

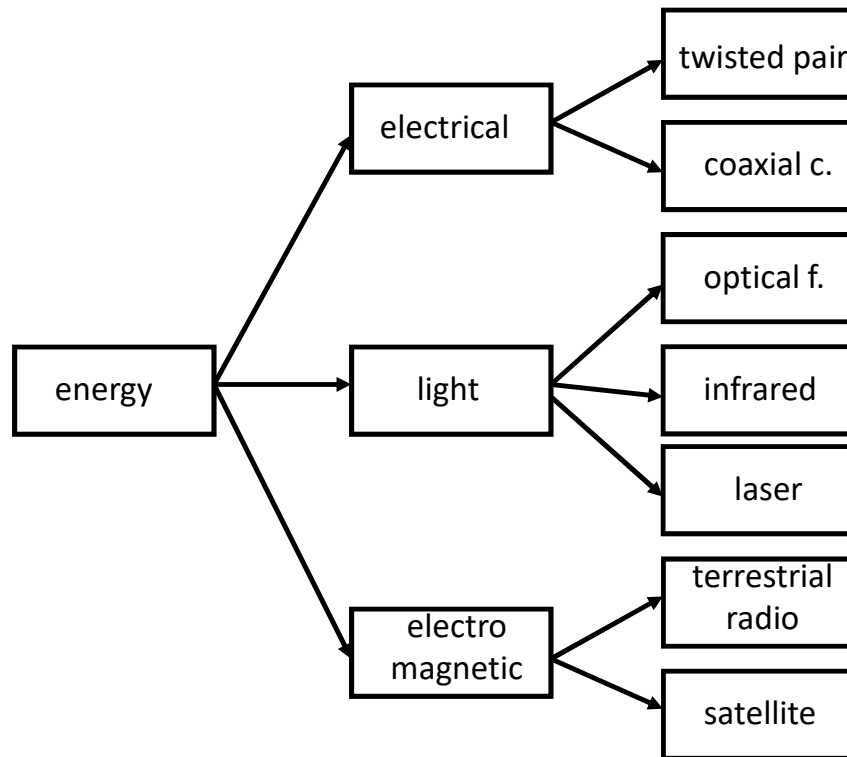
SiST

w.II/semestr letni 2021/2022

Dr inż. Małgorzata Langer

Medium transmisji

1. **Opiera się na rodzaju ścieżki;** komunikacja może się odbywać jednym rodzajem fizycznej, ograniczonej ścieżki (np. przewód), albo nie mieć widocznej ścieżki (fale radiowe).
2. **Opiera się na formie energii;** elektrycznej lub elektromagnetycznej.



Transmisja

Transmisja jest to proces transportowania informacji pomiędzy końcowymi punktami systemu lub sieci. Mogą być użyte cztery media dla transferu informacji:

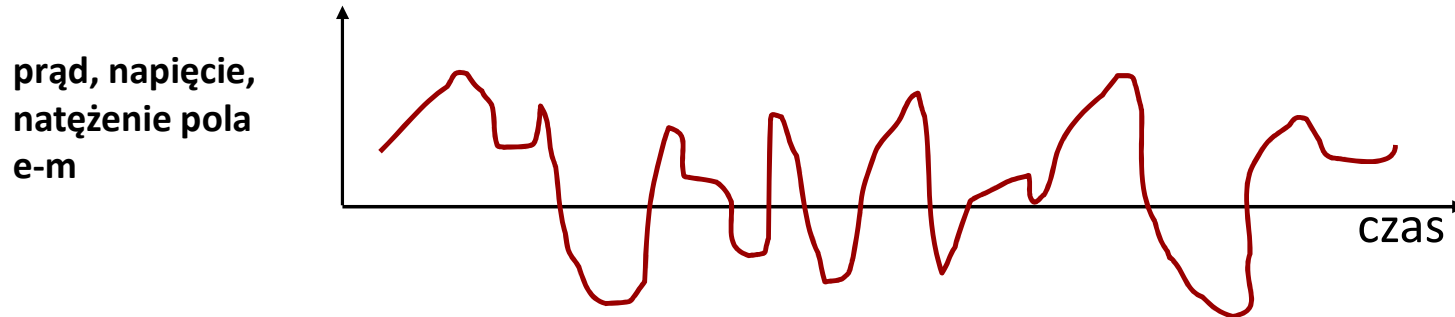
- **Miedziane** kable
- **Światłowody** (to również są kable)
- **Radiowe** fale (np. transmisje komórkowe i satelitarne)
- **Optyka w wolnej przestrzeni** (np. zdalne piloty na podczerwień)

Sygnały

- Informację przenoszą sygnały:
 - elektryczne
 - elektromagnetyczne
 - optyczne
- Sygnały – zmienne w czasie (analogowe) są odzwierciedleniem charakterystyk informacji:
 - ciśnienie akustyczne (dźwięk, głos)
 - jasność i kolor (obraz, grafika, dane)
 - wielkości pomiarowe, (temperatura, przyspieszenie, prędkość, itp.)

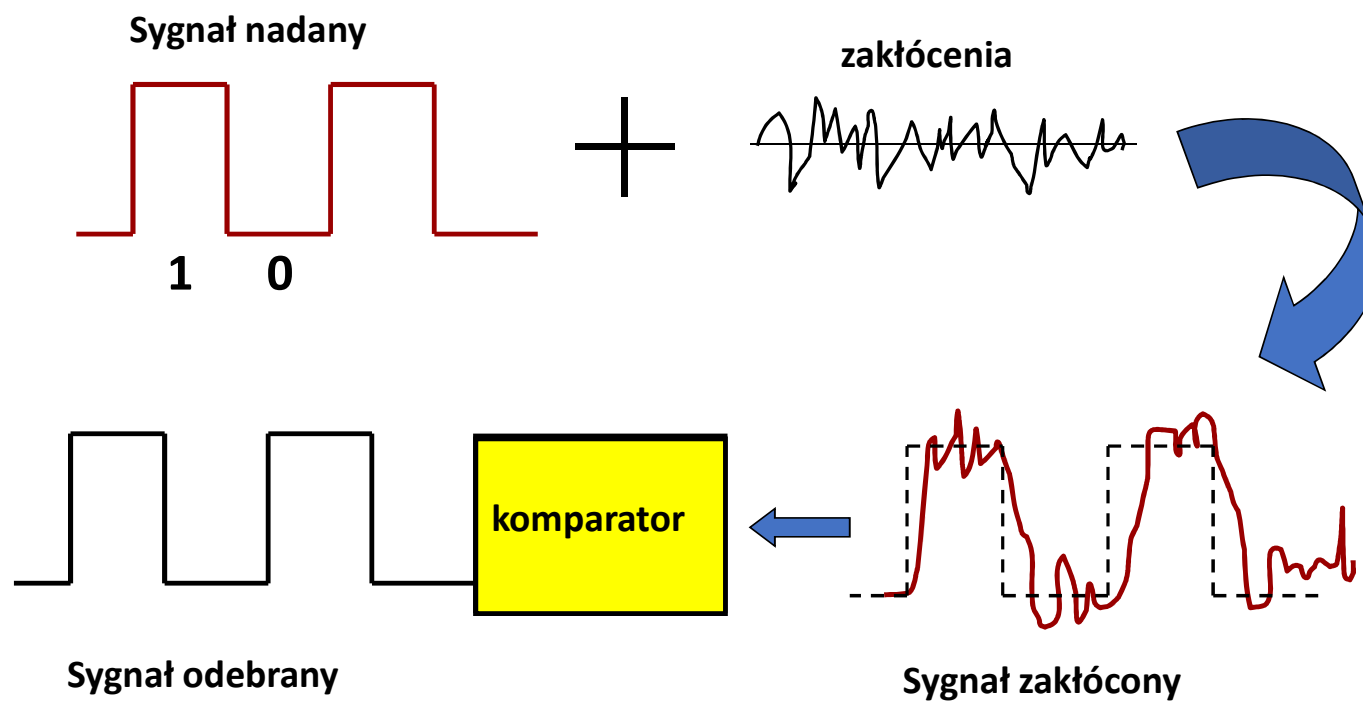
Odwzorowanie sygnałów

- Sygnał analogowy



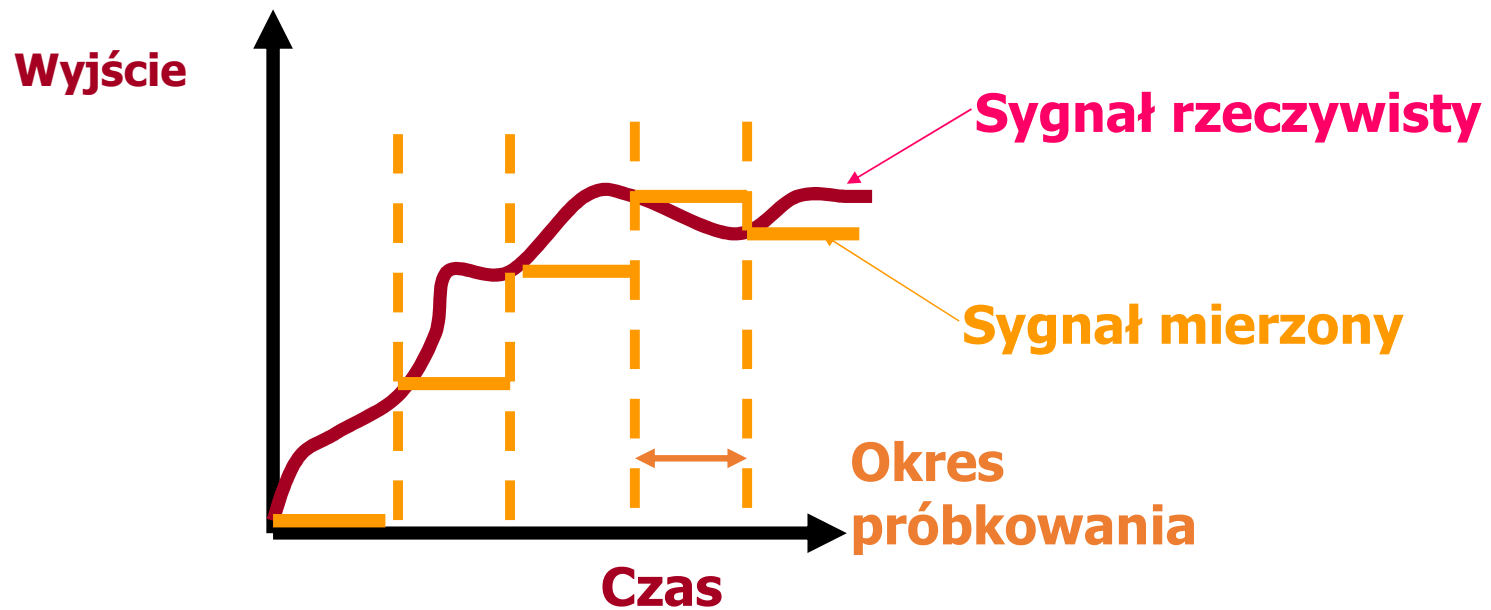
- Sygnał analogowy ma wiele ograniczeń:
 - Jest bardzo podatny na wszechobecne zakłócenia
 - Trudno poddaje się przetwarzaniu
 - Jest mało dokładny, tzn. wymaga stosowania urządzeń wysokiej jakości, zatem drogich

Sygnal cyfrowy



Dyskretyzacja w czasie – próbkowanie

Dyskretyzacja wartości sygnału – kwantyzacja i kodowanie

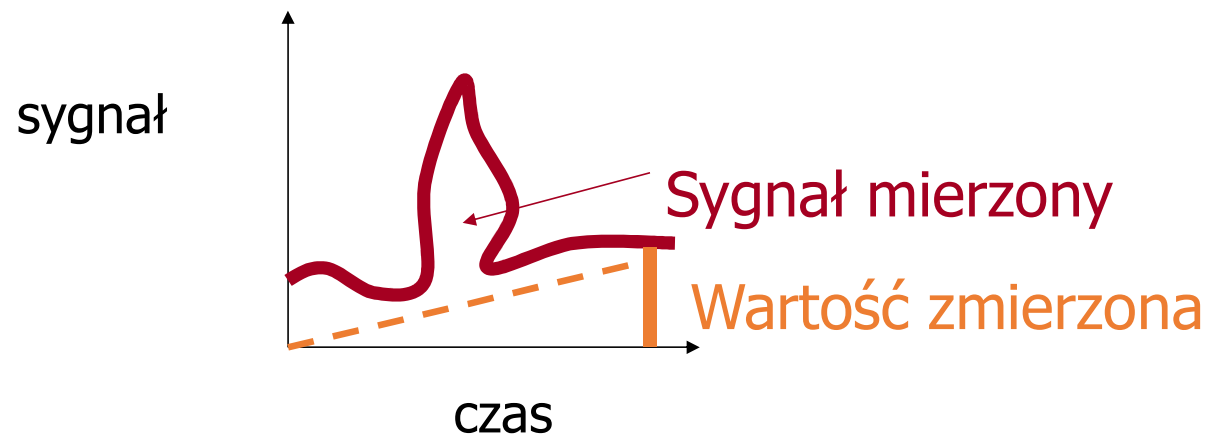


Dyskretyzacja

- Dyskretyzacja ciągłego sygnału jest połączoa z utratą pewnych informacji.
- Sygnał ciągły może być odtworzony z sygnału dyskretnego tylko wtedy, gdy był próbowany z częstotliwością minimalną rwną podwojonej częstotliwości maksymalnej zmian.
- Jest to **częstotliwość Nyquista**.

Wnioski

- Próbkowanie musi być przeprowadzone z częstotliwością większą niż zmiany w sygnale (**dwa razy...**)
- Pojedynczy pomiar nie może trwać dłużej niż okres próbkowania



Próbkowanie

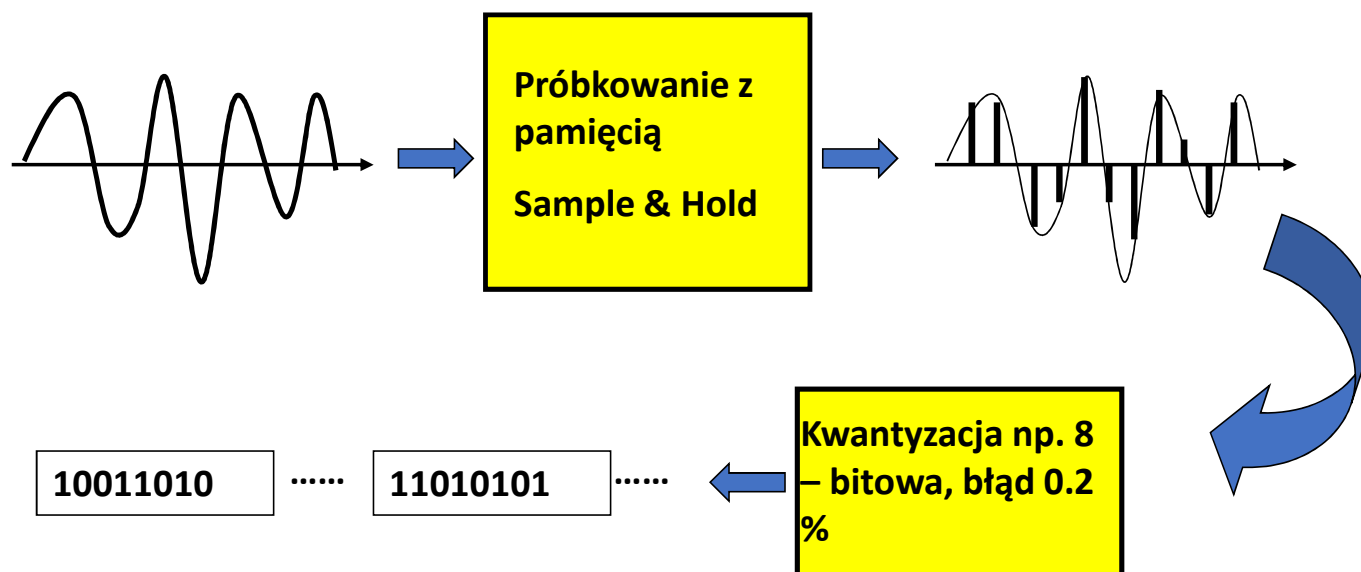
- Jeżeli sygnał analogowy jest dostatecznie regularny to można go przedstawić w postaci sumy sygnałów sinusoidalnych o różnych częstotliwościach –

widmo częstotliwościowe

- Konwersję sygnału analogowego na cyfrowy umożliwia tzw. **zasada próbkowania**:

Aby odtworzyć wiernie sygnał analogowy na podstawie próbek, szybkość próbkowania musi być dwa razy większa niż najwyższa częstotliwość widma sygnału analogowego.

Konwersja analogowo-cyfrowa



Przykład: Sygnał mowy 4 kHz wymaga 8000 próbek na sekundę, co daje sygnał cyfrowy $8000 \text{ próbek} \times 8 = 64 \text{ kb / sekundę}$

Kilka definicji

- Technika cyfrowa– wykorzystuje sygnały dyskretne
- Dyskretyzacja w czasie – próbkowanie
- Dyskretyzacja wartości sygnału– kwantyzacja i kodowanie otrzymanego sygnału dyskretnego
- Dyskretny sygnał dwuwartościowy ('1' lub '0') – sygnał cyfrowy, numeryczny, binarny, logiczny

... Definicje ...

- Częstotliwość maksymalna: **najwyższa dozwolona częstotliwość zmian sygnału wejściowego, przy której system pracuje poprawnie**
- Margines zakłóceń (*noise margin*): **taka wartość sygnału zakłócającego, która dodana do sygnału wejściowego, nie spowoduje jeszcze żadnej zmiany wartości logicznej sygnału**
- Moc strat (*nominalne rozproszenie*): **różnica pomiędzy mocą używaną i mocą wyjściową; *może być np. spowodowana emisją ciepłą w urządzeniach,***

Miara stosunku mocy

- Najstarszym miernikiem wykorzystywany do kategoryzacji jakości transmisji w obwodzie (aby zdefiniować wzmocnienie lub stratę mocy) był **bel (B)**:

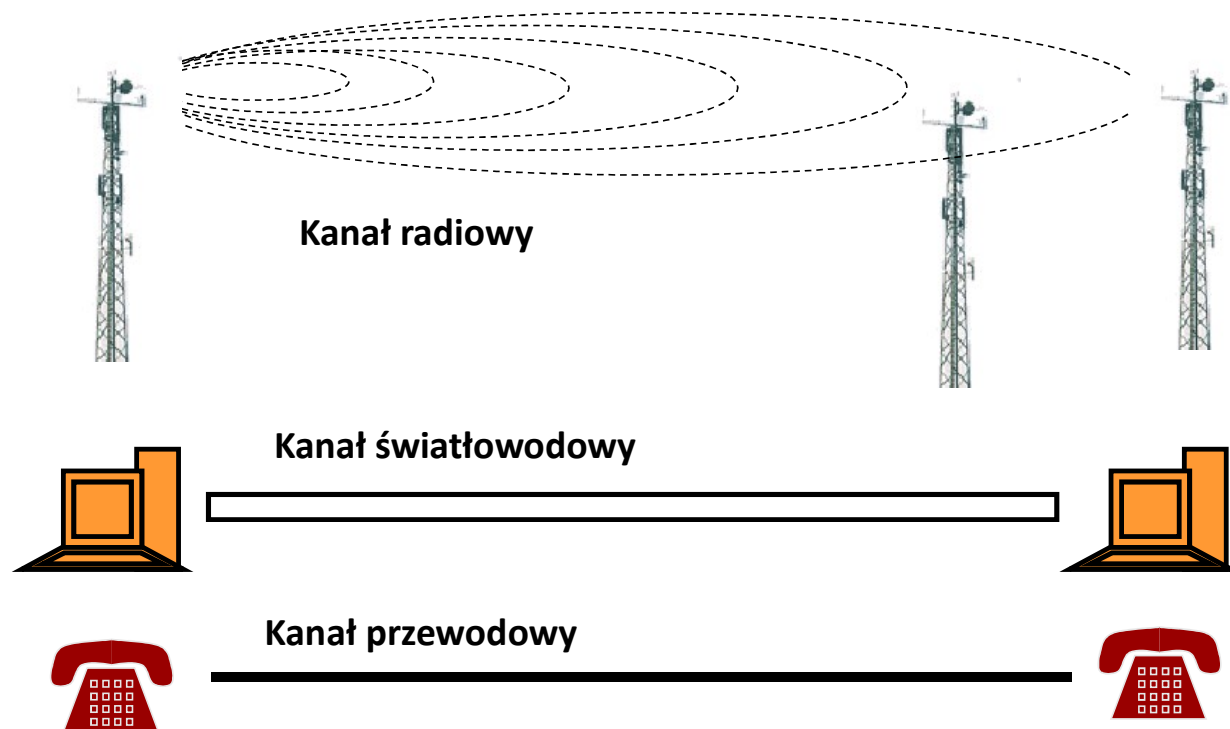
$$1 B = \log_{10} \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \quad \log_{10} \left(\frac{10}{100} \right) = -\log_{10} 10 = -1B$$

$$1dB = 10 \log_{10} \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \quad 0 dB \text{ is when } P_0 = P_1$$

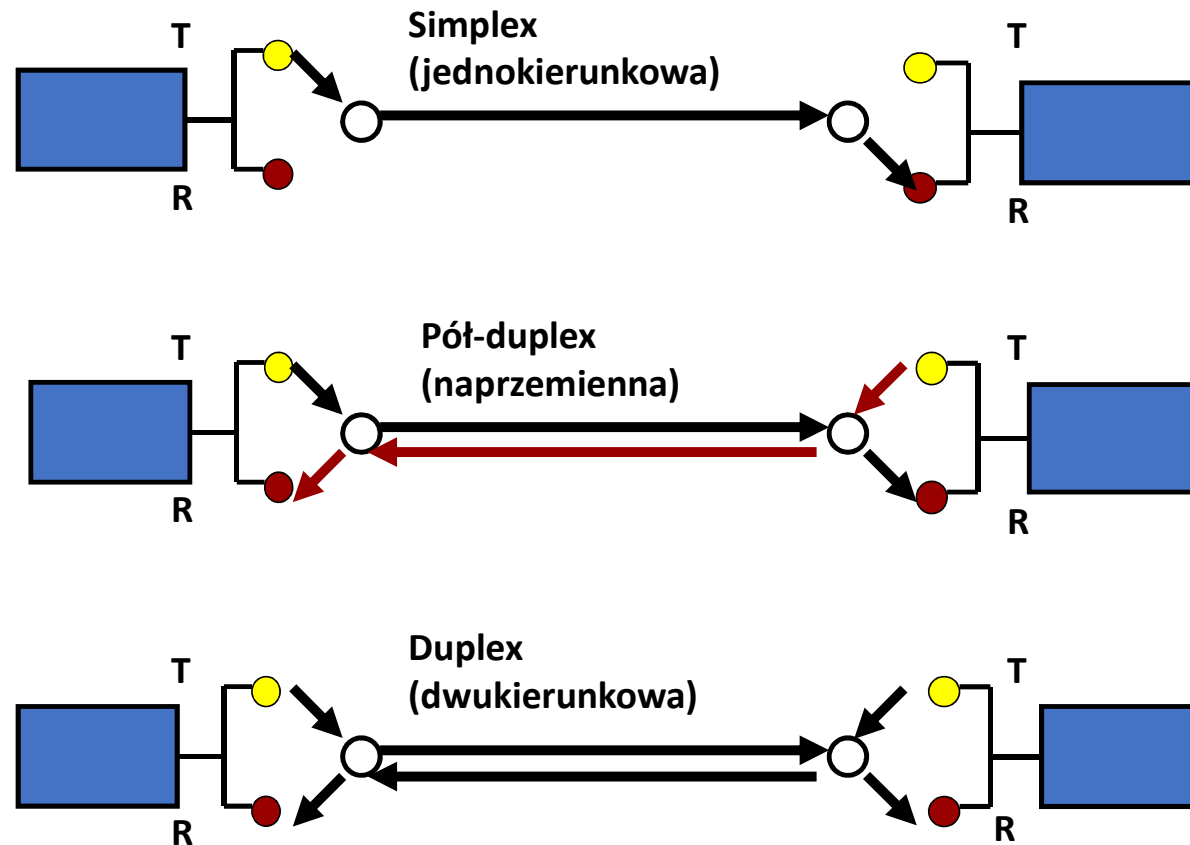
Ograniczenia wynikające z fizyki...

- Przesunięcie fazy: przy propagacji sygnału w dół poprzez medium transmisyjne, jego faza może ulec zakłóceniu w stosunku do częstotliwości
- Zakłócenia: Dwa rodzaje zakłóceń wpływają na możliwość rozpoznania sygnału – zakłócenia impulsowe i termiczne
- Przesunięcie częstotliwości (lub jitter fazowy): krótkie odchylenie lub zmiana lokalizacji impulsów w sygnale w.cz; znane również jako różnica opóźnień (lub jitter)

Media transmisyjne

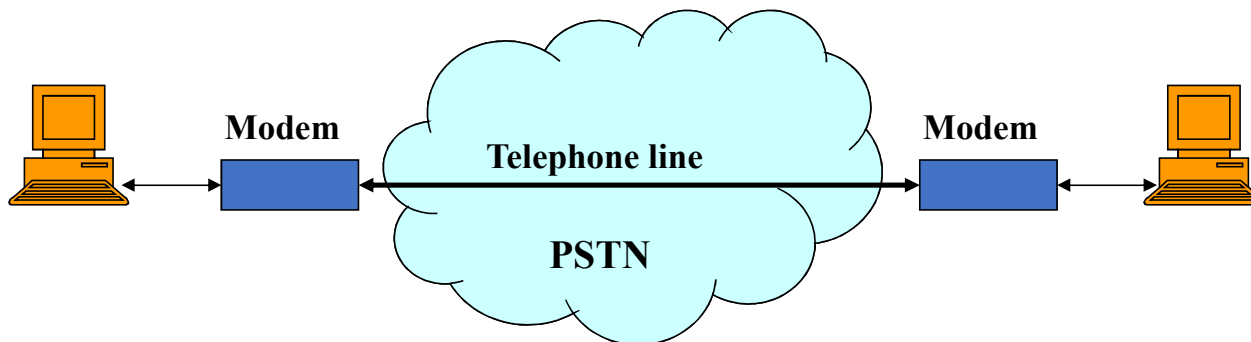


Tryby komunikacji - kierunek transmisji



Modem Modulator/Demodulator

- Jest to urządzenie zapewniające współpracę terminala cyfrowego (np. komputera) z kanałem rozmównym telefonicznym o typowym zakresie częstotliwości 300 Hz – 3.4 kHz.
- Modemy wymieniają informację z szybkością od 300 b/s do 33.6 kb/s.
- Zwykle transmitowanych jest 10 bitów na znak.

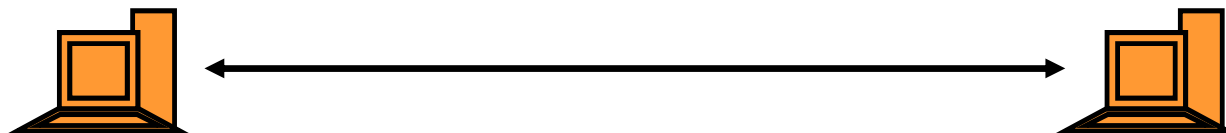


Modulacja

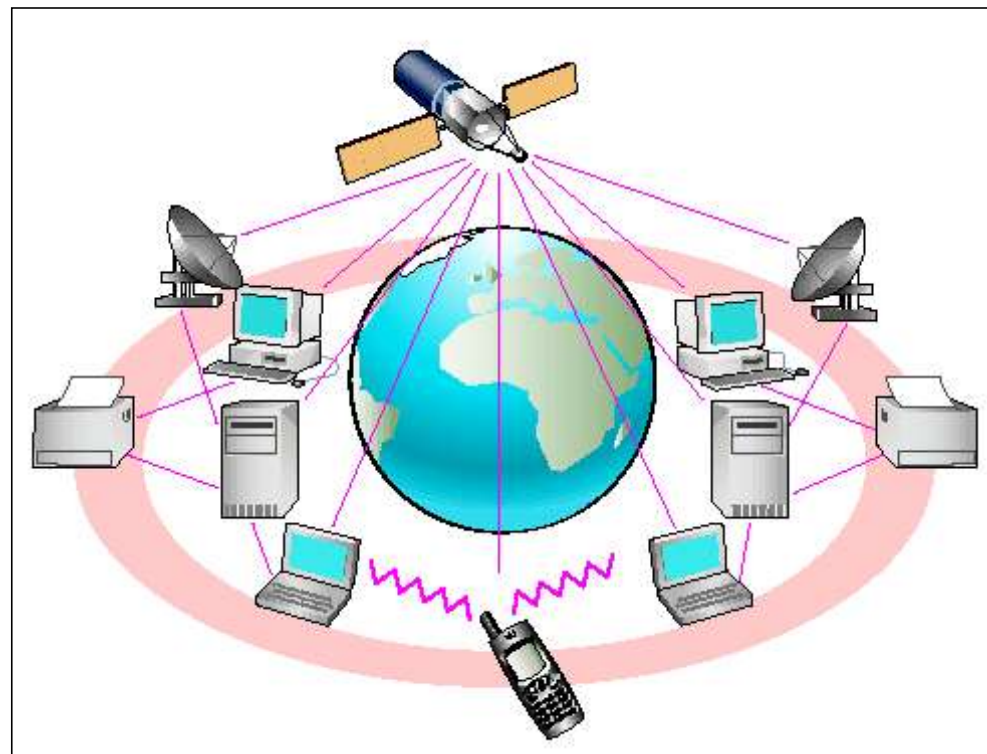
- Amplituda (AM)
- Częstotliwość (FM)
- Faza (PM)
- **MODEM** = **MOD**ulator + **DEM**odulator

Rodzaje transmisji

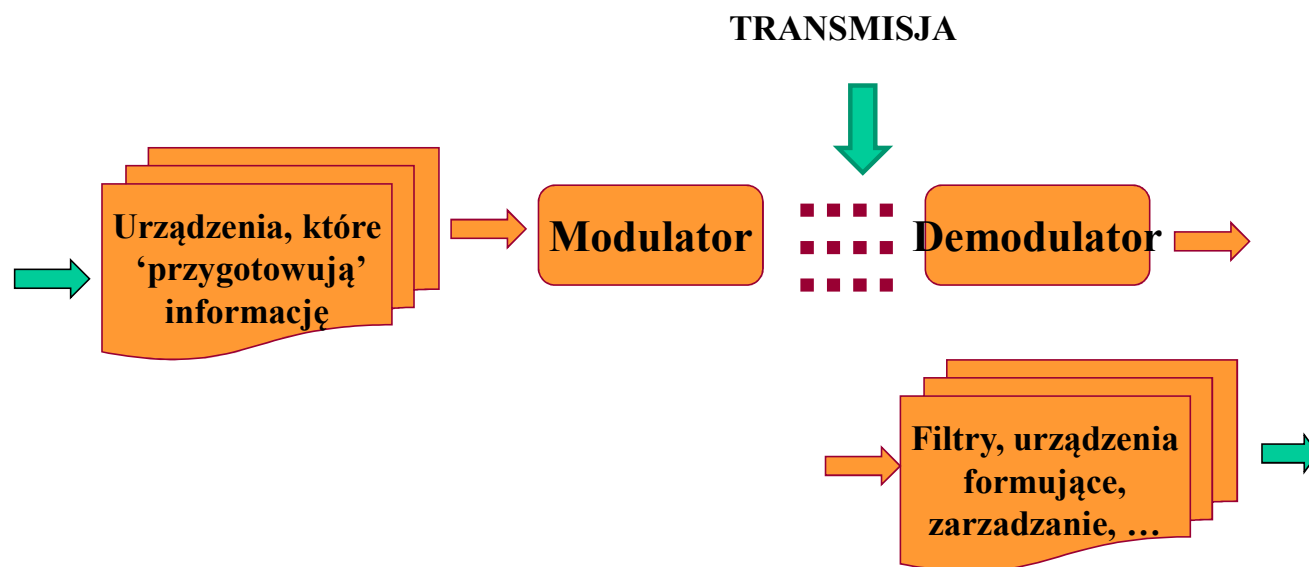
1. **Transmisja asynchroniczna** – transmisja danych, przy której zegary odbiornika, kanału transmisyjnego i nadajnika nie są ze sobą zsynchronizowane. Każdy znak (słowo, blok danych) jest poprzedzony bitem START i zakończony bitem lub większą liczbą bitów STOP, używanymi w odbiorniku do synchronizacji.
2. **Transmisja synchroniczna** – transmisja pomiędzy terminalami, przy której dane są przesyłane w blokach binarnych, a zegary nadajnika i odbiornika są utrzymywane w synchronizmie.



Komunikacja globalna, Next Generation Network



Kanał



Definicje

- AMPLITUDA – pomiar w stosunku do (najczęściej) napięcia, które może mieć wartość 0 lub określona wartość dodatnia lub ujemna
- CYKL – pełna oscylacja
- CZĘSTOTLIWOŚĆ [Hz] – liczba oscylacji na sekundę
- PASMO – prędkość zmian sygnału w kanale
np.: sygnał 1800 Hz może być zmieniony 1200 razy na sekundę – wtedy ‘1800 Hz’ opisuje nośnik a ‘1200’ pasmo

Sygnały wykorzystują subkanały

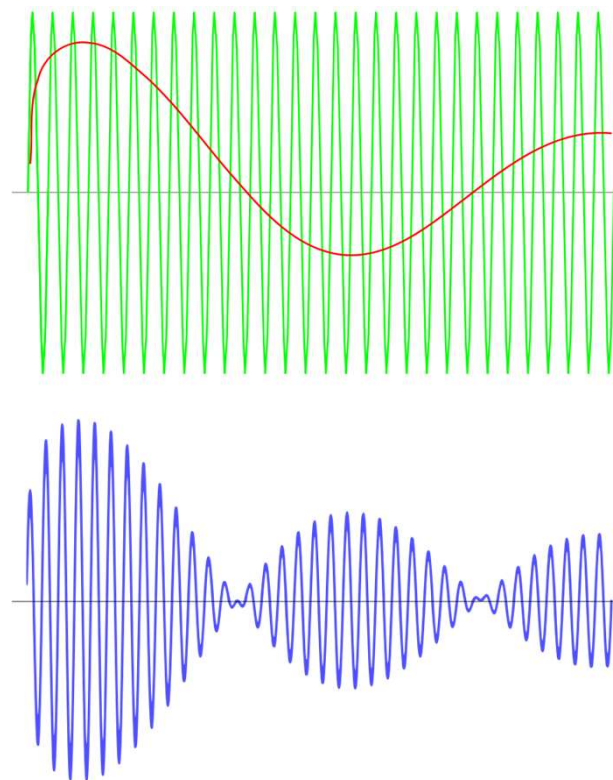
- Kilka transmisji przy różnych częstotliwościach zajmują to samo medium fizyczne
- Kanał komunikacyjny opisany jest przez jego pojemność wyrażoną w liczbie transmitowanych bitów na sekundę

Szerokość pasma i spektrum częstotliwości

- Kanał telefoniczny w Europie zajmuje pasmo od 300Hz do 3400Hz (w Ameryce Północnej: 300-3300Hz)
- Np.: pasmo w spektrum częstotliwości $10^3 - 10^4$ wynosi 9000Hz, ale $10^4 - 10^5$ daje 90000, więc jest równoważne używaniu większej ilości kanałów po 3100Hz

Modulacja Amplitudy

- Sygnał informacji (szerokie pasmo i niska częstotliwość) jest zakodowany jako zmiany amplitudy w fali nośnika. Otrzymany sygnał jest wąskopasmowy.



Modulacja amplitudy

- Jeżeli fala nośnika jest zdefiniowana jako:

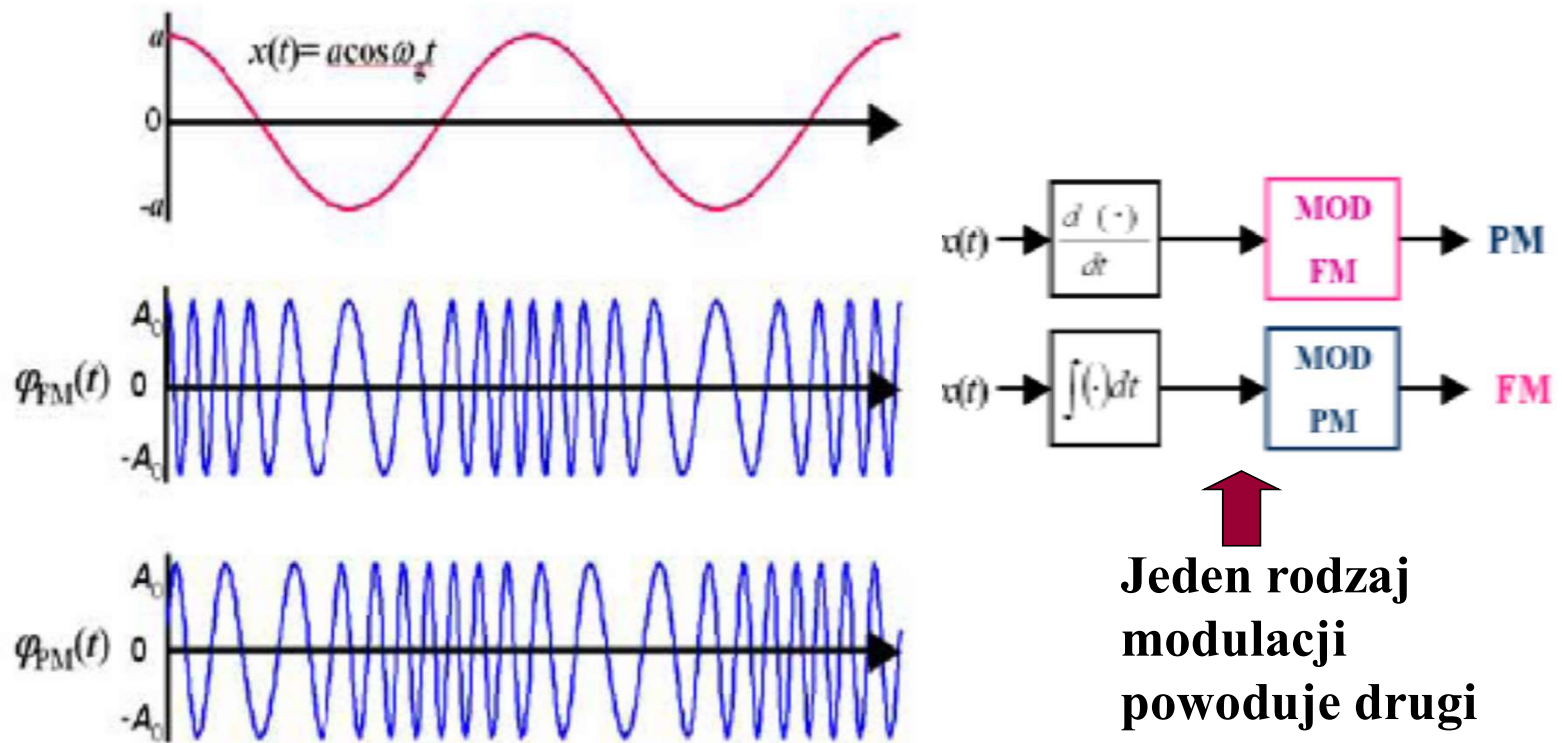
$$x(t) = A_x \cos(2\pi f_x t)$$

- Wtedy fala AM dla sygnału modulacji $m(t)$:

$$s(t) = A_x [1 + k_a m(t)] \cos(2\pi f_x t)$$

gdzie k_a – jest czułością modulatora amplitudy

Modulacja częstotliwości i fazy



Modulacja cyfrowa

- Proces zamiany przebiegu binarnego w analogowy, elektryczny sygnał, wygodny do przesłania w kanale transmisyjnym, demodulacja odbywa się w odbiorniku

Rodzaje Modulacji Impulsowej („pulse’)

- **PCM** – pulse-code modulation,
- **PWM** – pulse-width modulation,
- **PAM** – pulse-amplitude modulation,
- **PPM** – pulse-position modulation,
- **PDM** – pulse-density modulation.

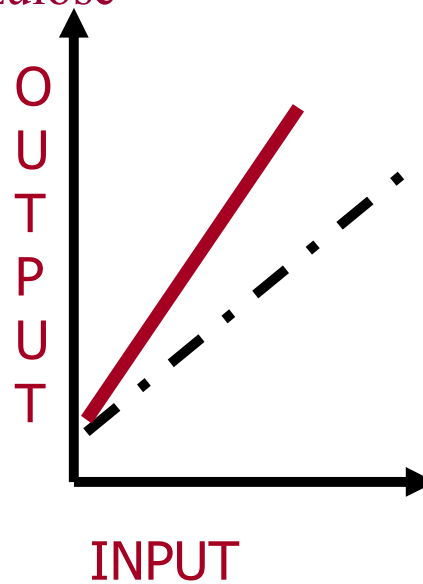
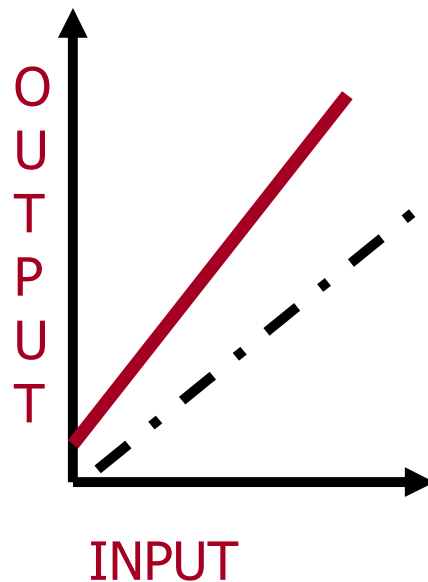
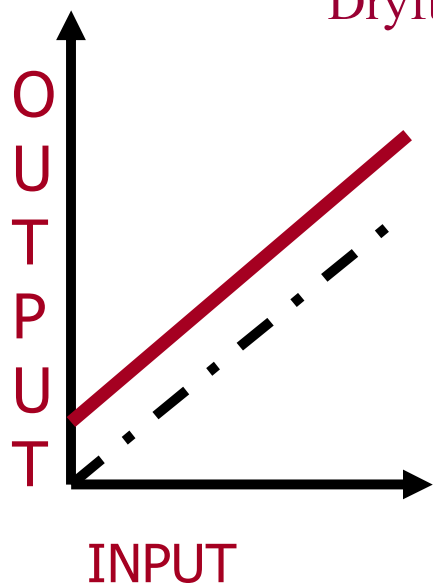
Jakość transmisji danych

- **SNR**: Signal to Noise Ratio (lub S/N) – stosunek mocy sygnału do mocy zakłócenia
- **BER**: Bit Error Rate – liczba bitów błędnych w stosunku do wszystkich przesłanych

Błędy przetworników

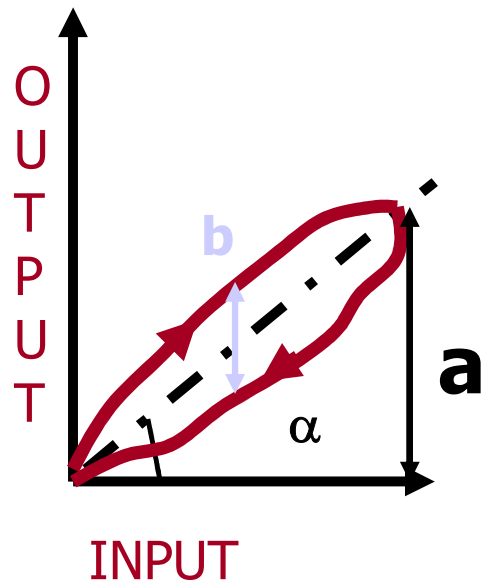
Dryft zera

Zmienna czułość



Dryft zera i czułości

Nieliniowość

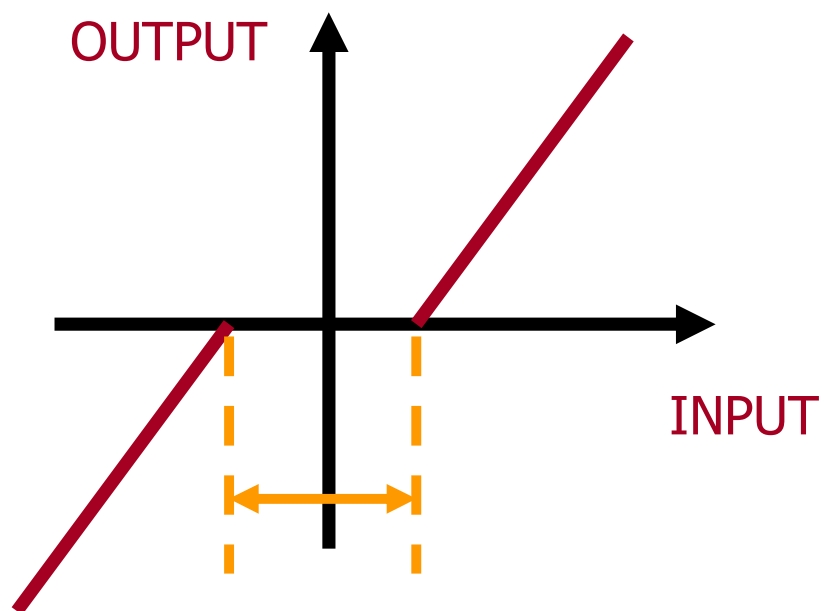


a – zakres pomiaru

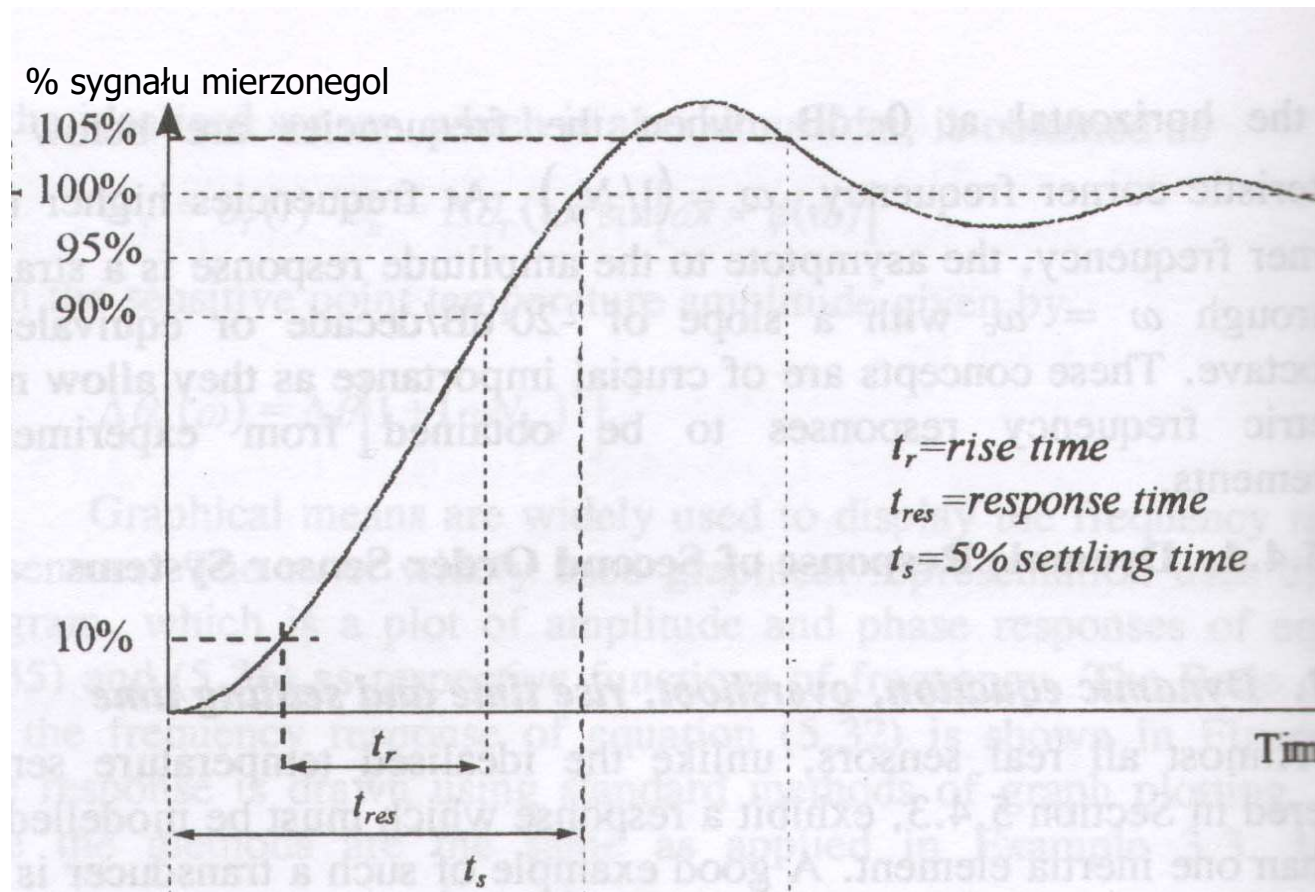
B – odchylenie liniowości
(histereza)

$$\text{Nieliniowość [\%]} = 100 \cdot b/a$$

Próg czułości – Martwa strefa pomiaru

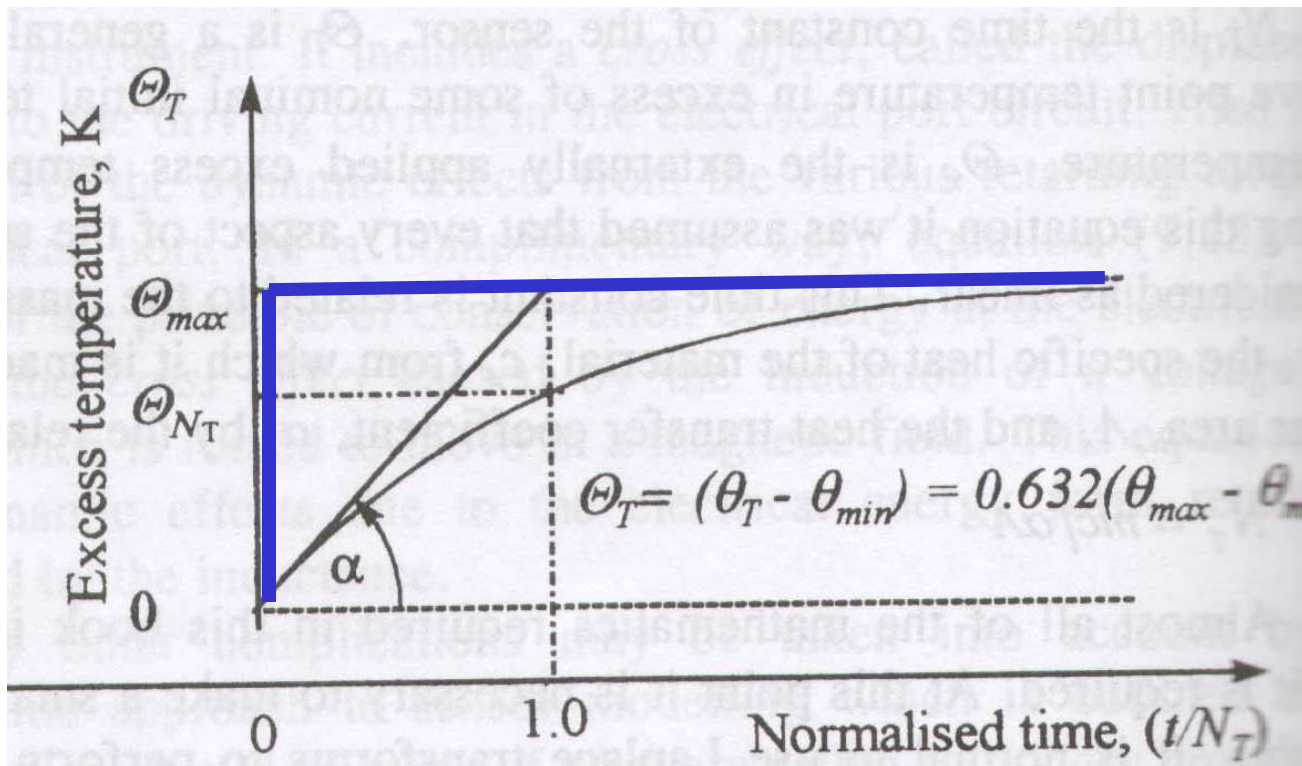


Inercja pomiaru przy nagłej zmianie sygnału mierzonego



- **Rise time (czas wzrostu)** – t_r – pomiędzy 10% a 90% wzrostu wartości wyjściowej (rzeczywistej)
- **Response time (czas odpowiedzi)** – t_{res} – potrzebny do momentu, gdy wartość mierzona osiąga po raz pierwszy 100% wartości wyjściowej
- **Settling time (czas ustalenia)** – t_s – do momentu, gdy wartość mierzona nie przekroczy więcej 105% wartości wyjściowej (rzeczywistej)

Stała czasowa i błąd dynamiczny



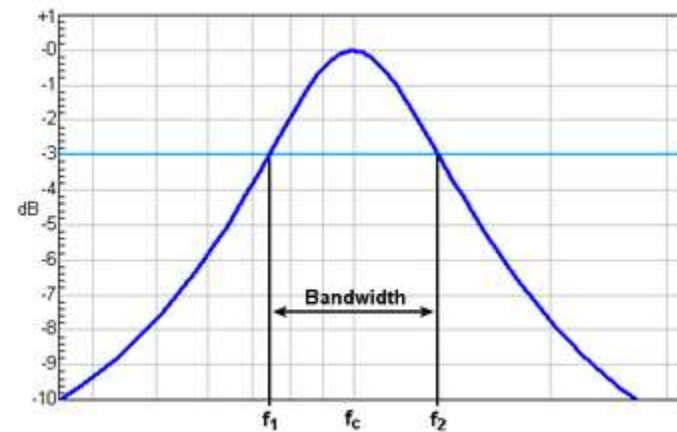
Parametry opisujące własności sygnału

- Prąd, napięcie, moc
- Natężenie pola elektrycznego oraz magnetycznego
- Częstotliwość
- **Szerokość pasma** – różnica pomiędzy częstotliwościami górną i dolną
- Stosunek mocy wyjściowej do wejściowej jest definiowany w decybelach
- **$\text{Stosunek mocy [dB]} = 10 \log (P_o/P_i)$**
Stłumienie lub strata 3 dB zmniejsza moc O POŁOWĘ (50%) i odpowiada spadkowi napięcia z 1 do 0.707

Broadband

- **Broadband**(również szerokość pasma): – zakres mocy gdzie osłabienie sygnału nie przekracza 3 dB
3 dB

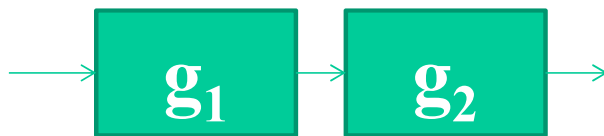
Kształt dzwonu



Wzmocnienie, Strata i Decybele



Wzmocnienie	Wzmocnienie w dB
$g = P_{out}/P_{in}$	$g_{dB} = 10 \log_{10}(P_{out}/P_{in})$
Loss	Loss in dB
$L = P_{in}/P_{out}$	$L_{dB} = 10 \log_{10}(P_{in}/P_{out})$



Całkowite wzmóc.	$g = g_1 * g_2$
Całk. wzmon. w dB	$g_{dB} = g_{1,dB} + g_{2,dB}$

Na przykład: wzmocnienie 100000000 odpowiada 80 dB

$$g_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right) + 10 \log_{10} \left(\frac{Z_{out}}{Z_{in}} \right)$$

W telekomunikacji poziom mocy może być podawany w dBm gdzie moc porównywana jest do mocy 1 mW power,

Wtedy: $P_{out,dBm} = g_{dB} + P_{in,dBm}$

Problem

- Moc wejściowa w kablu 4.0 km wynosi 2W. Wzmacniacz ze wzmocnieniem 64 dB jest zainstalowany 2.4 km od wejścia. Tłumienie kabla wynosi 2.5 dB/km
- Określ poziom mocy sygnału, dBm oraz moc w W na:
 - wejściu wzmacniacza
 - wyjściu systemu

Dostępność a niezawodność

- DOSTĘPNOŚĆ – jest to możliwość obiektu pozostawania w stanie gotowości do wykonania wymaganej funkcji jednorazowo w danym okresie czasu lub ciągle przez dowolny czas w danym przedziale czasu, z założeniem, że zapewniono wszelkie zewnętrzne zasoby, które dla wykonania danej funkcji mogą być niezbędne.
- DOSTĘPNOŚĆ – jest PRAWDOPODOBIENSTWEM; wartość jest bezwymiarowa (może być wyrażona w procentach)
- Z punktu widzenia praktycznego rozważamy dwa czynniki związane z dostępnością:
 - jak często system ulega awarii
 - jak szybko system może po awarii być przywrócony do stanu wykonywania funkcji
- NIEZAWODNOŚĆ – prawdopodobieństwo, że obiekt będzie mógł wykonywać funkcję przez dany okres.

Dostępność a niezawodność – c.d.

- **Przykład:** lecimy samolotem z Łodzi do Londynu
- Żądamy jak najwyższej **niezawodności!!** Chcemy szczęśliwie wystartować, przelecieć i wylądować – prawdopodobieństwo opisujące niezawodność musi być jak najbliższe jedności. Dostępność może być bardzo niska i nawet nie będziemy o tym wiedzieć (trzy godziny naprawia się i konserwuje samolot, zanim nas na następne trzy godziny zabierze w rejs – czyli dostępność wyniosła 0,5)

Dostępność

- Systemy z wysoką dostępnością są projektowane tak, aby automatycznie wykrywane były i izolowane awarie, wysyłane alarmy, przełączane na systemy zapasowe, itd. Zasadą jest, że żadna pojedyncza awaria nie może spowodować utraty usługi (**NSPF** – no single point of failure)
- Rozróżniamy dostępność elementu (części składowej) i dostępność usługi - mogą np. być dwa silniki w samolocie..... 😊

„Pięć dziewiątek” – „Five-9’s”

- Nazwa jest skrótem oznaczającym 99,999% dostępność usługi, co oznacza niesprawność systemu **5,26 minut w ciągu roku**
- Telekomunikacja była jedną z pierwszych dziedzin, gdzie wprowadzono system pięciu dziewiątek; obecnie niektóre elementy (szczególnie w sieciach teleinformatycznych) przekraczają ten wskaźnik
- W ślad za normą o jakości – ISO 9000, **Forum QuEST** (Quality Excellence for Suppliers of Telecommunications Forum) przygotowało, celem *„znaczej poprawy jakości, niezawodności i działania produktów i usług telekomunikacyjnych w całym świecie”*

Erlang

- Jest to bezwymiarowa wielkość – jednostka natężenia ruchu telekomunikacyjnego – w odróżnieniu od CCS nie definiuje czasu. Opisuje część wykorzystania możliwości – czyli maksymalnie można wykorzystać 100%; np. obserwacja trwa 10 minut, urządzenie jest wykorzystywane przez cały czas – wtedy mamy 1 Erlang. Jeżeli obserwacja trwa 1 godzinę – 1 Erlang będzie oznaczał pełną godzinę całkowitego wykorzystania
- Jeżeli w ciągu godziny obserwacji urządzenie jest zajęte przez 30 minut – natężenie wynosi 0,5 Erlanga

Erlang B

- Wzór rekomendowany przez ITU-T w Rekomendacji E.520, pozwalający obliczyć prawdopodobieństwo blokowania
- A – oferowany ruch [w Erlangach – czyli bez miana]
- N – liczba serwerów (linii)
- Pb – prawdopodobieństwo blokowania
- Zakłada się losowe połączenia nadchodzące (w rozkładzie Poissona), stałą długość lub wykładniczy rozkład długości czasów połączeń, kasowanie zablokowanych połączeń

$$Pb = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{X=0}^N \frac{A^X}{X!}}$$

Założenia do modelu Erlang B

- Niezależne generowanie żądań (nie umawiamy się, np. w internecie, że dzwonicmy dokładnie o jednej porze!)
- Czas rozmowy telefonicznej wypełnia rozkład wykładniczy
- Obsługa w algorytmie FIFO
- Model Erlanga działa, nawet gdy nadchodzące żądania odbiegają od rozkładu Poissona

Przykład – do wykonania

- Jakie jest prawdopodobieństwo zablokowania przy $A=0,3$; $N=6$

Po podstawieniu do wzoru i obliczeniu:

$$P_b = \text{XXXXXXXX}$$

- Co oznacza, że około xxx% prób będzie zablokowanych
- Generalnie przyjmuje się, że optymalna usługa telefoniczna powinna zapewnić P_b poniżej 1%

Kolejkowanie

- **Queuing** – wstrzymanie wykonywania usługi do momentu zwolnienia możliwości (np. przetrzymanie w buforze pakietu czekającego na przesłanie w sieci)
- Z kolejkowaniem związanych jest wiele zagadnień związanych z wyborem algorytmu obsługi kolejek. Najprostsze algorytmy, to:
 - FIFO – *first in first out* – obsługiwany jest najdłużej oczekujący – jak w sklepie (ale może być kolejka priorytetowa – obsługiwana „bez kolejki” – dwie ciężarne w kolejce do tej samej kasy 😊...)
 - LIFO – *last in first out* – obsługiwany jest najświeższy element oczekujący (tak działa stos pamięci)
- Inne zagadnienia: co zrobić gdy bufor się zatyka – bezpowrotnie wyrzucać?, wyrzucać już wcześniej z jakąś wzrastającą intensywnością?
- Jeżeli mamy kolejki z priorytetem – występuje problem starzenia dla niskich priorytetów. Jeżeli mamy pakiety bardzo długie i bardzo krótkie – może te krótkie przepuścić wcześniej?...

EEB (Extended Erlang B)

- Część zablokowanych połączeń wraca do systemu (użytkownik próbuje ponownie nawiązać łączność)
- Wyniki dokładniejsze, przy symulacjach trzeba mieć dane o ponownych połączeniach w stosunku do nieudanych

Model Erlang C

- Nieobsłużone żądania tworzą kolejkę
- Prawdopodobieństwo, że żądanie BĘDZIE CZEKAŁO:

$$P(A, N) = \frac{\frac{A^N N}{N!(N-A)}}{\sum_{x=0}^{N-1} \frac{A^x}{x!} + \frac{A^N N}{N!(N-A)}}$$

Erlang C – c.d.

- Prawdopodobieństwo, że żądanie będzie czekało (opóźnienie obsługi λ dłużej niż t :

h jest średnim czasem trwania rozmowy

$$P(\lambda > t) = P(A, N) \bullet \exp\left(\frac{-(N - A)t}{h}\right)$$

- Średnie opóźnienie λ_{sr} wynosi:

$$\lambda_{sr} = P(A, N) \bullet \frac{h}{N - A}$$

Czas połączenia – transmisji - przesłania

- **Holding Time** – jest to czas trwania rozmowy (samego zrealizowanego połączenia) plus czas potrzebny na czynności niezbędne do transmisji i odebrania (tzw. **Overhead**).
- Połączenia wychodzące (transmisja uplink) i przychodzące (downlink) mogą mieć różne czasy połączeń.
- W zależności od przeznaczenia (również zależnie od sprzętu), niektóre elementy zaliczamy lub nie do overheads, np. czas wybierania numeru, przydzielania IP, handshake...
- Czas overhead jest w zasadzie stały dla danego rodzaju połączeń, więc jego udział jest znaczny w połączeniach krótkich
- Modelujemy rozkładem wykładniczym

Od ARPANET do Internetu

Departament Obrony USA zainicjował projekt ARPANET w późnych latach 1960. Była to pierwsza na świecie rozległa sieć z przełączaniem pakietów i transmisją typu store-and-forward. Potem ARPANET powoli przekształcił się w globalny Internet (internet), 1994

Problemy do rozwiązania

1. *Routing*: jaką ścieżką powinny być transmitowane pakiety?
2. *Sterowanie przepływem*: jak unikać przeciążeń w sieci?
3. *Korekcja błędów*: jak automatycznie korygować błędy transmisji?
4. *Adresowanie*: jak najwygodniej adresować węzły końcowe?
5. *Bezpieczeństwo*: jak zagwarantować poufność i integralność informacji?
6. *Standaryzacja*: jak specyfikować aspekty techniczne węzłów aby umożliwić zastosowanie produktów sprzętowych i oprogramowania różnych producentów na rynku?
7. *Prezentacja*: jak umożliwić komunikację różnego typu komputerom?
8. *Zarządzanie*: jak zarządzać siecią na bieżąco i planować rozwój długoterminowy?