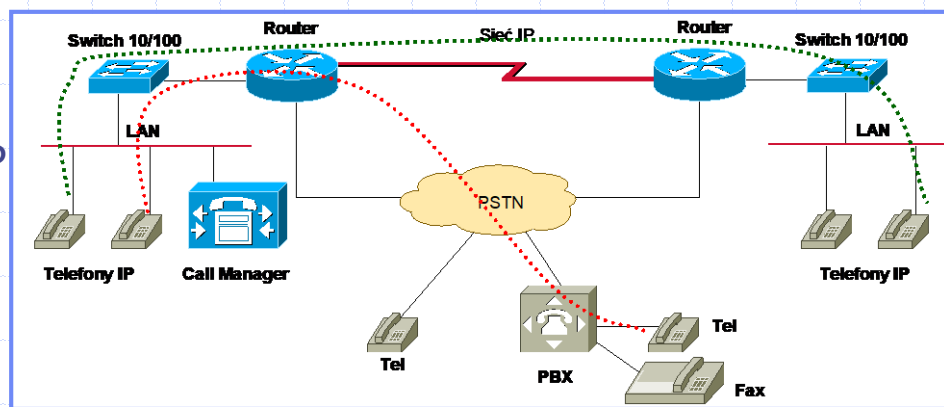
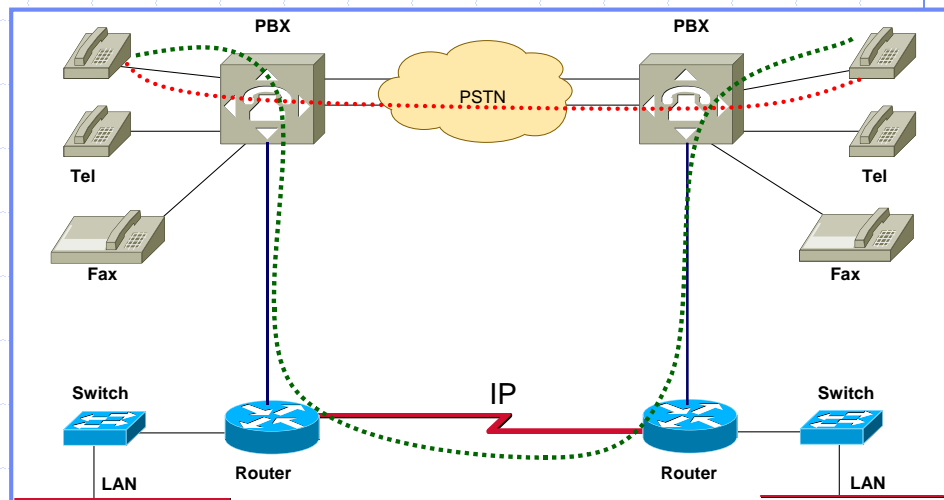


Usługa VoIP

Usługa VoIP (Voice over IP) stanowi usługę sieci teleinformatycznej umożliwiającą komunikację głosową z wykorzystaniem sieci komputerowej. Usługa ta zapewnia równoczesny transfer danych z wykorzystaniem tej samej sieci, co w przypadku tradycyjnej telefonii wymaga zajęcia dwóch różnych łączy telekomunikacyjnych.

Ideą telefonii IP jest komutacja pakietów, przy której transmisja mowy, jak i danych odbywa się z wykorzystaniem pakietów IP przesyłanych we wspólnym medium transmisyjnym.

Usługa transmisji mowy jest najbardziej wymagającą pod względem parametrów jakościowych.



Usługi poczty elektronicznej

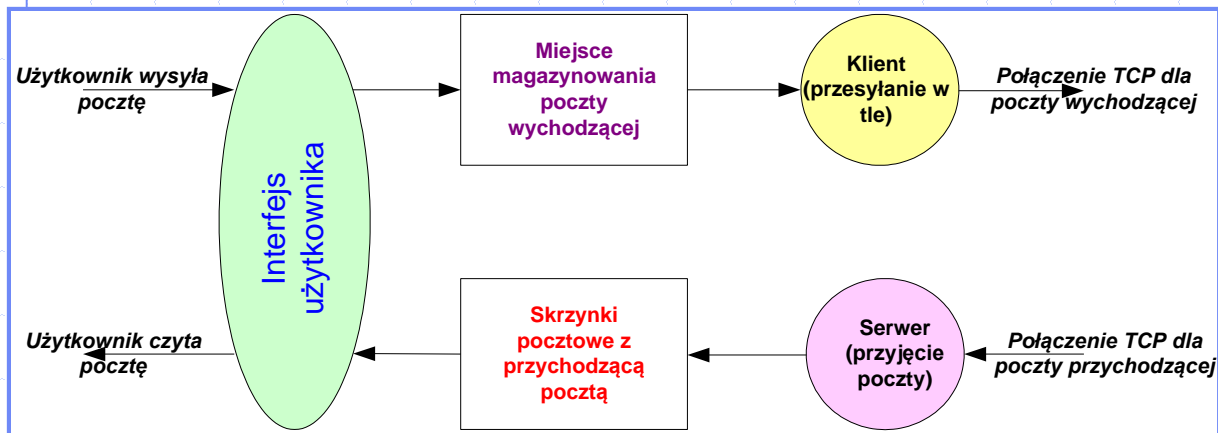
Poczta elektroniczna (electronic mail - E-mail) to jedna z usług internetowych, w prawie zwanych usługami świadczonymi drogą elektroniczną, służąca do przesyłania wiadomości tekstowych (listów elektronicznych).

W większości instytucji jest najczęściej wykorzystywaną usługą internetową, szczególnie w zakresie wymiany informacji z klientami i partnerami i innymi uczestnikami procesu wymiany informacji.

Usługa ta różni się w znaczny sposób od typowych usług teleinformatycznych z tego względu, że zakłada opóźnienie w przesyłaniu informacji.

Opóźnienie spowodowane jest stosowaniem techniki magazynowania (spooling), która umożliwia dostarczenie wiadomości do użytkowników w sytuacji, gdy lokalne urządzenia odbiorcze pozostają niedostępne.

Usługi poczty elektronicznej



Model usługi poczty elektronicznej

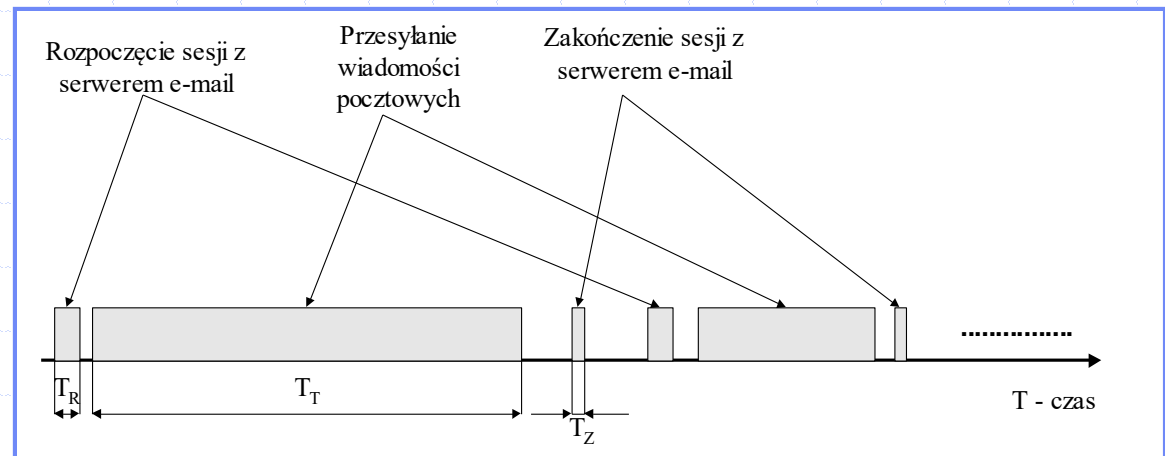
Strumień informacyjny generowany przez usługę e-mail

Gdzie:

TR – czas nawiązywania sesji pomiędzy klientem a serwerem pocztowym,

TT – czas przesyłania wiadomości pocztowych,

TZ – czas zakończenia sesji.



Usługi HTTP

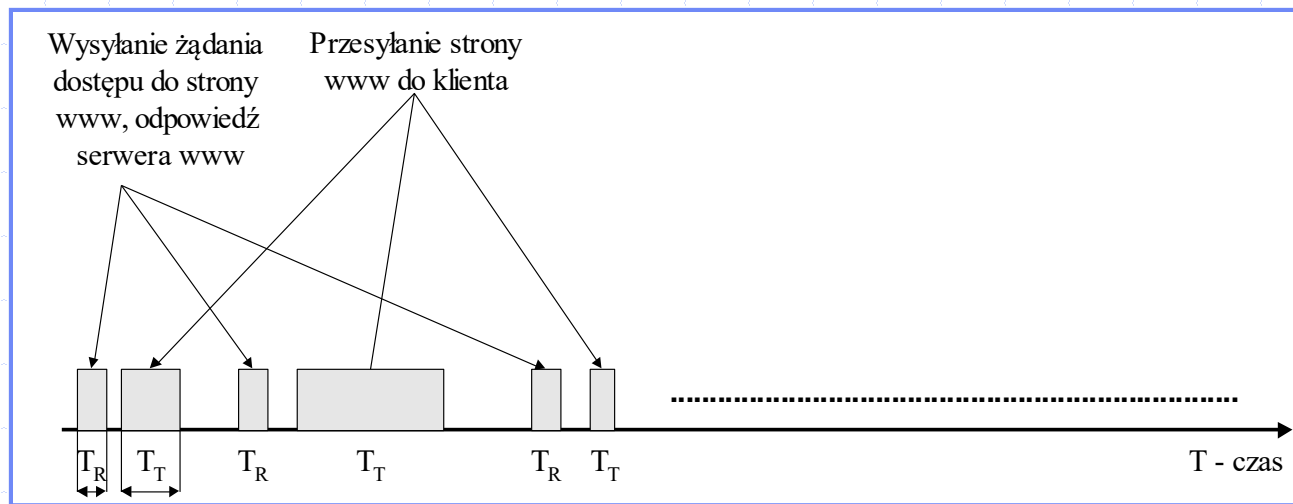
Protokół HTTP należy do najbardziej popularnych protokołów sieci Internet wspierając działanie usługi WWW (World Wide Web).

HTTP stwarza klientom możliwość uzyskania dostępu do serwerów zawierających strony WWW tworzone z wykorzystaniem języka HTML (HyperText Markup Language).

Strona WEB identyfikowana jest jednoznacznie przez swój adres HTTP określany także mianem URL (Uniform Resource Locator).

Wiadomości HTTP korzystają z formatu podobnego do stosowanego w wiadomościach poczty elektronicznej.

Usługi HTTP



Strumień informacyjny usługi WWW

Gdzie:

T_R – czas negocjacji z serwerem www, wielkość stała (przy założeniu, że nie uwzględnia się np. obciążenia łącza i przyjmując, że w procesie negocjacji sesji przesyłane są stałej wielkości pakiety TCP/IP). W trakcie procesu nawiązywania sesji przesyłane są 3 pakiety TCP/IP o wielkości około 40 bajtów każdy.

T_T – czas przesyłania strony www do klienta, wielkość losowa (ze względu na fakt różnej wielkości strony WWW).

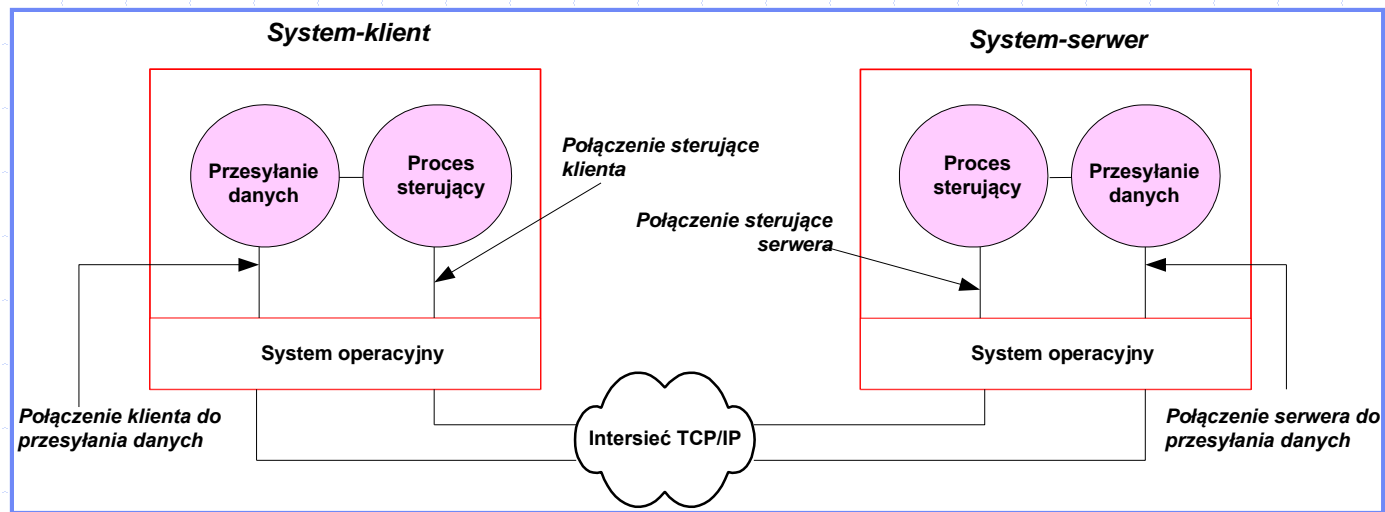
Usługi FTP

Przesyłanie plików jest jedną z najczęściej używanych usług i odpowiada za większość ruchu w sieci.

Standardowo usługa ta wykorzystuje protokół FTP, który funkcjonuje wspólnie z protokołem TCP/IP.

Usługę charakteryzuje wykorzystywanie dwóch rodzajów połączeń: połączenia sterującego od klienta i połączenia do przesyłania danych.

Usługi FTP



Model usługi FTP

Usługi FTP

Strumień informacyjny generowany przez usługę FTP

Gdzie:

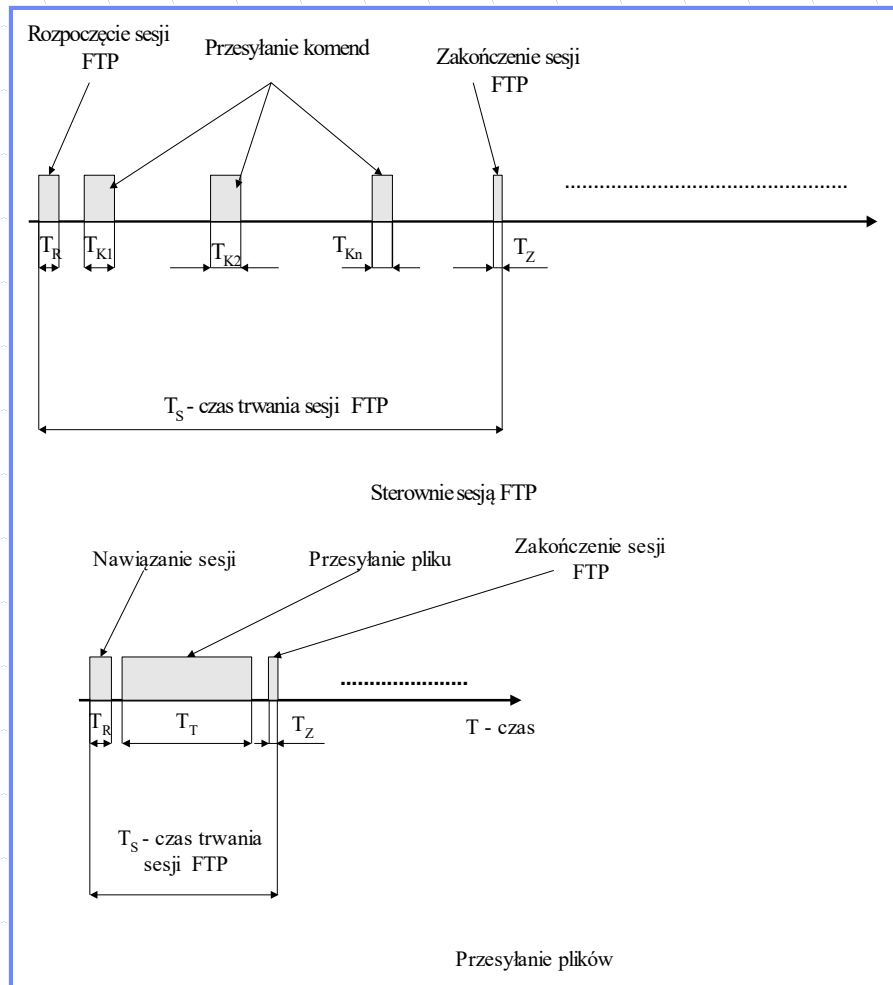
TS – czas trwania sesji, wielkość losowa.

TR – czas nawiązywania sesji FTP, wielkość stała (przy założeniu, że nie uwzględnia się np. obciążenia łącza i przyjmując, że w procesie negocjacji sesji przesyłane są stałej wielkości segmenty TCP/IP). W trakcie procesu nawiązywania sesji przesyłane są 3 pakiety TCP/IP o wielkości około 40 bajtów każdy.

TK – czas przesyłania kolejnych poleceń.

TZ – czas zakończenia sesji FTP, wielkość stała (przy założeniach podobnych jak w TR). W trakcie zakończenia sesji przesyłany jest jeden pakiet TCP/IP o wielkości około 40 bajtów.

TT – czas przesyłania plików.



Kontrakt użytkownik – dostawca usługi

Service Level Agreement (ITU)

„negocjowane porozumienie pomiędzy klientem a dostawcą usługi dotyczące poziomu świadczonych usług i ich miar”

Zawartość SLA

- ✓ *klasa usługi (CoS) i wartości gwarantowanych parametrów QoS;*
- ✓ *dostępność usługi;*
- ✓ *zakres obsługi technicznej;*
- ✓ *zasady taryfikacji opłat*

Service Level Specification (ITU)

„zbiór parametrów i ich wartości definiujących poziom świadczonych usług”

TCA/TCS

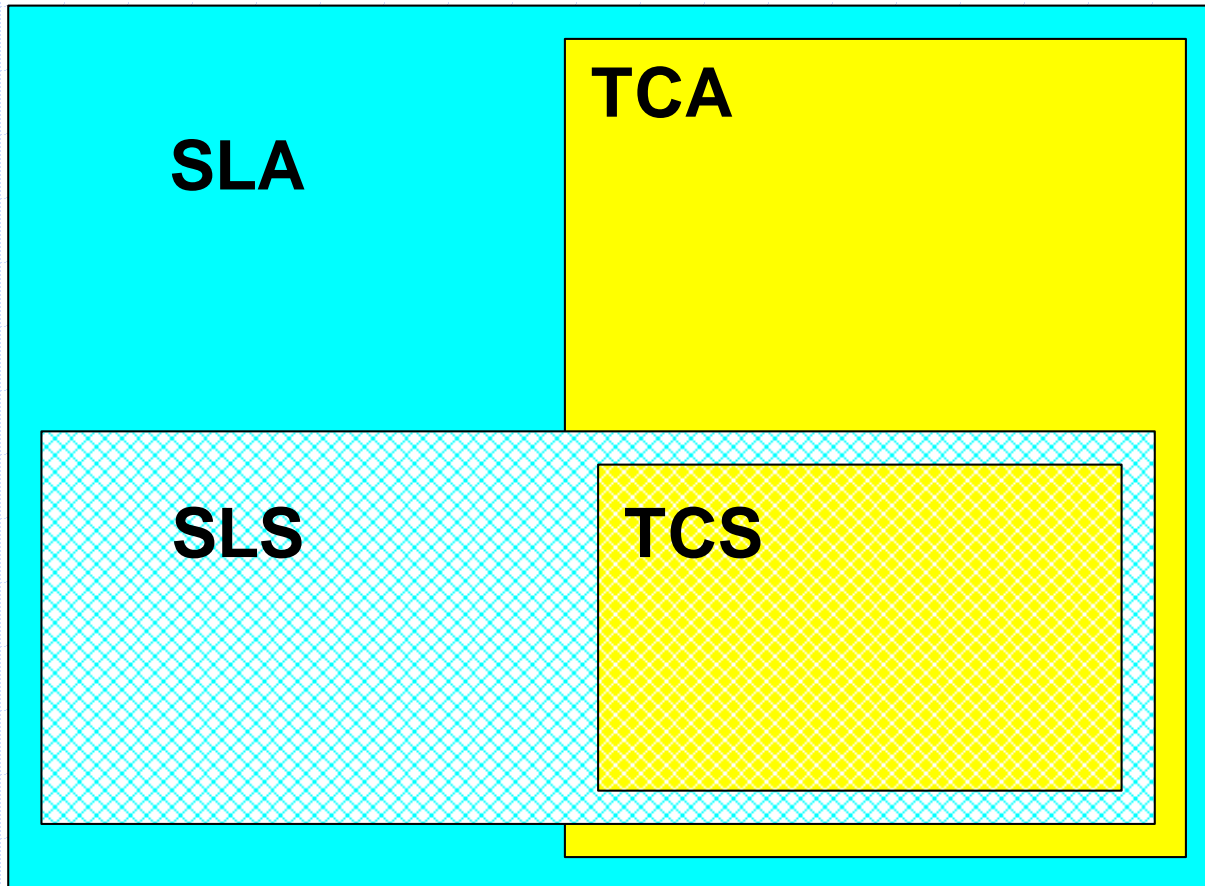
Traffic Conditioning Agreement (ITU)

„porozumienie wyznaczające reguły klasyfikacji jednostek danych i profili ruchu (chwilowych właściwości strumieni ruchu)”

Traffic Conditioning Specification (ITU)

„zbiór parametrów i ich wartości które – sposób nie budzący wątpliwości – wyznaczają reguły klasyfikacji jednostek danych i profili ruchu”

SLS/SLA/TCA/TCS



Jakość usług - definicje

„Ogół cech i właściwości wyrobu lub usługi, decydujących o zdolności wyrobu lub usługi do zaspokojenia stwierdzonych lub przewidywanych potrzeb”

ISO 8402

„Zespół właściwości usługi, określający stopień zaspokojenia określonych potrzeb użytkownika”

PN 93/N-50191

Ogólny model QoS

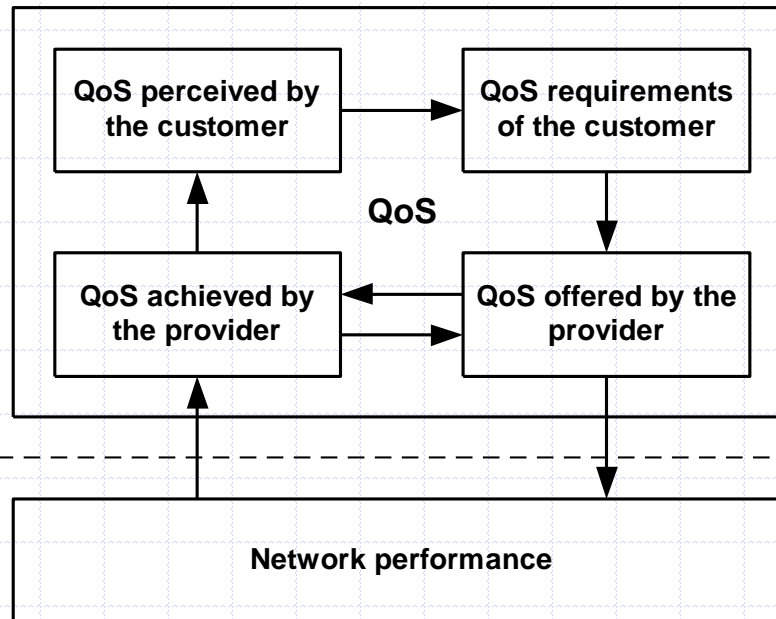
ITU/ETSI Approach

IETF Approach

Assessed QoS

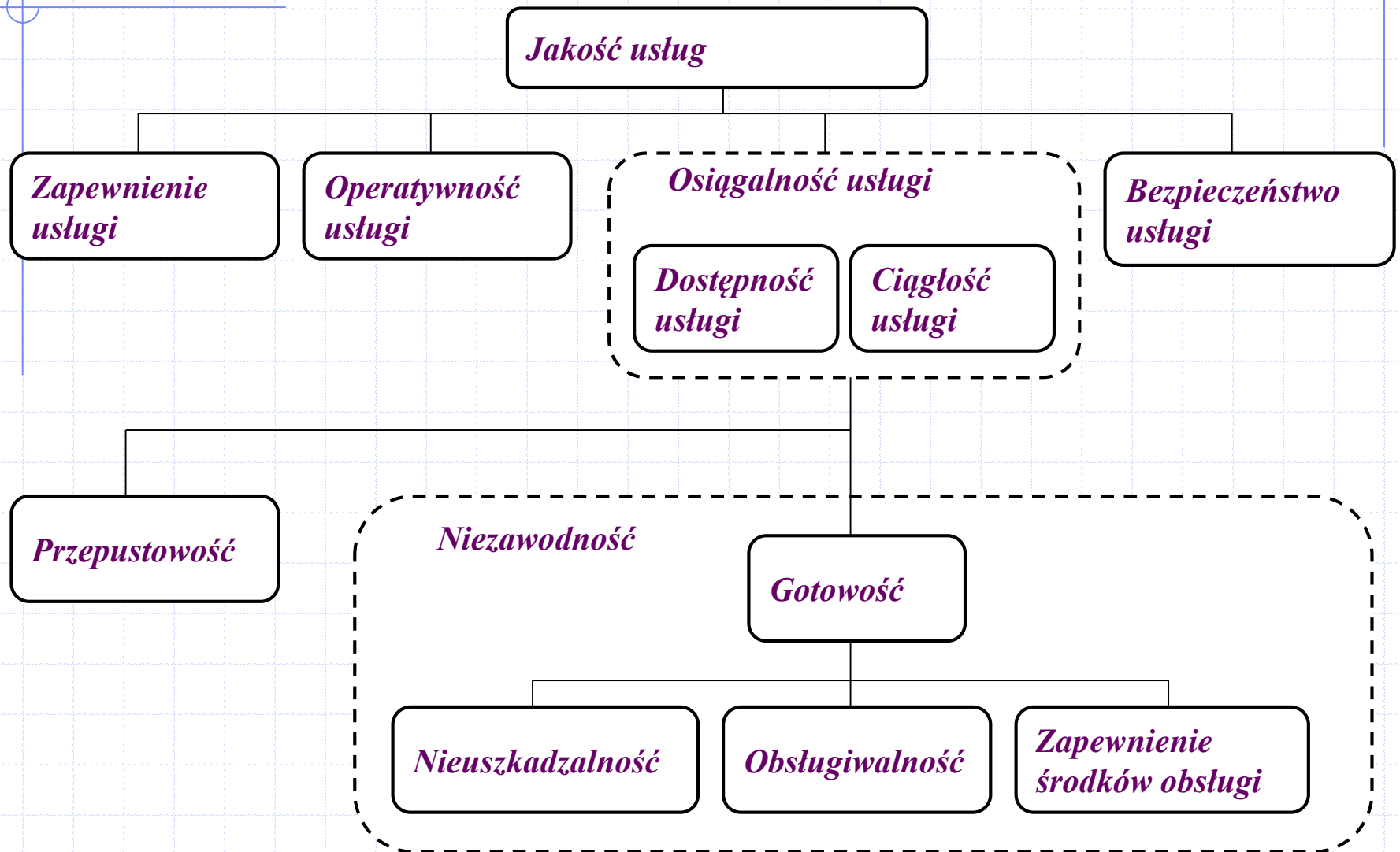
Perceived QoS

Intrinsic QoS



Quality of Service

Miary jakości usług



Miary obserwowanej QoS

- **zapewnienie usługi (service support)**
„zdolność organizacji do dostarczenia usługi i pomocy w jej wykorzystaniu”
- **operatywność usługi (service operability)**
„stopień przystosowania usługi do łatwego i satysfakcjonującego korzystania z niej przez użytkownika”
- **osiągalność usługi (service servability)**
„możliwość uzyskania na życzenie użytkownika usługi w określonym zakresie i w określonych warunkach oraz kontynuowanie jej przez wymagany okres”
 - ✓ **dostępność usługi (service accessibility)**
 - ✓ **ciągłość usługi (service retainability)**
- **bezpieczeństwo usługi (service security)**
„możliwość uzyskania określonego poziomu ochrony przed nieautoryzowanym monitorowaniem, fałszywym użyciem i innymi negatywnymi oddziaływaniami”

Miary wewnętrznej QoS

- **czas ustanowienia połączenia (*setup connection delay*)**
„długość przedziału czasu upływającego od chwili wysłania wiadomości z żądaniem ustanowienia połączenia do chwili otrzymania potwierdzenia połączenia”
- **czas rozłączania połączenia (*connection release delay*)**
„długość przedziału czasu upływającego pomiędzy chwilą generacji żądania rozłączenia połączenia i chwilą otrzymania potwierdzenia rozłączenia”
- **prawdopodobieństwo blokady żądań połączeń (*blocking probability*)**
„iloraz liczby nie ustanowionych połączeń i wszystkich żądań ich ustanowienia w dostatecznie długim przedziale czasu”
- **czas odpowiedzi aplikacji (*application response time*)**
„długość przedziału czasu upływającego pomiędzy chwilą generacji żądania usługi do chwili jej całkowitego zaspokojenia”

Miary wewnętrznej QoS

➤ stopa błędów (*bit error ratio*)

„wartość średnia ilorazu liczby błędów elementarnych w polu informacyjnym jednostki danych i całkowitej liczby bitów w nim transmitowanym”

➤ szybkość bitowa (*bit rate*)

„szybkość transferu danych dostępna dla usługi lub możliwa do uzyskania przepływność wyrażona w bit/s”

➤ opóźnienie transferu jednostek danych (*transfer delay*)

„przedział czasu, którego długość jest różnicą czasu pomiędzy chwilą wypływu pierwszego bitu jednostki danych z punktu początkowego i chwilą napływu ostatniego bitu jednostki danych do punktu końcowego”

- ✓ Opóźnienie kodowania
- ✓ Opóźnienie pakietyzacji
- ✓ Opóźnienie propagacji
- ✓ Opóźnienie transmisji
- ✓ Opóźnienie kolejkowania
- ✓ Opóźnienie przetwarzania
- ✓ Opóźnienie odtwarzania

Miary wewnętrznej QoS

➤ zmienność opóźnienia (*jitter*)

- ✓ *wariancja opóźnienia jednostek danych*

$$j_k = E\{(z_k - E[z_k])^2\}; \quad z_k - \text{całkowite opóźnienie } k\text{-tej jednostki danych}$$

- ✓ *średnie odchylenie opóźnienia jednostek danych*

$$j_{sr,k} = P\{z_k - E[z_k] > z\}$$

- ✓ *prawdopodobieństwo zdarzenia, że opóźnienie całkowite kolejnych jednostek danych nie są większe od zadanej wartości*

$$j_{k,k+1} = P\{(z_k - z_{k+1}) > z\}$$

- ✓ *maksymalna różnica pomiędzy całkowitymi opóźnieniami jednostek danych*

$$j_{\max} = \max_{k,l=1,2,\dots, k \neq l} (z_k - z_l)$$

- ✓ *jitter wg. IETF (RFC 3550)*

$$j_k = j_{k-1} + (|D_{k-1,k}| - j_{k-1})/16; \quad D_{k-1,k} = (R_k - S_k) - (R_{k-1} - S_{k-1})$$

R_k – chwila napływu ostatniego bitu k -tej jednostki danych

S_k – chwila wypływu pierwszego bitu k -tej jednostki danych

➤ współczynnik strat jednostki danych (*loss ratio*)

„wartość średnia ilorazu liczby jednostek danych traconych w sieci i liczby wszystkich jednostek danych wysyłanych przez źródło”

Przykładowe wartości parametrów QoS

CoS	BASIC E-T-E SERVICE CLASS	QoS OBJECTIVES		
		IPLR	MEAN IPTD	IPDV
CTRL	NETWORK CONTROL	10^{-3}	100 ms	50 ms
RT	TELEPHONY	10^{-3}	100 ms	50 ms
	RT INTERACTIVE	10^{-3}	100 ms	50 ms
NRT	MM STREAMING	10^{-3}	1 s	U
	HIGH THROUGHPUT DATA	10^{-3}	1 s	U
BEST EFFORT	STANDARD	U	U	U

Charakterystyki wydajnościowe usług teleinformatycznych

Wartości QoS dla usług audio i wideo

RODZAJ SYGNAŁU	Usługa	Symetria	Szybkość transmisji	Parametry wydajnościowe			
				Opóźnienie jednokierunkowe (od końca do końca)	Wariancja opóźnień (uwaga 2)	Straty informacji	Inne
Audio	Konwersacja głosowa	Dwukierunkowa	4 – 64 kbit/s	Preferowane < 150 ms (uwaga 1) Graniczne < 400 ms (uwaga 1)	< 1 ms	Współczynnik strat pakietów (PLR) < 3 %	
Audio	Wiadomości głosowej	Głównie jednokierunkowa	4 – 32 kbit/s	< 1 s dla odtwarzania < 2 s dla nagrywania	< 1 ms	PLR < 3%	
Audio	Strumieniowanie audio o wysokiej jakości	Głównie jednokierunkowa	16 – 128 kbit/s (uwaga 3)	< 10 s	<< 1 ms	PLR < 1%	
Wideo	Wideopołączenie	Dwukierunkowa	16 – 384 kbit/s	Preferowane < 150 ms (uwaga 4) Graniczne < 400 ms		PLR < 1%	Synch. < 80 ms
Wideo	Strumieniowanie	Jednokierunkowa	16 – 384 kbit/s	< 10 s		PLR < 1%	

Uwaga 1: przy zastosowaniu układów kasowania echa.

Uwaga 2: dokładne wartości zależą od zastosowanego kodeka, lecz zakłada się zastosowanie algorytmów kompensacji strat pakietów.

Uwaga 3: jakość zależna od typu kodeka i szybkości bitowej.

Uwaga 4: wartości dotyczą obserwacji w wystarczająco długim okresie.

Charakterystyki wydajnościowe usług teleinformatycznych

Wartości QoS dla wybranych usług transmisji danych

Rodzaj sygnału	Usługa	Symetria	Typowy rozmiar danych	Parametry wydajnościowe		
				Opóźnienie jednokierunkowe	Wariancja opóźnień	Straty informacji
Dane	WWW	Głównie jednokier.	~10 KB	Prefeowane < 2 s/stronę Akceptowane < 4 s/stronę	-	0
Dane	FTP	Jednokier.	10 KB – 10 MB	Prefeowane < 15 s Akceptowane < 60 s	-	0
Dane	E-commerce	Dwukier.	< 10 KB	Prefeowane < 2 s Akceptowane < 4 s	-	0
Dane	Sterowanie	Dwukier.	~1 KB	< 250 ms	-	0
Dane	Obrazy nieruchome	Jednokier.	< 100 KB	Prefeowane < 15 s Akceptowane < 60 s	-	0
Dane	Telnet	Dwukier. (asym.)	< 1 KB	< 200 ms	-	0
Dane	E-mail (dostęp do serwera)	Głównie jednokier.	< 10 KB	Prefeowane < 2 s Akceptowane < 4 s	-	0
Dane	E-mail (transfer między serwerami)	Głównie jednokier.	< 10 KB	Do kilku minut	-	0
Dane	Faks ("real-time")	Głównie jednokier.	~10 KB	< 30 s/stronę	-	< 10 ⁻⁶ BER
Dane	Faks (zapamiętaj i wyślij)	Głównie jednokier.	~10 KB	Do kilku minut	-	< 10 ⁻⁶ BER



Dziękuję za uwagę!