

Tomasz Kacprzak

# **Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne**

## **Analiza ruchu i protokoły komunikacyjne**

---

Zadanie nr 30 – Dostosowanie kierunku Elektronika i Telekomunikacja  
do potrzeb rynku pracy i gospodarki opartej na wiedzy



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna  
współfinansowana przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego  
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń  
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –  
zarządzanie Uczelnią,  
nowoczesna oferta edukacyjna  
i wzmacniania zdolności do zatrudniania  
osób niepełnosprawnych”*



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,  
tel. 042 631 28 83  
[www.kapitalludzki.p.lodz.pl](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)



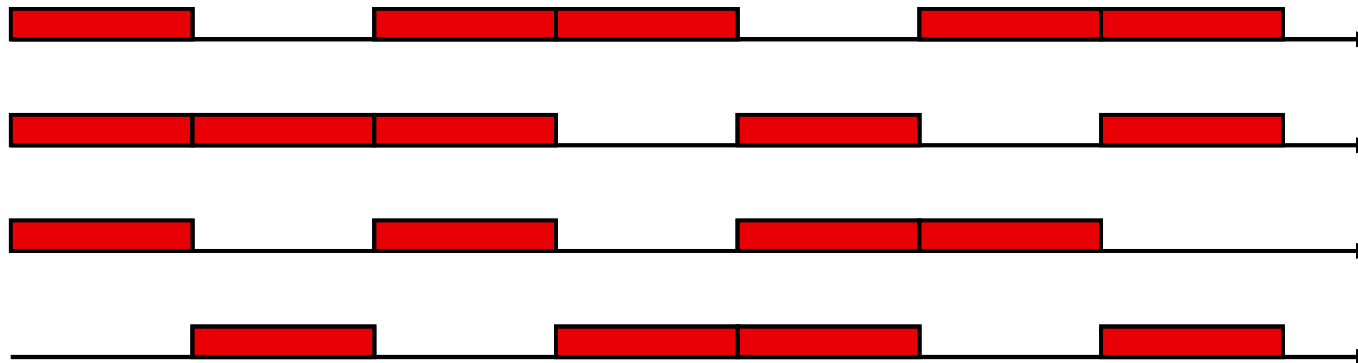
## Pojęcie ruchu w sieciach telekomunikacyjnych

- **Ruch telekomunikacyjny** stanowi przepływ każdej informacji, która powoduje zajmowanie zasobów sieciowych, czyli węzłów i połączeń.
- Ruch telekomunikacyjny jest procesem losowym, którego realizacja jest opisana przez liczbę jednocześnie obsługiwanych w systemie zgłoszeń.
- Jednostką natężenia ruchu telekomunikacyjnego jest jeden Erlang.
- Jeden Erlang (1 Erl) jest natężeniem ruchu telekomunikacyjnego, które odpowiada czasowi trwania jednego jedno-godzinnego połączenia w okresie obserwacji równym jednej godzinie. Pojęciem pierwotnym jest **zgłoszenie** – spełnienie przez system określonej czynności.





## Natężenie ruchu telekomunikacyjnego

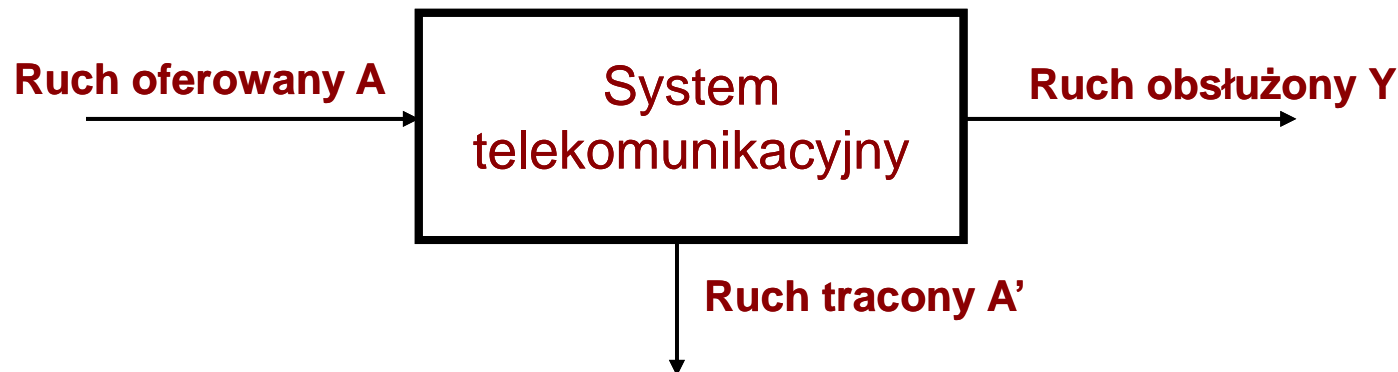


## Przykładowe wyniki obserwacji wiązki złożonej z czterech kanałów





## Rodzaje ruchu telekomunikacyjnego



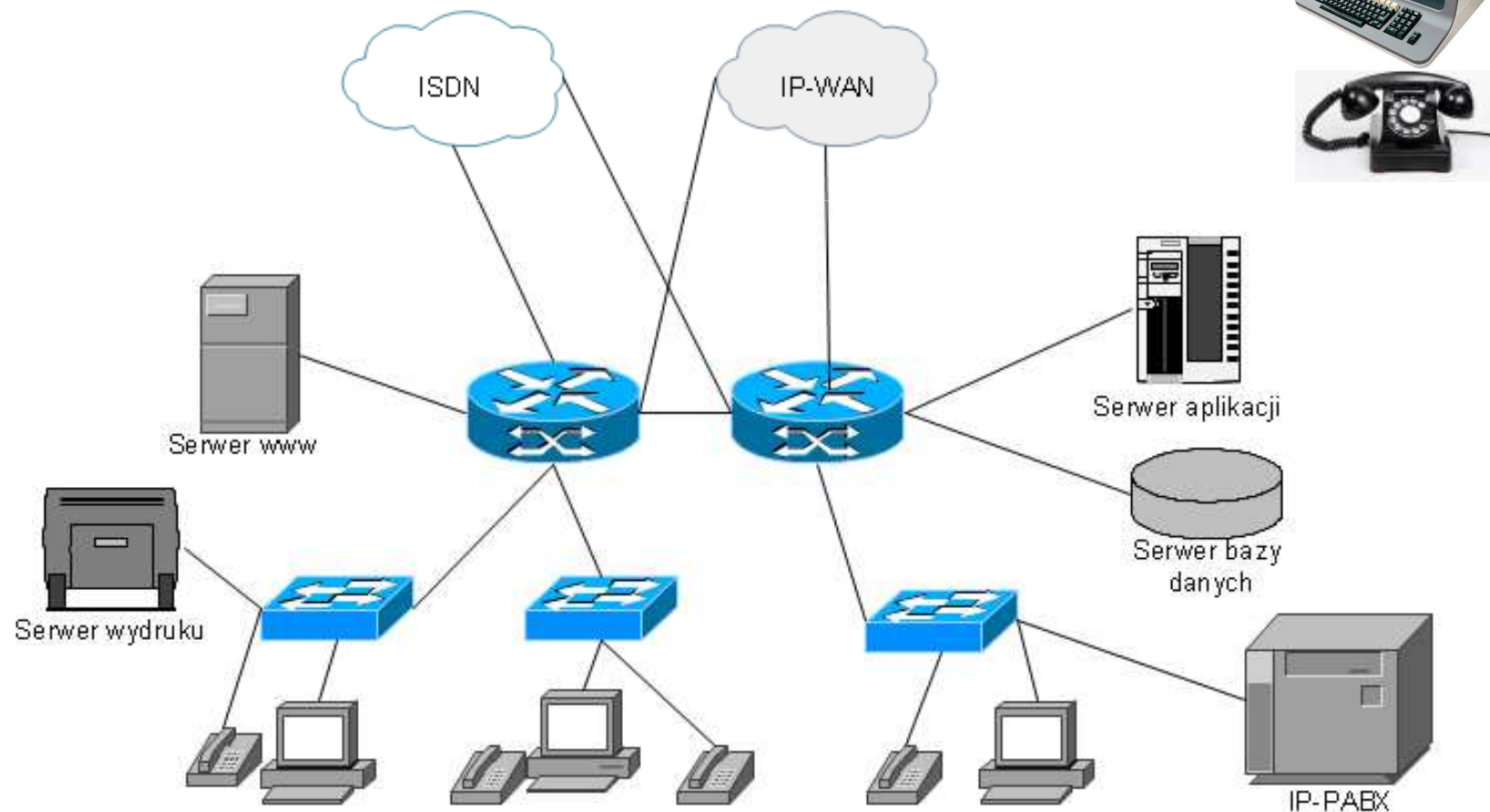
$$A = Y + A'$$





## Ruch telekomunikacyjny jako usługa

Usługi transmisji danych oraz głosu w przeszłości były realizowane na bazie odseparowanych systemów komunikacyjnych – *dzisiaj coraz częściej przy pomocy jednej sieci (np. IP)*





- **konwersacyjna – symetryczne aplikacje czasu rzeczywistego**
  - telefonia IP, video-telefonia.**Opóźnienie maksymalnie 100ms,**



- **strumieniowa – jednokierunkowe przekazy czasu rzeczywistego,**
  - transmisja wideo, radio.**Opóźnienie maksymalnie 250ms,**



- **interaktywna – asymetryczne usługi nie będących aplikacjami czasu rzeczywistego**
  - przeglądanie stron WWW, pobieranie danych z baz.



- **podstawowa – pozostałe aplikacje**
  - transmisji e-mail, pobierania plików, przesyłania SMS





## Jakość obsługi w sieciach telekomunikacyjnych

- **Współczynnik strat zgłoszeń (sprawność usługowa)  $B(t_1, t_2)$  w przedziale czasowym  $(t_1, t_2)$  – iloraz liczby zgłoszeń straconych  $N_{str}(t_1, t_2)$  i liczby wszystkich zgłoszeń oferowanych w systemie  $N_{of}(t_1, t_2)$  :**

$$B(t_1, t_2) = \frac{N_{str}(t_1, t_2)}{N_{of}(t_1, t_2)} = \frac{N_{of}(t_1, t_2) - N_{zat}(t_1, t_2)}{N_{of}(t_1, t_2)}$$

- **Współczynnik blokady  $B_T(t_1, t_2)$  w przedziale czasowym  $(t_1, t_2)$  – stosunek czasu  $T_b(t_1, t_2)$ , w czasie którego wszystkie zasoby systemu są zajęte do całkowitego czasu obserwacji  $T(t_1, t_2)$ :**

$$B_T(t_1, t_2) = \frac{T_b(t_1, t_2)}{T(t_1, t_2)}$$





## Jakość obsługi w sieciach telekomunikacyjnych

- **Obciążalność ruchowa (sprawność usługowa)** – wartość oferowanego ruchu jaki dany system może obsłużyć z zadaniem prawdopodobieństwem strat / blokady.
- **Obciążenie** – wartość ruchu załatwianego (obsłużonego) przez dany system.
- **Natłok (blokada)** – stan, w którym zgłoszenie pojawiające się na wejściu systemu nie może zostać natychmiast obsłużone z powodu zajętości wszystkich zasobów.
- **Przepustowość** – parametr  $Q$ , który wyraża prawdopodobieństwo zdarzenia, że dane zgłoszenie będzie obsłużone przez system:

$$Q = 1 - B$$







# Terminologia

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

- ***Quality of Service (QoS)*** – jakość usługi
- ***Class of Service (CoS)*** – klasa usług
- ***Grade of Service (GoS)*** – kategoria usług
- ***SLA (Service Level Agreement)*** – kontrakt pomiędzy użytkownikiem a operatorem
- ***SLS (Service Level Specification)*** – zbiór parametrów sieciowych uzgodniony pomiędzy operatorem a klientem
- ***TCA (Traffic Conditioning Agreement)*** – porozumienie określające reguły klasyfikowania pakietów oraz profile ruchu
- ***TCS (Traffic Conditioning Specification)*** – określony zbiór parametrów technicznych i ich wartości związanych z TCA





## Quality of Service (QoS) – jakość usługi

1. **Wrodzona jakość usługi (intrinsic QoS)**  
- to, co czyni ją atrakcyjną dla użytkownika (projektowanie sieci)
2. **Postrzegana jakość usługi (perceived QoS)**  
- determinuje, czy użytkownik uzna ją za satysfakcjonującą (marketing, projektowanie usług)
3. **Oceniana jakość usługi (assessed QoS)**  
- decyduje o ewentualnej kontynuacji bądź rezygnacji z korzystania z usługi (obsługa techniczna)





## Wrodzona jakość usługi (intrinsic QoS)

- cechy ściśle związane z aspektami technicznymi, w tym zastosowane łącze fizyczne, protokoły transmisji, mechanizmy zapewnienia jakości.

### Zbiór parametrów:

1. Opóźnienie (*delay, latency*) – odstęp czasu pomiędzy chwilą wysłania pakietu z jednego punktu w sieci i odebrania go w innym punkcie sieci.
2. Zmienność opóźnienia (*jitter, delay variation*) – zakres w którym zmienia się wartość opóźnienia mierzona dla pakietów należących do tego samego strumienia.
3. Przepływność (*throughput*) – dostępna prędkość, z jaką pakiety mogą być transmitowane w sieci.
4. Prawdopodobieństwo utraty pakietu (*packet loss rate*) – prawdopodobieństwo utraty pakietu w trakcie przesyłania przez sieć.





## **Class of Service (CoS) – klasa usług**

Zbiór cech charakterystycznych i właściwości określonej usługi lub zbioru usług. Usługi należące do określonej klasy mają zagwarantowane wybrane parametry QoS.

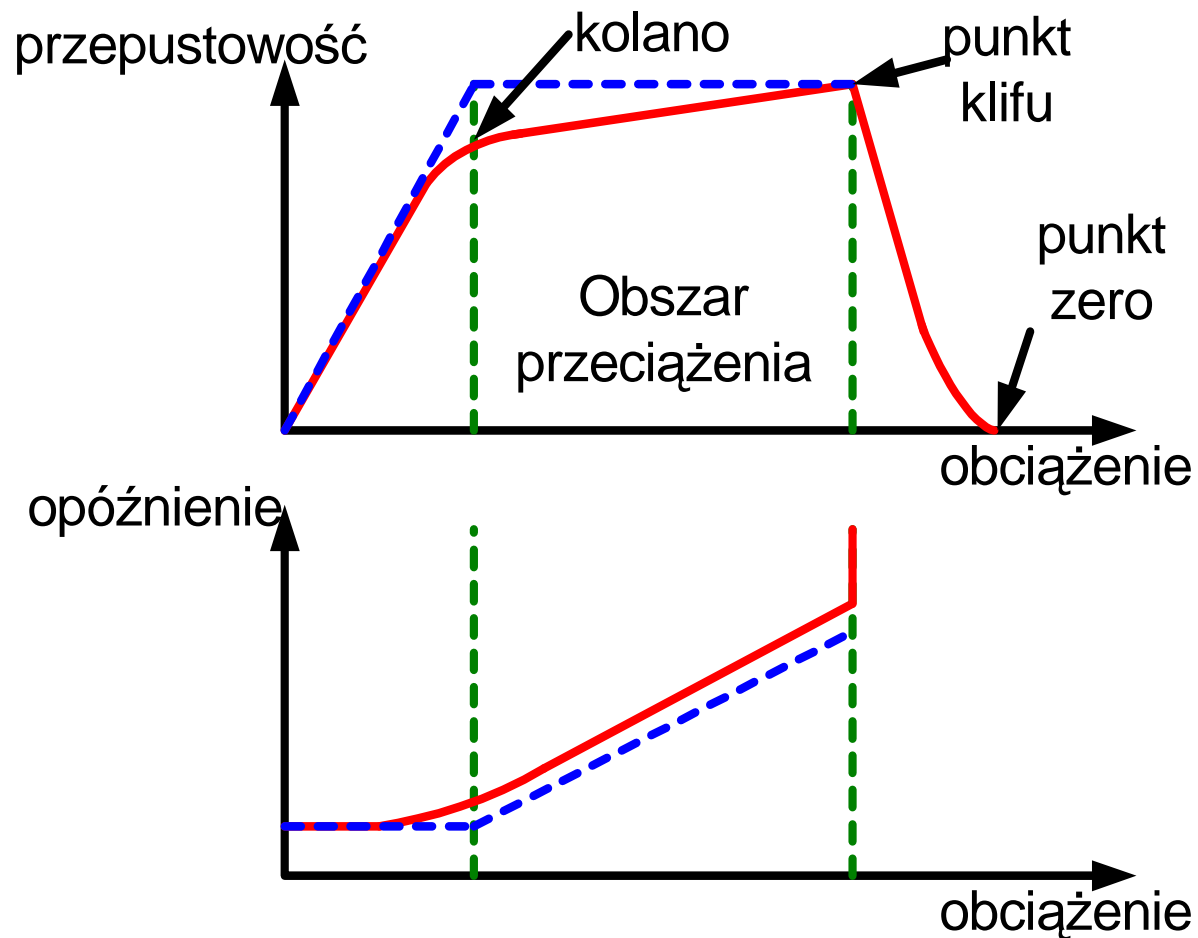
## **Grade of Service (CoS) – kategoria usług**

Oprócz parametrów transmisyjnych uwzględnia wiele wymagań wysokiego poziomu, np. bezpieczeństwo, ochrona czy prawdopodobieństwo uszkodzenia mechanicznego łącza (ścieżki zapasowe). Kategorie: standard, średnia, wysoka, najwyższa.





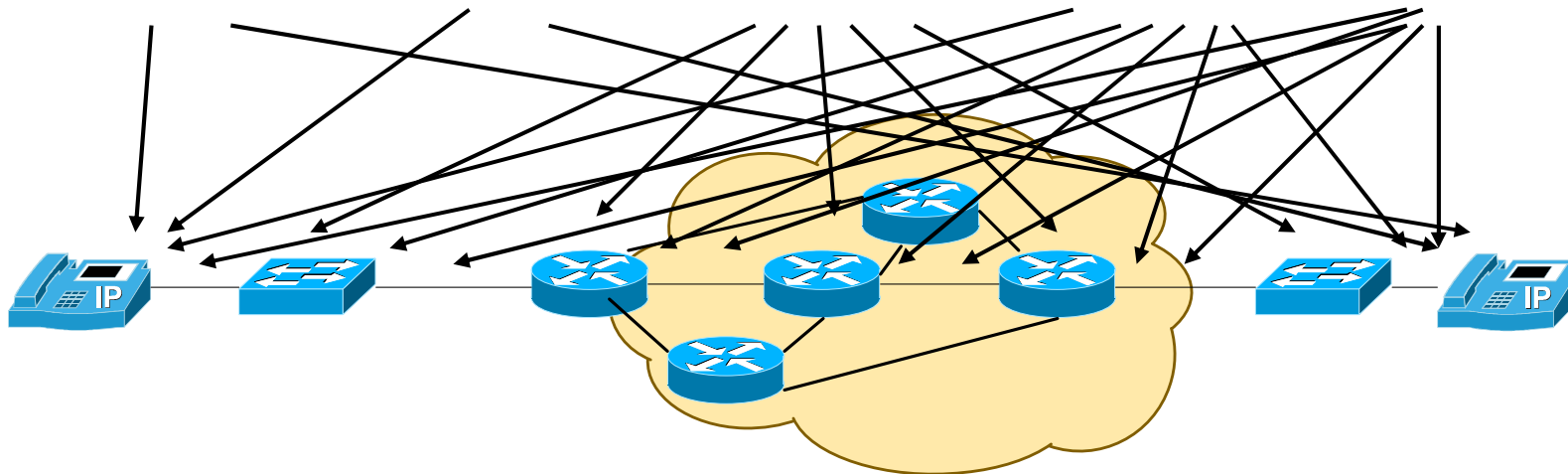
# Parametry wydajnościowe sieci





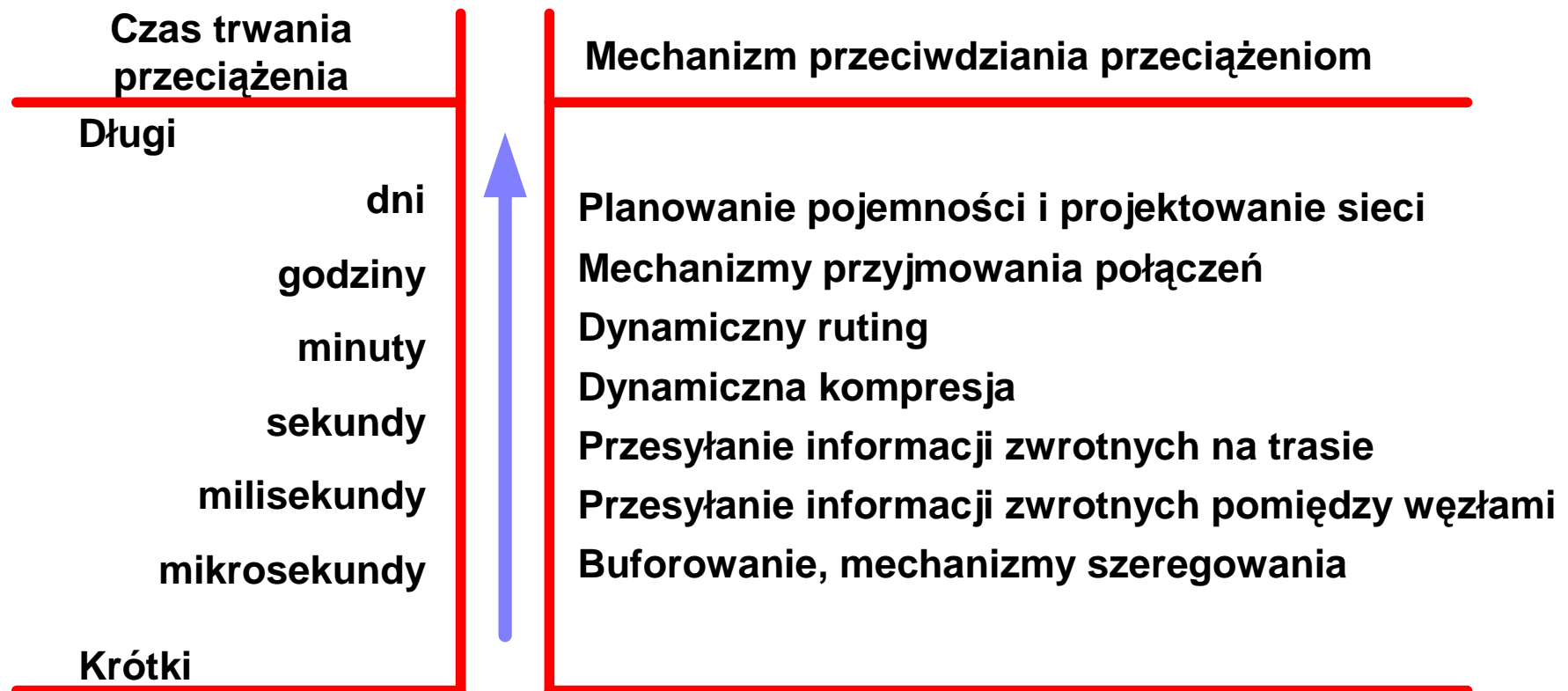
# Sieć z komutacją pakietów - opóźnienia

**Opóźnienia:**  
kodowania, pakietyzacji, kolejkowania, serializacji, w medium



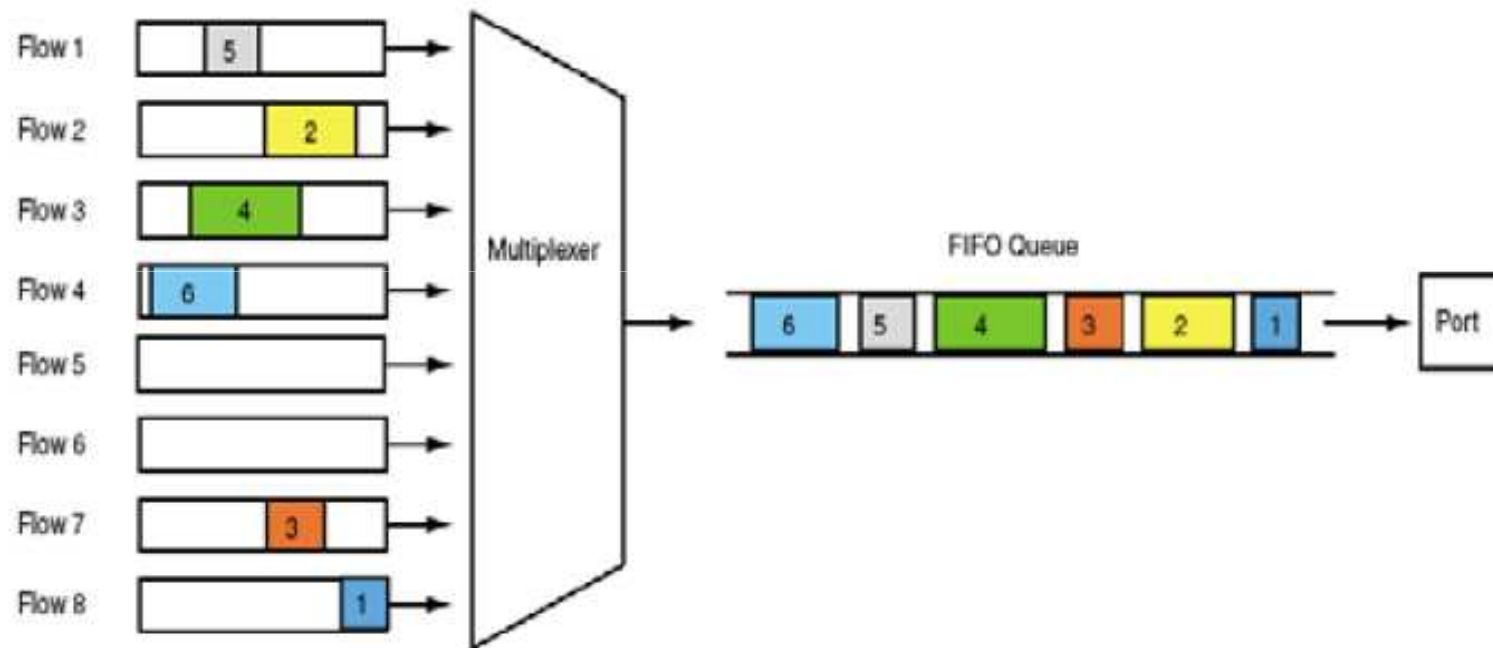


# Sieć z komutacją pakietów





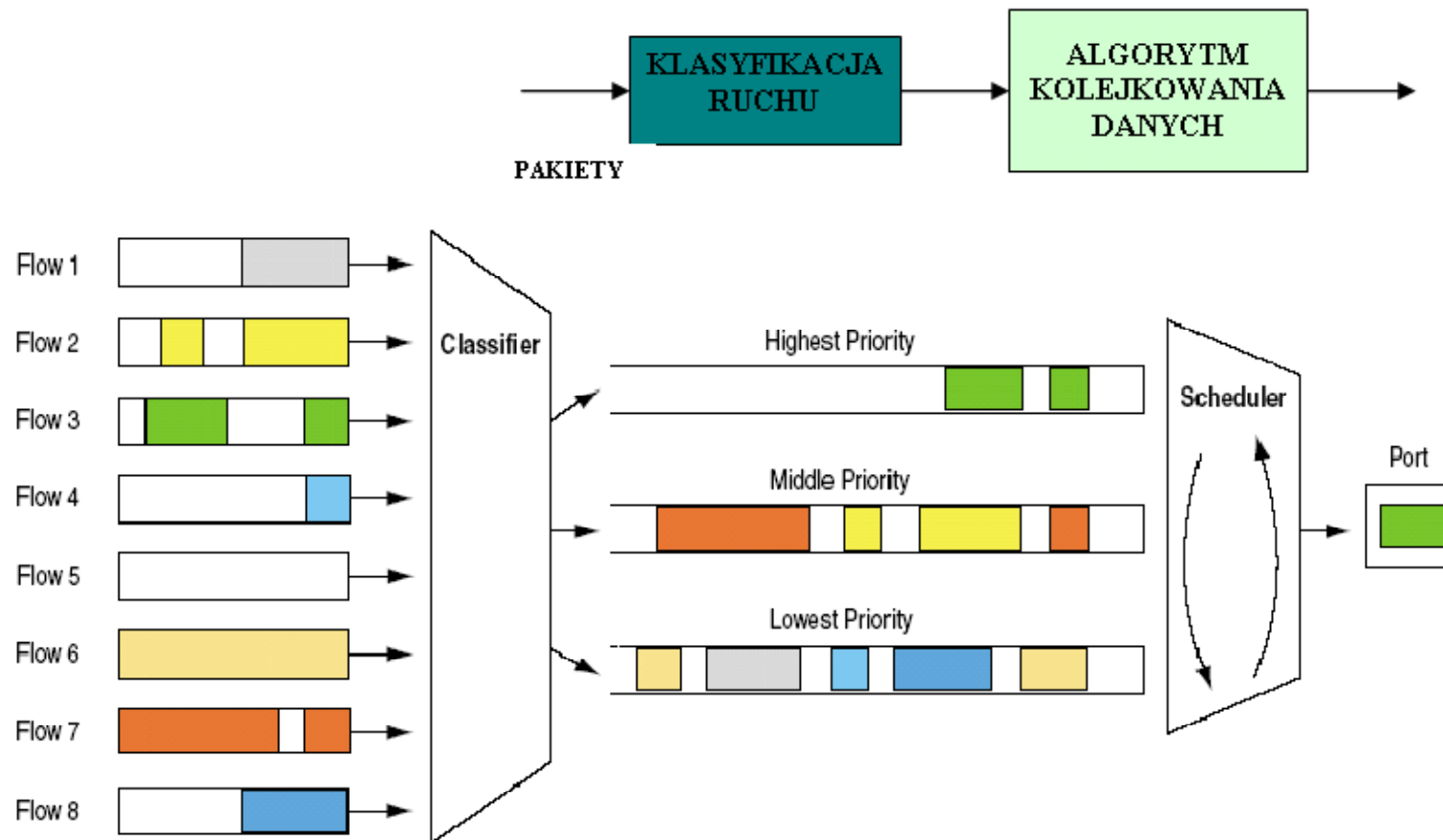
# Sieć z komutacją pakietów - kolejkowanie





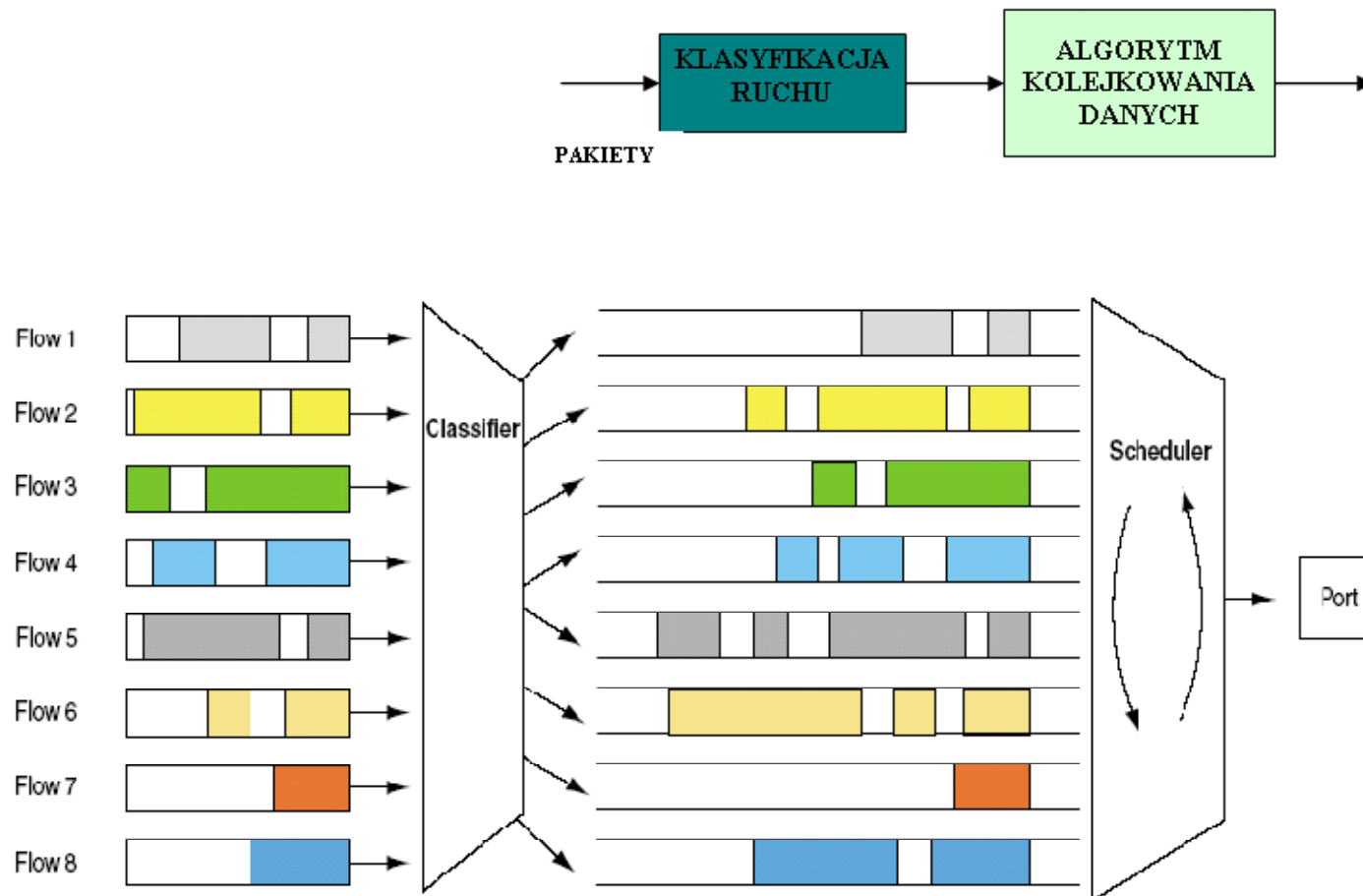


# Sieć z komutacją pakietów - kolejkowanie





# Sieć z komutacją pakietów - kolejkowanie



Tomasz Kacprzak

# **Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne**

## **Analiza ruchu i protokoły komunikacyjne**

---

Zadanie nr 30 – Dostosowanie kierunku Elektronika i Telekomunikacja  
do potrzeb rynku pracy i gospodarki opartej na wiedzy



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna  
współfinansowana przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego  
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń  
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –  
zarządzanie Uczelnią,  
nowoczesna oferta edukacyjna  
i wzmacniania zdolności do zatrudniania  
osób niepełnosprawnych”*



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,  
tel. 042 631 28 83  
[www.kapitalludzki.p.lodz.pl](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)