# Jakość transmisji multimedialnej

Opracowanie: Marcin Szykulski

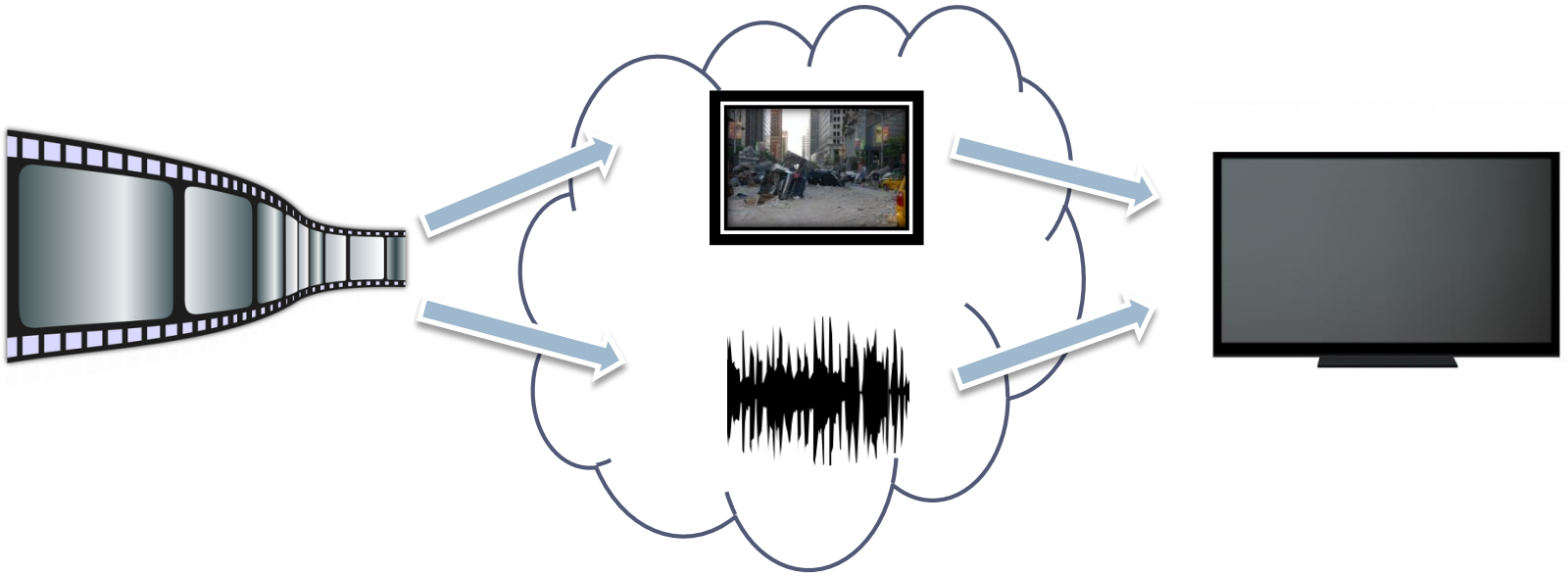
# Plan wykładu

- Transmisja multimedialna
- Czynniki wpływające na jakość transmisji
- Quality of Service
- Quality of Experience
- Badanie jakości transmisji multimedialnej
- Subiektywne badania jakości dźwięku
- Obiektywne badania jakości dźwięku

# Transmisja multimedialna

# Transmisja multimedialna

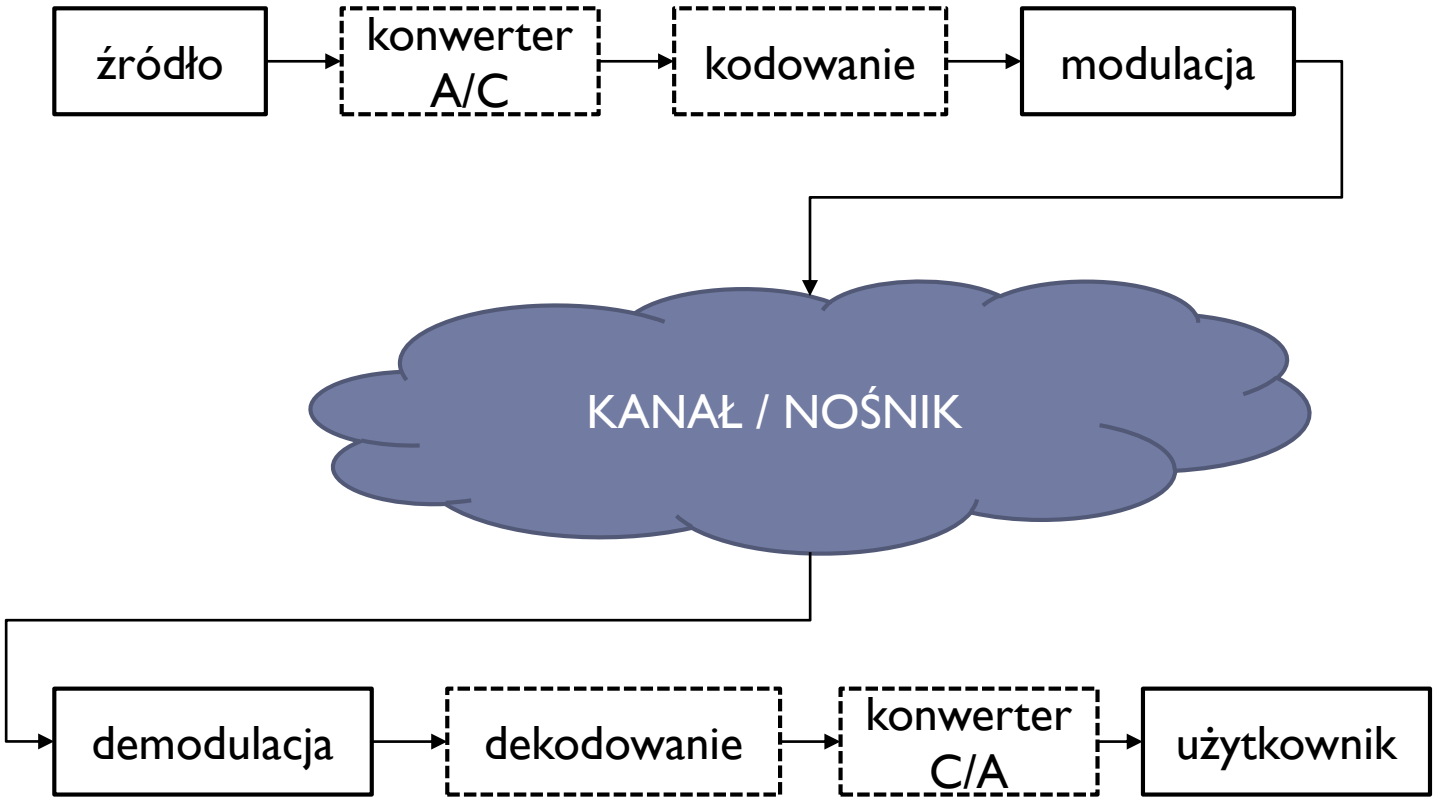
- Transmisja dźwięku, obrazu albo obrazu z towarzyszącym dźwiękiem
- Liczy się **ciągłość transmisji, synchronizacja** i **jakość sygnałów**



# Kanał transmisji/zapisu

- Analogowy
- telewizja
- telefonia
- radio
- płyty winylowe
- taśma magnetyczna, celuloidowa
- Cyfrowy
- cyfrowa telewizja (satelitarna, DVB)
- cyfrowa telefonia (GSM, VoIP, wideokonferencje)
- interfejsy audio/wideo (SPDIF, HDMI)
- nośniki optyczne (DVD, Blu-ray)
- pamięć dyskowa, flash
- streaming (przez sieć IP)

# Transmisja cyfrowa



# Przykład – transmisja dźwięku

źródło → konwerter A/C → modulacja → edycja → kodowanie

PCM

mp3, AAC, FLAC

Przechowywanie w chmurze

dekodowanie → demodulacja → konwerter C/A → odtwarzanie → użytkownik

# Czynniki wpływające na jakość transmisji

# Czynniki wpływające na jakość transmisji cyfrowej

# Kompresja

- Dane multimedialne są na ogół transmitowane **po kompresji**
- Największe współczynniki uzyskuje się przy **kompresji stratnej,** która usuwa część informacji z sygnału
- Przykładami kompresji są np. kodeki mp3, AAC, G.711 dla dźwięku i MPEG-2 lub H.264 dla obrazu
- Kluczowym parametrem kodeka jest **przepływność bitowa**
- Kompresja ma obecnie **największy** wpływ na jakość sygnału multimedialnego

# Kompresja - przykład

**Figure 1: a small segment of a frame viewed at 100%, showing blockiness at 1000 kbps. Each macro block is 8x8 pixels. The frame is of a fast moving bike rider and the result for WMV-8 matches that for MPEG4 in MP4.**

http://forum.mediacoderhq.com/viewtopic.php?f=17&t=11978

# Opóźnienie w transmisji

- Na opóźnienie wpływają następujące czynniki:
- kodeki (opóźnienie pakietyzacji)
- prędkość transmisji (opóźnienie transportu)
- odległość między nadajnikiem a odbiornikiem (czas propagacji)

- W przypadku znacznych wartości opóźnienie może być odczuwalne i uciążliwe (np. rozmowa przez telefon satelitarny).
- Uznaje się, że wartości rzędu 10-100 ms to tzw. *low latency*
- Różne wartości opóźnień dla audio i wideo mogą powodować desynchronizację

# Jitter

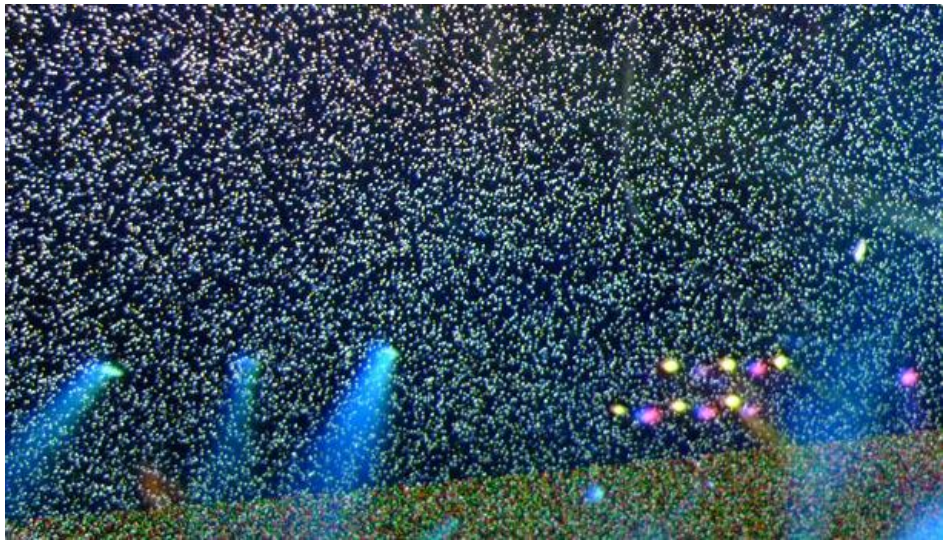
- Zjawisko polegające na błędach w czasie odebrania (odczytu) transmitowanych danych
- Zjawisko powszechne w sieciach IP, gdzie zdarza się, że datagramy docierają do odbiornika ze **zmiennym opóźnieniem** lub w **błędnej kolejności**
- Rozwiązaniem jest bufor (*jitter buffer*), w którym przechowywanych jest kilka pakietów, a następnie ustawiane są we właściwej kolejności. Ceną jest jednak wprowadzenie **dodatkowego opóźnienia**.

# Błędy bitowe

- Przekłamania na pojedynczych bitach
- Powodem może być zużycie się nośnika lub złe warunki w kanale transmisji (niski poziom sygnału, zakłócenia)
- Bitowa stopa błędu (Bit Error Rate) – określa prawdopodobieństwo wystąpienia przekłamania bitowego
- Kodowanie kanałowe pomaga uchronić się przed błędami
- Jeśli błąd wystąpi, może być naprawiony przez kod korekcyjny

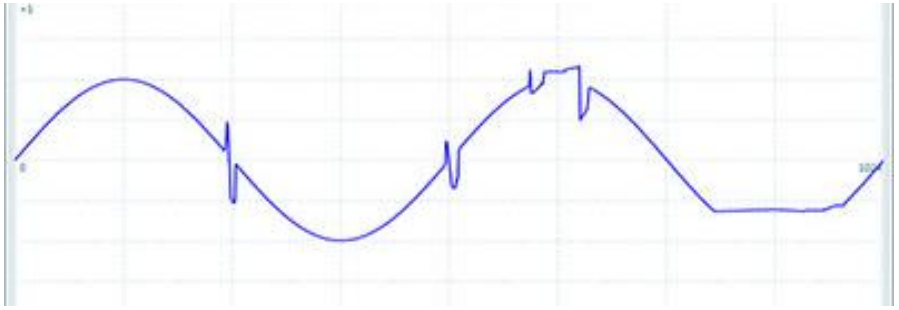
# Błędy bitowe

- w obrazie



http://www.cnet.com/news/why-all-hdmi-cables-are-the-same/

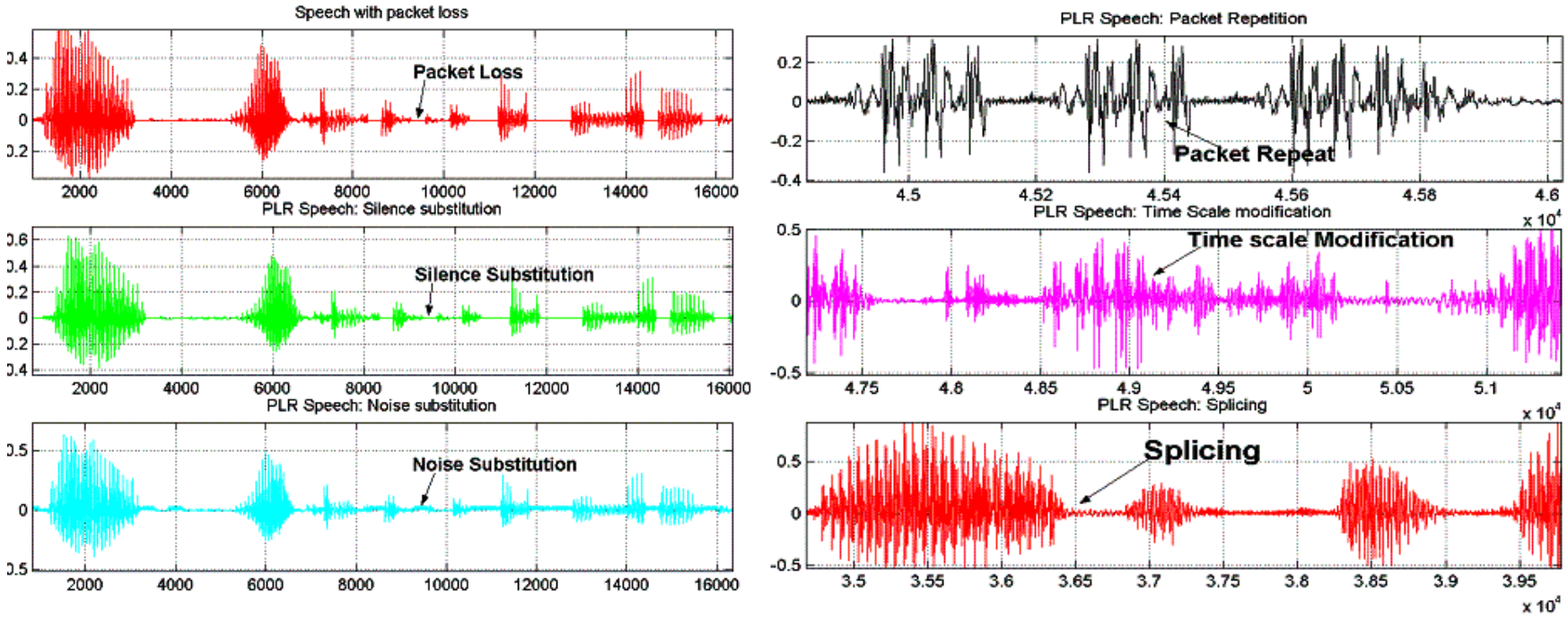
- w dźwięku



# Utrata pakietów

- W sieciach IP **nie wszystkie** pakiety docierają do adresata
- Powodem może być przeciążenie łącza, zbyt duża ilość kolizji pakietów w sieci lokalnej
- Pakiety mogą gubić się pojedynczo „packet gap” lub paczkami „burst”
- W przypadku transmisji multimedialnej skutkuje to **przerwami w sygnale** audio i wideo
- Błędy można naprawić za pomocą algorytmów PLC (*packet loss concealment*)

# Utrata pakietów




http://www.cnel.ufl.edu/~pravin/Page_5.htm

# Inne czynniki

- Oprócz wymienionych, na wrażenie jakości sygnału składają się też takie elementy jak:
- **jakość** użytych **przetworników** nadawczych i odbiorczych (kamery, mikrofony, głośniki, telewizory)
- **charakterystyka pomieszczenia**, w którym odtwarzany jest sygnał
- obecność **zakłóceń**
- i wiele innych…

# Quality of Service, Quality of Experience

# Quality of Service

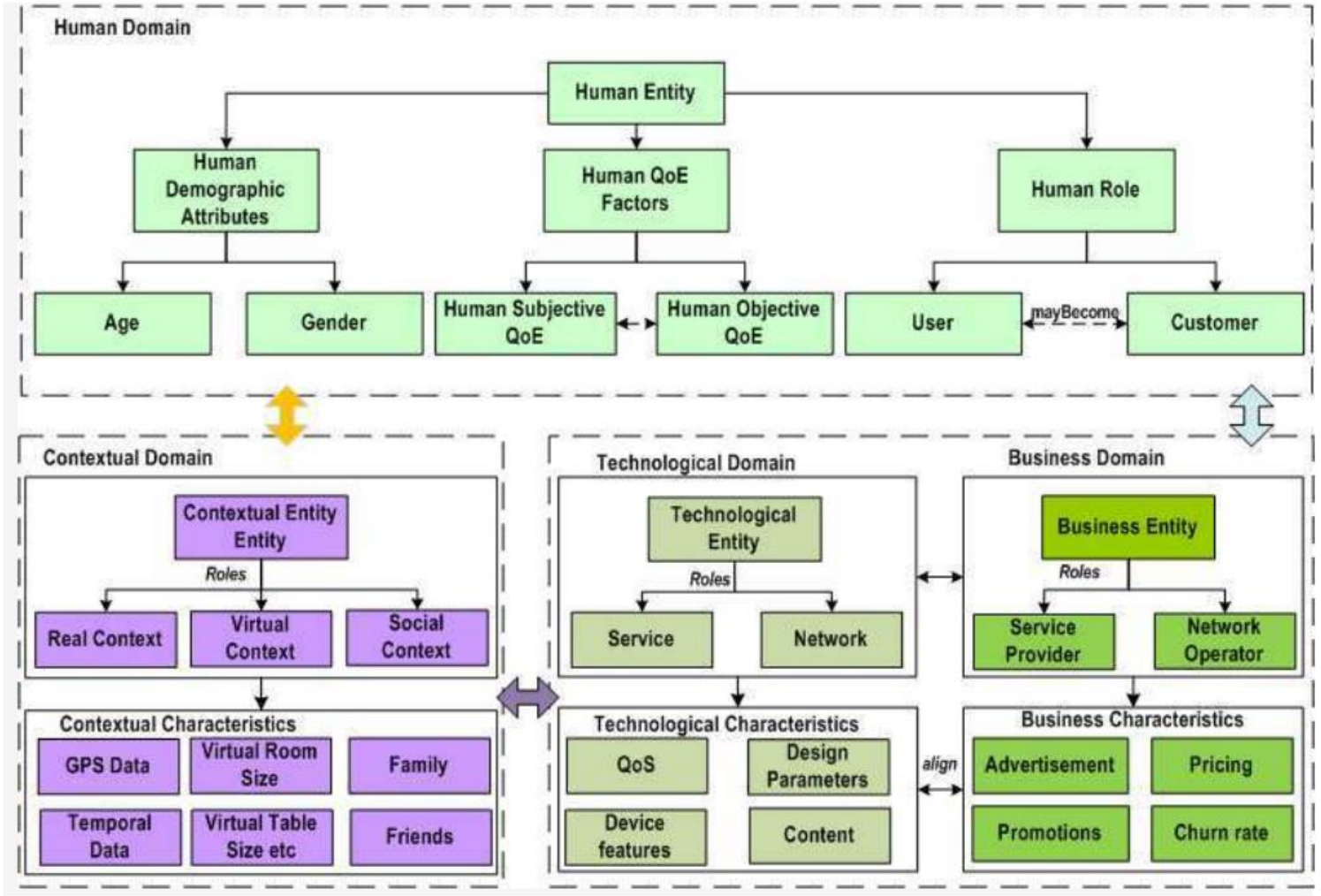
- Termin Quality of Service (QoS) oznacza szereg metryk składających się na *jakość* usług telekomunikacyjnych, w postaci zdefiniowanych parametrów technicznych.
- System gwarantujący QoS musi spełniać m. in. następujące wymagania:
- stałą, gwarantowaną przepustowość łącza
- scharakteryzowany stopień synchronizacji strumieni
- gwarantowany poziom usług (np. ilu użytkowników naraz można obsłużyć)
- gwarantowane opóźnienie w wyznaczonych granicach

# Quality of Experience

- Pojęcie Quality of Experience (QoE) określa, w jakim stopniu użytkownik jest *zadowolony* z usługi telekomunikacyjnej
- QoE jest szerokim, subiektywnym pojęciem, obejmującym całość wrażenia użytkownika. Wśród składników można wymienić:
- postrzeganą jakość dźwięku/obrazu
- warunki odtwarzania sygnału (urządzenie odbiorcze, pomieszczenie)
- QoS: czas dostępu do usługi, stabilność połączenia itp.

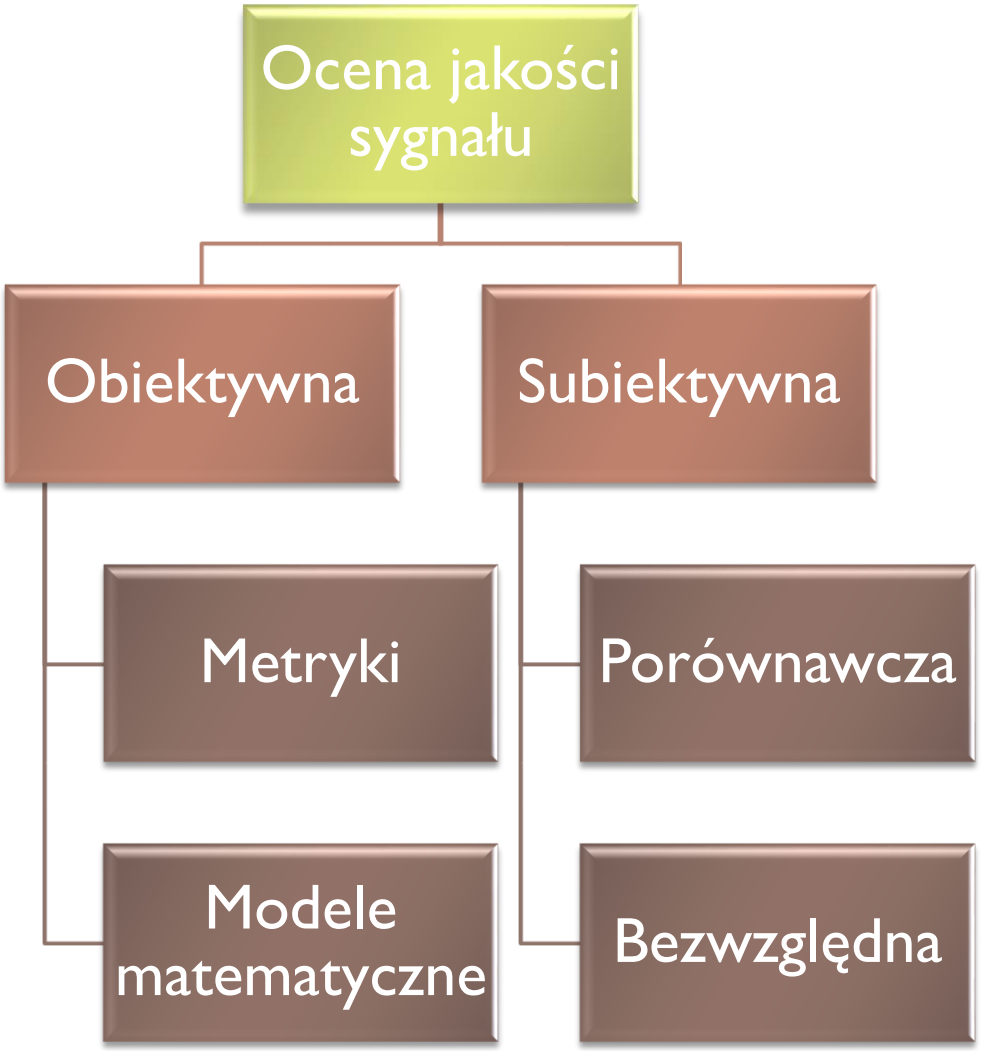
# Quality of Experience

- Przykładowy model QoE

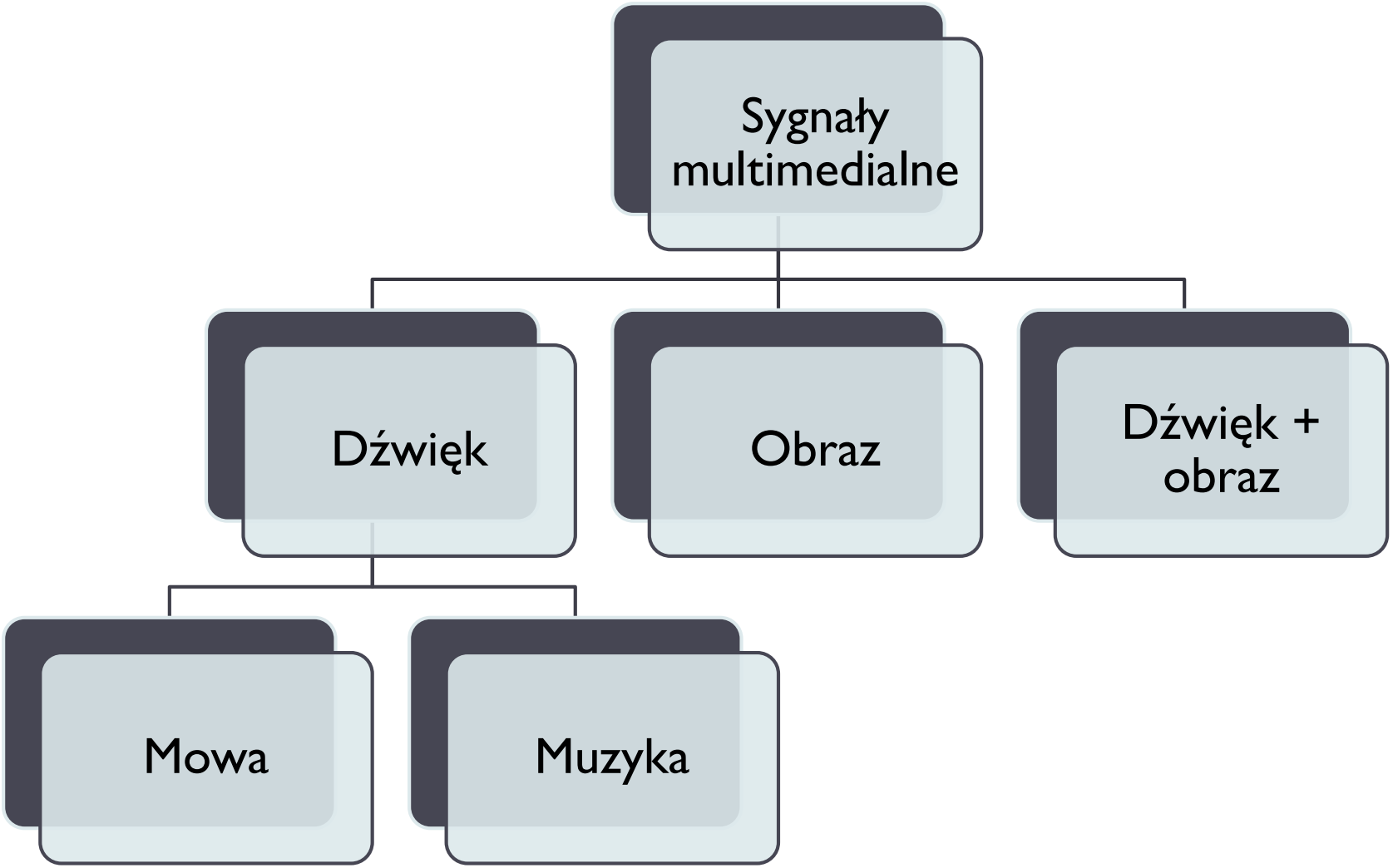


# Badanie jakości transmisji multimedialnej

# Metody badania jakości transmisji



# Rodzaje ocenianych sygnałów



# Metody subiektywne

- W metodach **subiektywnych** potrzebne jest zaangażowanie ludzi, którzy oceniają sygnały
- Oceniający powinni być wiarygodni, nieraz wyszkoleni
- Konieczne jest zapewnienie właściwych warunków oceny sygnałów
- Umożliwiają ocenę **wrażenia** odbiorcy
- Są czasochłonne i trudne do zorganizowania
- Ze względu na czynnik ludzki wyniki są obarczone niepewnością
- Wyniki testów wymagają obróbki statystycznej

# Metody obiektywne

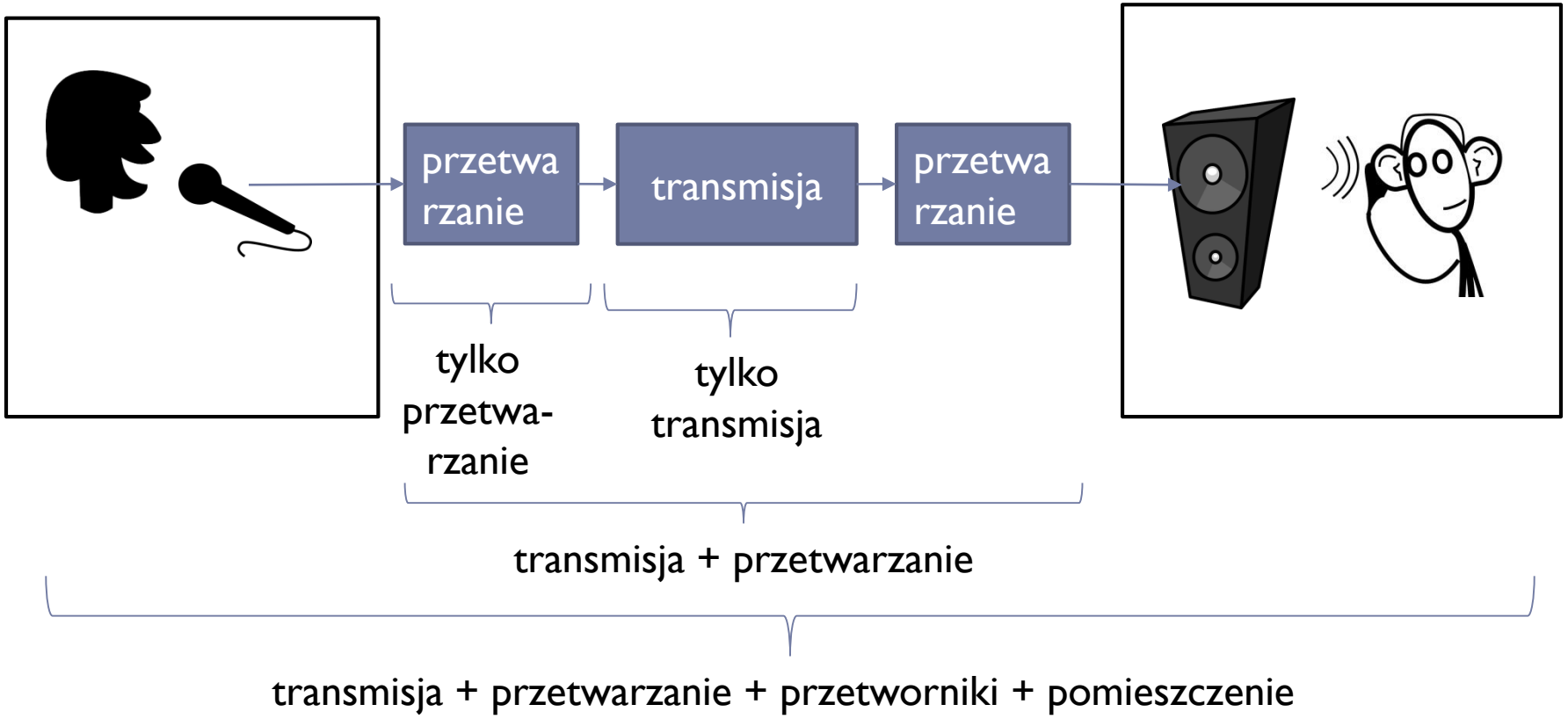
- Mają za zadanie usprawnić i ułatwić prowadzenie testów
- Działają w sposób deterministyczny
- Przeprowadzane w sposób automatyczny
- Wymagają zarejestrowanych sygnałów i parametryzacji
- Niektóre aspekty jakościowe są trudne do oceny (np. wrażenia psychoakustyczne)

# Rekomendacje

- Badania jakości sygnału powinny być przeprowadzane **wg rekomendacji organizacji standaryzujących**
- Rekomendacje specyfikują **warunki przeprowadzania testów**, np. rozmiar, pogłosowość pomieszczenia, rozmieszczenie głośników, sygnały testowe, miary itp.
- Umożliwia to powtórzenie badania i otrzymanie porównywalnych rezultatów
- Organizacje standaryzujące to np. ITU-T, AES, EBU, Polska Norma

# Co badamy?

- W zależności od konfiguracji testów badany może być cały tor telekomunikacyjny albo jego wycinek



# Subiektywne metody badania jakości dźwięku

# Subiektywne testy jakości dźwięku

- Subiektywna ocena jakości dźwięku odbywa się poprzez tzw. **testy odsłuchowe**
- W testach sygnały mogą być oceniane bezwzględnie lub porównawczo
- Historycznie najważniejsze jest badanie jakości **sygnału mowy** na potrzeby telefonii

# Absolute category rating (ACR)

- Dyrektywa ITU-T P.800
- Powstała dla sygnału mowy
- Wprowadza skalę **MOS – Mean Opinion Score**
- Każda próbka oceniana **z osobna**
- Skala MOS ze względu na swą popularność jest też często używana do oceny innych sygnałów

| Skala | Ocena | Kategoria | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Bezwzględna ocena jakości** | **Wysiłek słuchowy** | **Głośność** |
| A | 5 | Doskonała | Całkowity relaks | Znacznie głośniej niż potrzeba |
| B | 4 | Dobra | Niewielka uwaga | Głośniej niż potrzeba |
| C | 3 | Dość dobra | Umiarkowana uwaga | Głośność optymalna |
| D | 2 | Słaba | Znaczny wysiłek słuchowy | Ciszej niż potrzeba |
| E | 1 | Zła | Brak zrozumienia, duża uwaga | Zbyt cicho |

# Absolute category rating (ACR)

- Przykład – ocena jakości mowy zakodowanej stratnie

| Kodek | Bit Rate (kbps) | Ocena MOS |
|---|---|---|
| G.711 PCM | 64 | 4,1 |
| SILK | 40 | 4,49 |
| G.726 ADPCM | 32 | 3,85 |
| G.728 LD-CELP | 16 | 3,61 |
| G.729 CS-ACELP | 8 | 3,92 |
| G.729 kodowane x 2 | 8 | 3,27 |
| G.729 kodowane x 3 | 8 | 2,68 |
| G.729a CS-ACELP | 8 | 3,7 |
| G.723.1 MP-MLQ | 6,3 | 3,9 |
| G.723.1 ACELP | 5,3 | 3,65 |

# Degradation category rating (DCR)

- Próbki oceniane parami (A-B)
- Wyraźnie wskazany sygnał referencyjny
- Oceniający ma za zadanie skupić się na **zniekształceniach**

| Ocena DMOS | Jakość | Zniekształcenia |
|---|---|---|
| 5 | Doskonała | Niesłyszalne |
| 4 | Dobra | Słyszalne, ale nieuciążliwe |
| 3 | Dość dobra | Słyszalne i nieco uciążliwe |
| 2 | Słaba | Uciążliwe |
| 1 | Zła | Bardzo uciążliwe |

# Comparison category rating (CCR)

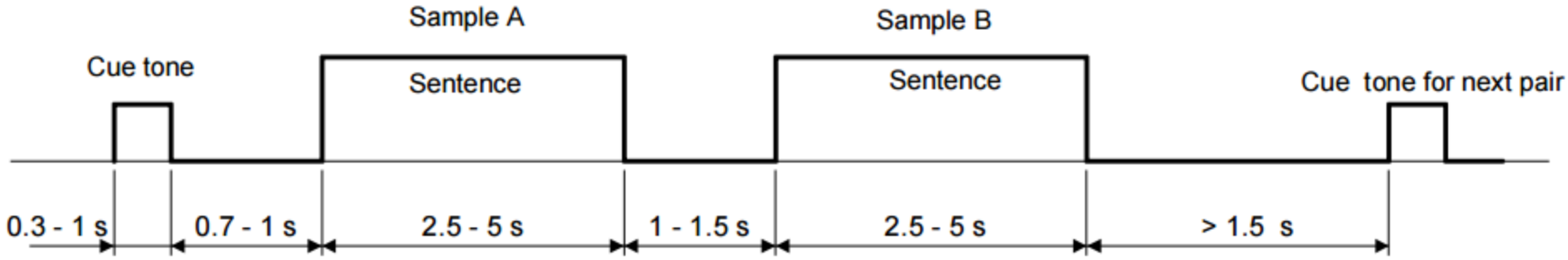
- Próbki oceniane parami (A-B)
- Sygnał referencyjny **nie jest wskazany**
- Oceniający ma za zadanie porównać jakość próbek i wskazać lepszą
- Uzyskiwana ocena CMOS (Comparative MOS)

| Ocena CMOS | Porównanie jakości |
|---|---|
| 3 | B jest znacznie lepsze od A |
| 2 | B jest lepsze od A |
| 1 | B jest nieco lepsze od A |
| 0 | Mniej więcej ta sama jakość |
| -1 | B jest nieco gorsze od A |
| -2 | B jest gorsze od A |
| -3 | B jest znacznie gorsze od A |

# Comparison category rating (CCR)

Specyfikacje wg ITU-T P.800

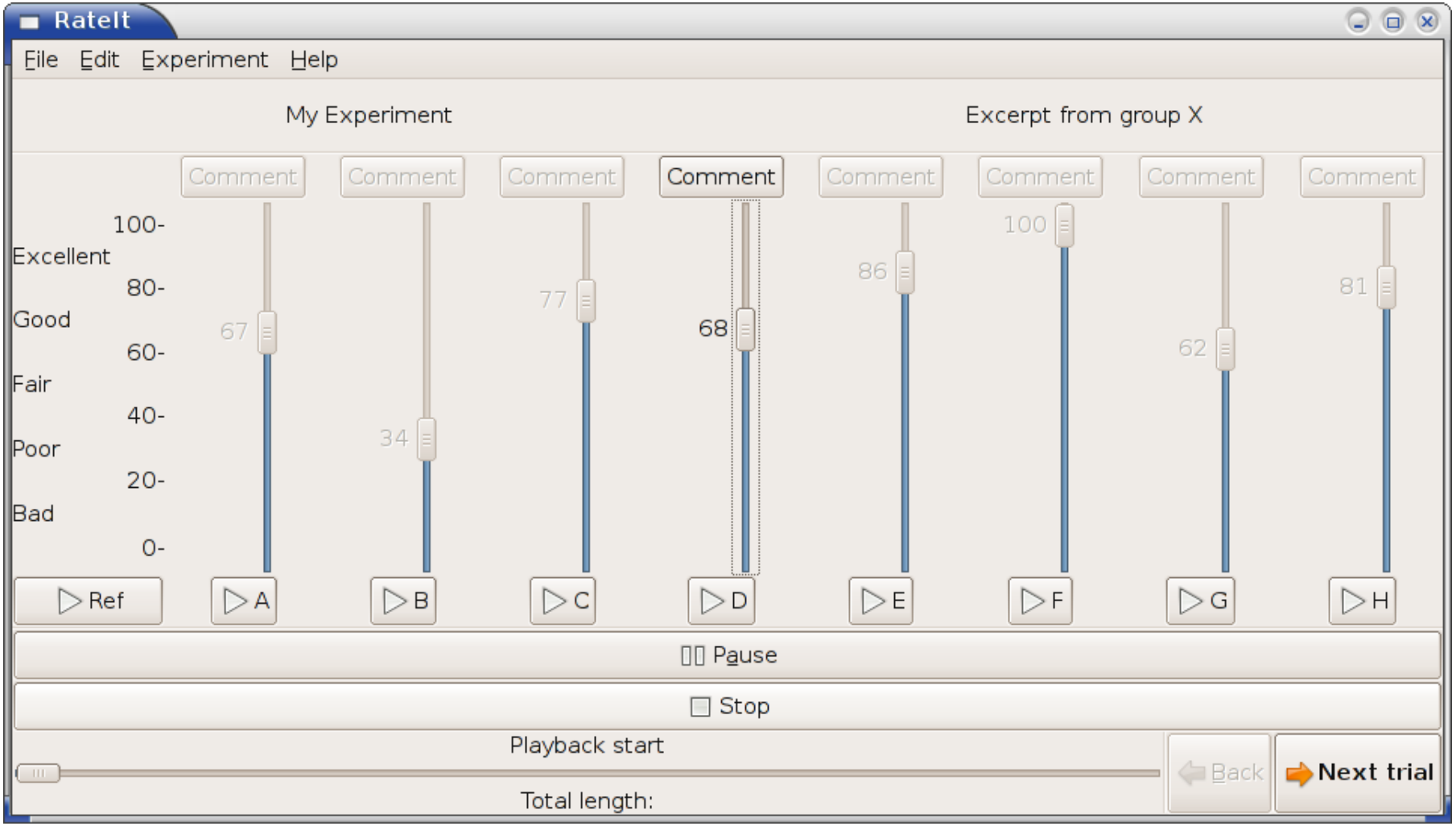
- Długość sesji 10-15 minut
- Rozłożenie próbek



# MUSHRA

- Dyrektywa BS.1534 – **MU**ltiple **S**timulus with **H**idden **R**eference and **A**nchors
- Test używany do oceny sygnałów **o średnim i dużym zniekształceniu sygnału**
- 100-stopniowa skala – rozszerzenie skali MOS
- Wśród pobudzeń (Stimulus) zawarte muszą być sygnały:
- Referencyjny (Reference)
- Ukryty referencyjny (Hidden Reference)
- Sygnał ograniczony pasmowo – zwykle do 3.5 kHz – (Anchor)
- Sygnały podlegające ocenie

# MUSHRA - przykład



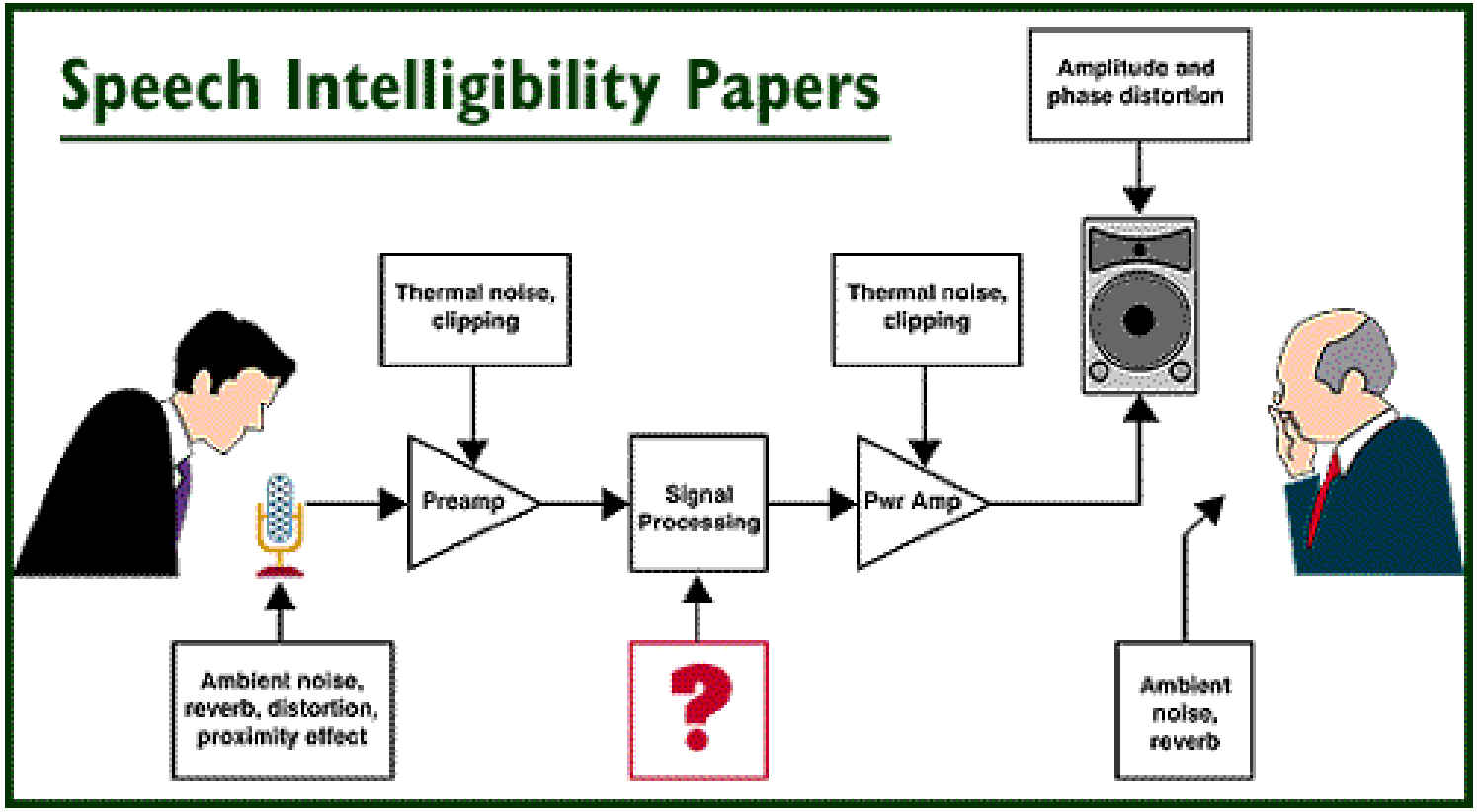

http://rateit.sourceforge.net/

# Badania zrozumiałości mowy

- Od systemów **komunikacyjnych** wymaga się stuprocentowej **zrozumiałości** mowy
- Zrozumiałość mowy można badać na poziomie **wyrazowym, zdaniowym** lub **logatomowym**
- Ze zrozumiałością mowy powiązane są obiektywne metryki takie jak: AI (Articulation Index), STI (Speech Transmision Index), RASTI, SII (Speech Intelligibility Index)
- Oparte na analizie m.in. poziomu sygnału do szumu, czasu pogłosu

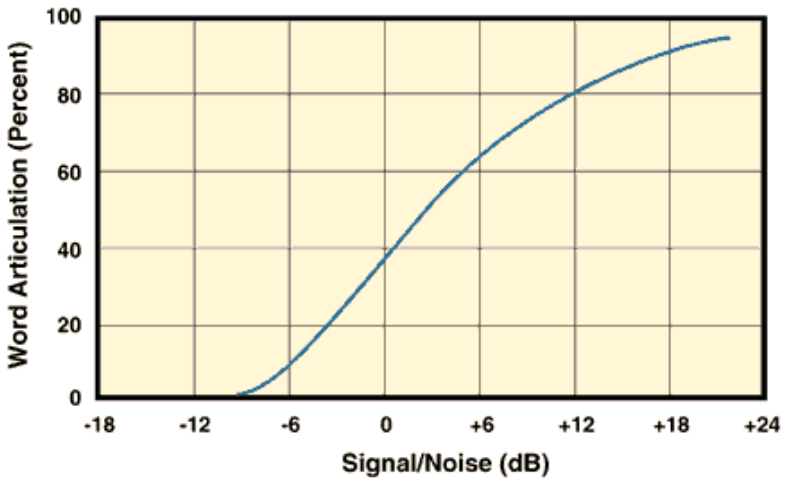
# Badanie zrozumiałości mowy

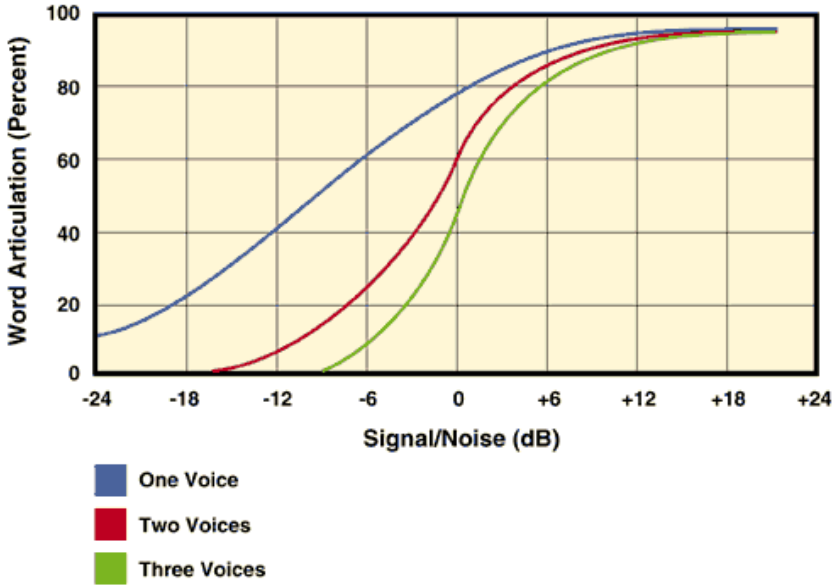
- Przykład




http://www.meyersound.com/support/papers/speech/

# Badanie zrozumiałości mowy




http://www.meyersound.com/support/papers/speech/

# Badanie zrozumiałości mowy

- **Logatomy** (ang. *nonsense words*) to jednostki wyrazopodobne, które w danym języku nie mają żadnego znaczenia
- Pozwalają sprawdzić, czy słuchacz faktycznie zrozumiał komunikat, czy domyśla się jego treści
- W odpowiedniej formie pozwalają też na ocenę zrozumiałości **poszczególnych głosek**
- Badanie wg normy PN-90/T-05-10

np. *snodil, cnodyl, nodyl, modyl, znodil, zmodyl, znodyl*

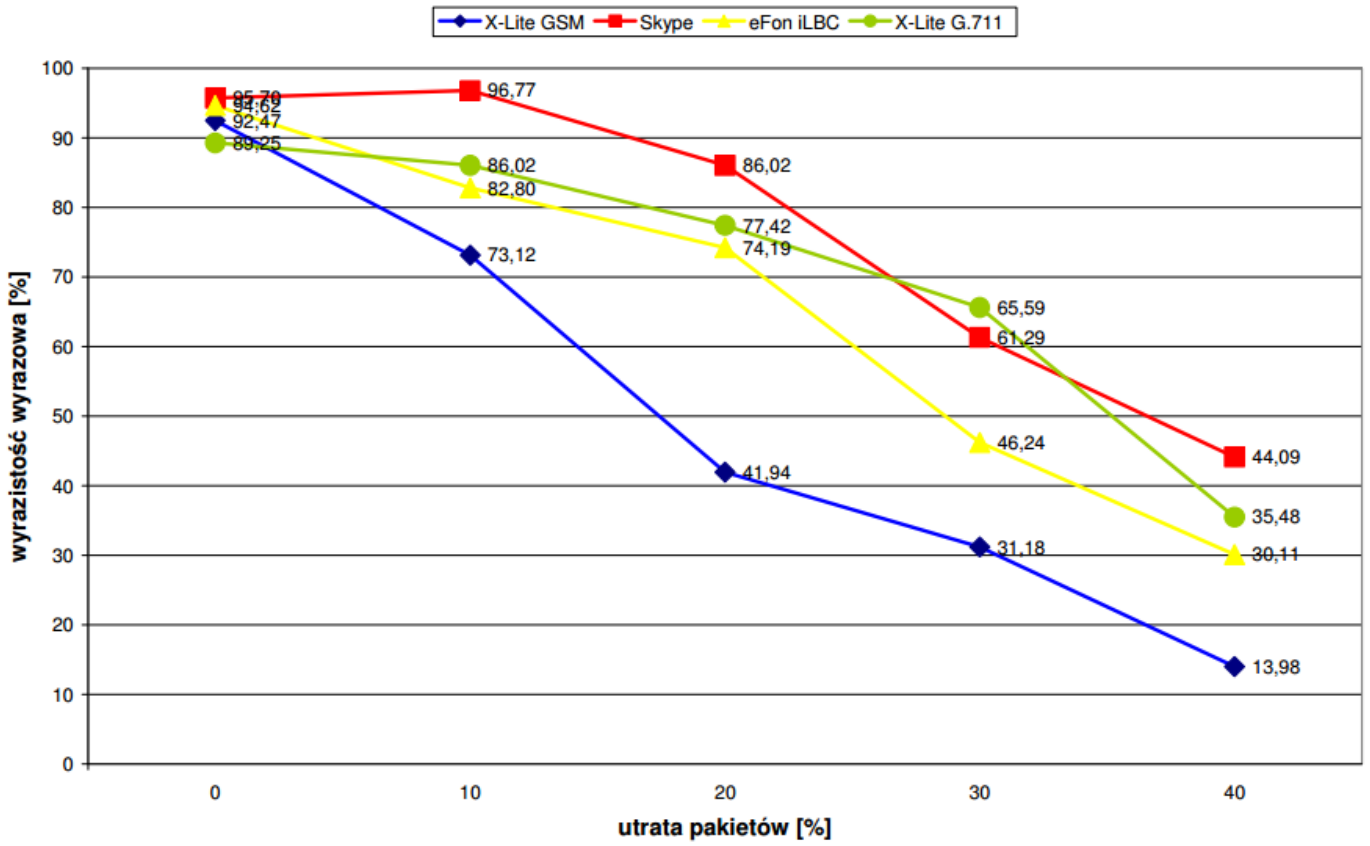
# Badanie zrozumiałości mowy

- Zrozumiałość można również badać z wykorzystaniem zdań nieprzewidywalnych semantycznie
- Zdania te są poprawne składniowo, zgodne z gramatyką, ale „bez sensu”
- Np. „*Stół szedł przez niebieską prawdę*”

- Wyniki skorelowane z metodą logatomową
- Metoda mniej męcząca
- Bardziej czasochłonna

# Badanie zrozumiałości mowy

- Przykład – zależność wyrazistości wyrazowej od p-stwa utracenia pakietu w VoIP




http://www.tele.pw.edu.pl/ajanicki/docs/aj-kst06.pdf

# Obiektywne metody badania jakości dźwięku

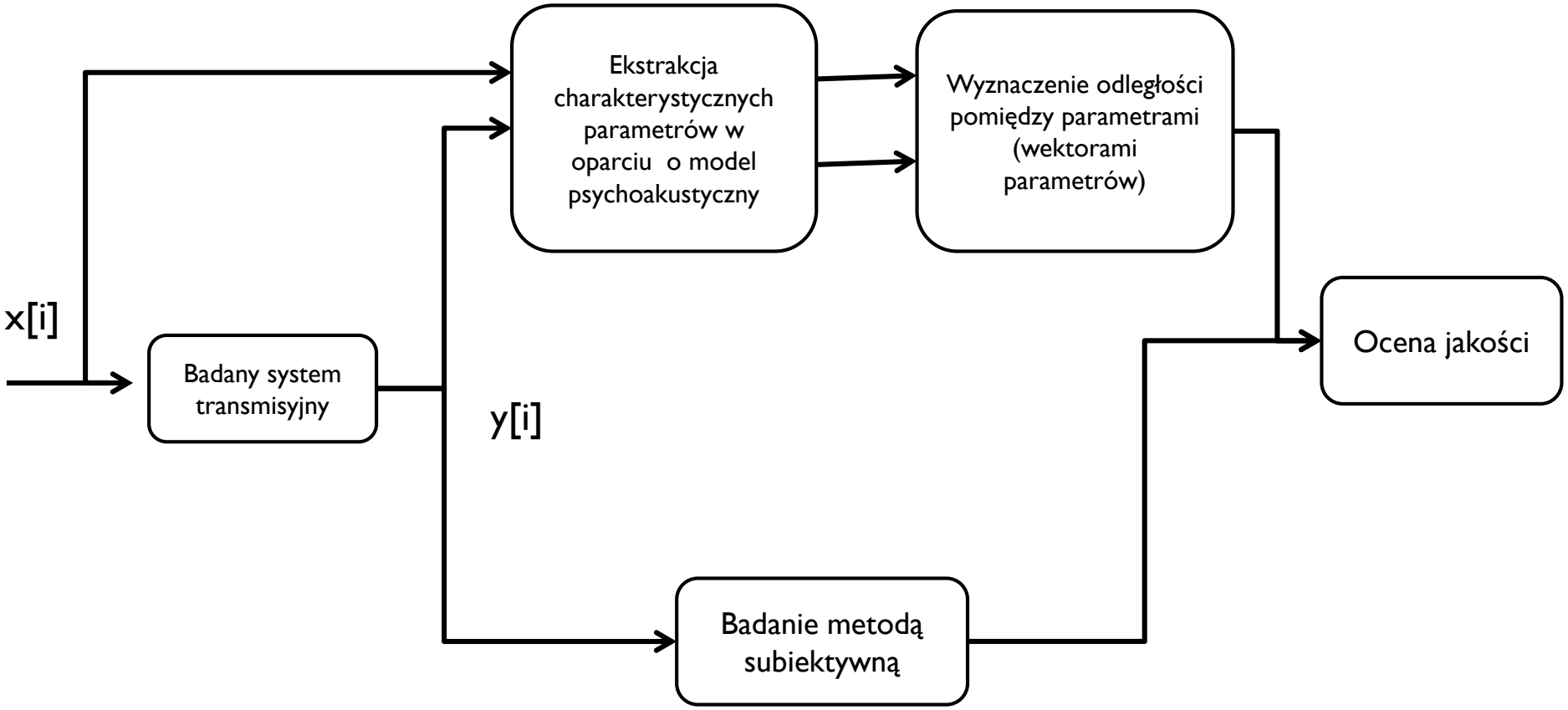
# Metryki

- Parametry powiązane z jakością sygnału:
- Signal-to-Noise Ratio (SNR)
- Segmental SNR (SEGSNR)
- Peak SNR (PSNR)
- Articulation Index (AI)
- …
- Parametry służące do porównania sygnałów
- Mean Square Error (MSER)

# Metody oparte na modelu matematycznym

- Mają za zadanie **przybliżyć wyniki testów subiektywnych**
- Wykorzystują modelowanie psychoakustyczne
- Powiązanie między parametrami sygnału a oceną zawarte jest w krzywej odniesienia
- Krzywą tworzy się na podstawie badań metodą subiektywną z udziałem referencyjnej grupy słuchaczy

# Metody oparte na modelu matematycznym



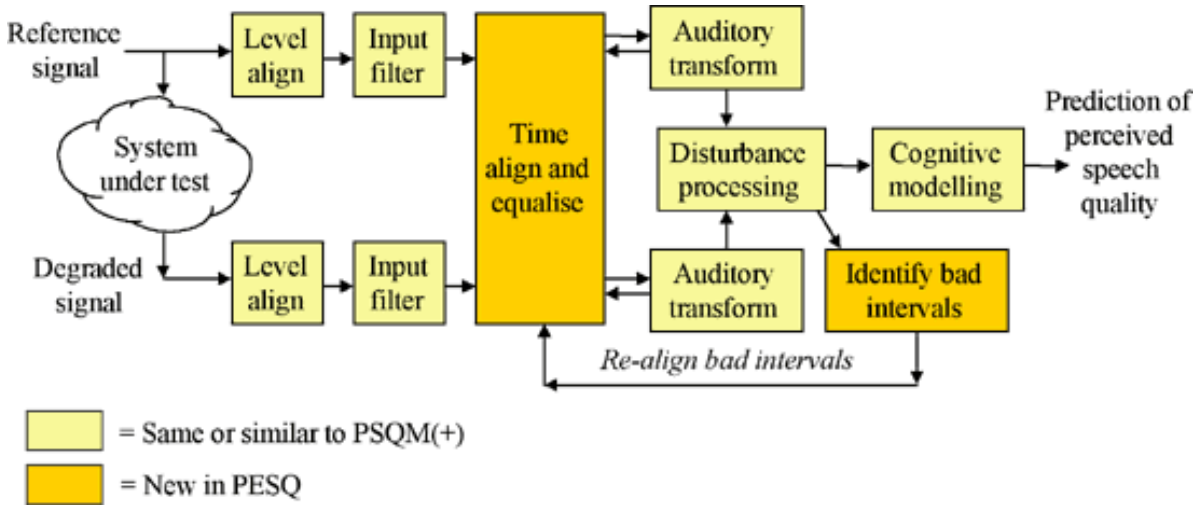

x[i] – sygnał odniesienia
y[i] – sygnał zniekształcony

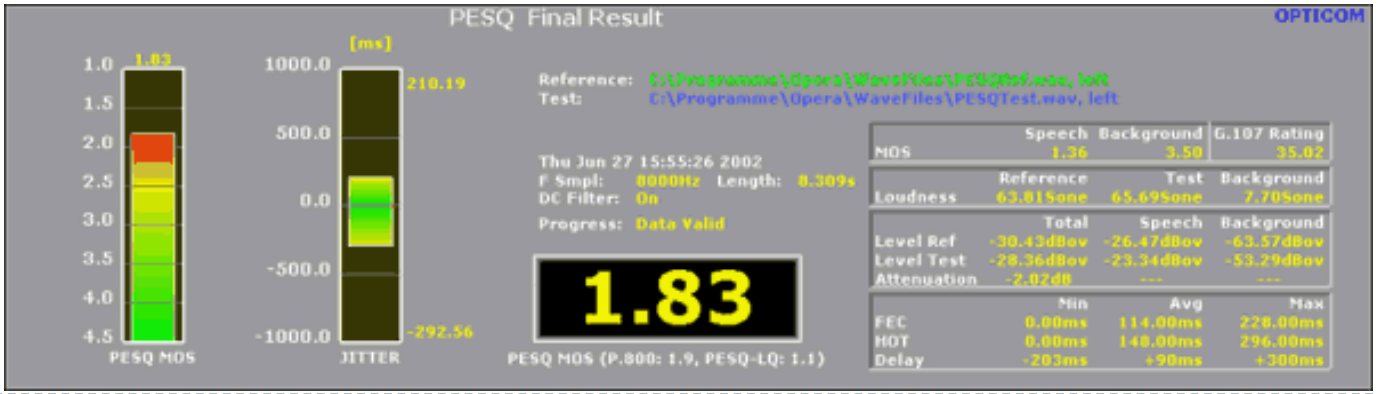
# Metody obiektywne

- PESQ – Perceptual Evaluation of Speech Quality – ITU-T P.862 – dobrze skorelowana z miarą MOS, oparta na modelu psychoakustycznym
- PEAQ – Perceptual Evaluation of Audio Quality – rozszerzenie miary PESQ na inne sygnały, w tym muzykę – ITU-R BS.1387
- PSQM – Perceptual Speech Quality Measure – ITU-T P.681, wcześniejsza miara, później zastąpiona przez PESQ

# Metody obiektywne

- Obliczanie PESQ w programie Opticom Opera




http://www.opticom.de/technology/pesq.php

# Źródła


- M. Kulesza. K. Łopatka „Jakość transmisji multimedialnej i metody jej badania”, wykład z przedmiotu systemy i terminale multimedialne
- A. Janicki et al., Badanie jakości sygnału mowy w telefonii internetowej z wykorzystaniem zdań nieprzewidywalnych semantycznie, http://www.tele.pw.edu.pl/ajanicki/docs/aj-kst06.pdf
- R. Ziemer, W. Tranter, Principles of Communications, Wiley 2002
- „Troubleshooting Common Issues in VoIP”, Solarwinds Whitepaper
- http://www.tnt-audio.com/clinica/jitter1_e.html
- http://www.objs.com/survey/QoS.htm
- Khalil Ur Rehman LAGHARI. On quality of experience (QoE) for multimedia services in communication ecosystem. Other. Institut National des Telecommunications, 2012.
- Jones R., Speech intelligibility papers, http://www.meyersound.com/support/papers/speech/