

Kodowanie i teoria informacji

Zapisywanie i kompresja dźwięku

Krzysztof Kaspruk

Warunki wykorzystania: Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0 Unported
Politechnika Lubelska

Lublin, 15.05.2012



Plan prezentacji

- 1 Krótka historia sposobów zapisu dźwięku
- 2 Sposoby zapisu dźwięku w postaci cyfrowej
- 3 Sposoby kompresji dźwięku
- 4 Zakończenie



Spis treści

- 1 Krótka historia sposobów zapisu dźwięku
- 2 Sposoby zapisu dźwięku w postaci cyfrowej
- 3 Sposoby kompresji dźwięku
- 4 Zakończenie



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Fonoautograf

- wynalazca: Édouard-Léon Scott de Martinville (patent – 25 marzec 1857)
- przyrząd laboratoryjny służący do badania dźwięku, skonstruowany na podobieństwo ucha ludzkiego (wynalazca – z zawodu drukarz i sprzedawca książek – zafascynowany był informacjami o anatomii ucha, przeczytanymi w ramach obowiązków służbowych)
- **zapis** dźwięku na cylindrze pokrytym sadzą (brak możliwości odtworzenia)
- brak zainteresowania środowiska naukowego (wynalazek i zarejestrowane przezeń dźwięki popadły w zapomnienie)
- fonoautogramy Scotta odtworzone w 2008 dzięki technice komputerowej – **najstarszy odtworzony zapis głosu ludzkiego** – kwiecień/maj 1860, **najstarszy odtworzony zapis muzyki** – Au clair de la lune, 9 kwietnia 1860 r.



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Fonograf

- wynalazca: Thomas Edison, 1877 r.
- zapis na cylindrze pokrytym cynfolią, ołowiem lub woskiem
- możliwość **odtworzenia** zapisu, modulacja wgłębna
- zastosowania: stenografia, nauka języków obcych, muzyka
- komercjalizacja dopiero po sukcesach konkurencji
- pierwsze nagrania, istniejące do dziś: „mówiący zegar” (ok. 1878), Izrael w Egipcie „live” (29 czerwiec 1888)
- koniec XIX w. – początek przemysłu muzycznego – nagrania i sprzęt Edison, Volta Graphophone Company (późniejsza Columbia), Pathé...
- wady: brak możliwości łatwego kopiowania (konieczność nagrywania wielu kopii jednocześnie i powtarzania nagrań, później kopiowanie pantografem, wreszcie wykonywanie matryc), nietrwałość (coraz lepsze materiały)
- zalety: CLV, możliwość wykonania własnych nagrań i „kasowania” starych, małe rozmiary wałków



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Gramofon

- Emile Berliner, 1887 r.
- modulacja wboczna koncentrycznego rowka „rysowanego” przez rylec na okopconym dysku, przenieszonego następnie metodą fotorytowniczą na metalową płytę, z której można było następnie wykonać negatywową matrycę; z matrycy Berliner tłoczył w kauczuku pozytywowe odbitki (z czasem dysk pokryty sadzą zastąpiono dyskiem pokrytym woskiem a płyty gramofonowe tłoczono z szelaku)
- zalety: łatwość duplikacji nagrań
- wady: CAV, brak możliwości własnych nagrań
- koniec lat 90-tych XIX wieku – koniec firmy Berlinera w USA wskutek pozwów American Graphophone Company, producenta ... cylindrów (patent na „pływającą” igłę, przesuwaną przez rowek)
- od 1910 koniec ery cylindrów, Edison Disc Record



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Nagranie „elektryczne”

- metoda opracowana przez Western Electric, zakupiona przez Victora, Columbię i innych, potem wysyp konkurencyjnych systemów
- dźwięk przekazywany nie do tuby, ale do mikrofonu, wzmacniany we wzmacniaczu i służący do wysterowania elektromagnetycznej głowicy wycinającej rowek w woskowej kliszy
- efekt – poprawa jakości dźwięku, pasmo przenoszenia do 5 kHz (system akustyczny – do 2-3 kHz), poprawa głośności, możliwość nagrywania dowolnych instrumentów
- data wprowadzenia – 1925 (pierwsze eksperymenty – 1913, 1921), Polska – 1929
- odtwarzanie „elektryczne” w domu – popularne od końca lat 30-tych (USA)/połowy 50-tych (Polska), początkowo w gramofonach używano adapterów magnetycznych, potem krystalicznych, igły stalowe, potem szafirowe/diamentowe



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

„Drutofon”

- pionier – Valdemar Poulsen i jego Telegraphone (1898 r.)
- nośnik – cienki drut stalowy
- wady – krótki czas nagrania, bardzo kosztowny nośnik, kiepskie parametry (trochę lepsze przy zastosowaniu stałego prądu podkładu, jeszcze lepsze przy zmiennym prądzie podkładu), olbrzymia waga (zapis 20 minut wymagał 3 kg drutu), wysoka prędkość 61 cm/s + długi zwój (2,2 km na godzinny program!) + mała średnica (prawie jak włos) = problemy z supłami i pękaniem nośnika
- możliwość ograniczonej edycji materiału, wykorzystanie w radiofonii
- 1944-1945 – wykorzystanie drutofonu i nagranych dźwięków oddziałów bojowych do zmylenia Niemców na froncie zachodnim (-;
- 1944 – Halim El-Dabh (Kair) – pionier muz. elektronicznej
- komercyjne urządzenia w późnych l. 40-tych (USA)



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Magnetofon

- odkryty przez majora Jacka Mullina ... w niemieckiej stacji radiowej koło Frankfurtu – podwaliny sukcesu firmy Ampex
- obojętne reakcje przemysłu płytowego i filmowego, Bing Crosby jako early adopter (niechęć do niskiej jakości płyt transkrypcyjnych używanych do powtórzeń audycji)
- naprawdę rozwijany od l. 30-tych, pierwsze demonstracje na wystawie radiowej (Berlin, 1935) – stały prąd podkładu
- odkrycie zmiennego prądu podkładu przez przypadek w 1941 r. (szalony wzmacniacz) (zmienny prąd podkładu to właściwie odkrycie z 1921 r. – W. Carlson, G. Carpenter)
- odkrycie możliwości montażu – w nagraniu Crosby'ego z kiepskimi dowcipami doklejo no śmiech z innych taśm
- popularność taśmy najpierw w studiach nagraniowych, od 1946 r. w Deutsche Grammophon Ges. i Poznańskiej „Mewie” (!), od 1949 r. w studiu Columbii, Victora etc.
- w domu – gł. dla audiofili, prerecorded tapes – 1956, RCA



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Płyta długogrająca

- pierwsze eksperymenty – 1903 – płyty 14" Victora; 1927 – Edison Diamond Disc o 450 TPI (vs. 150 TPI w standardowych EDD) – 20 minut/str; 1931 r. – RCA Victor (znowu!) – 2x zwiększenie TPI @33 RPM = 12 min/str
- prace nad LP w amerykańskiej Columbii od 1944 r. pod kierownictwem dr Petera Goldmarka – obroty 33 1/3 RPM (jak w Vitaphone – synchronizacja czasu z rolką filmu); gęstość rowków 224-300 TPI; zlecenie produkcji gramofonu do nowych płyt z naciskiem szafirowej igły wielorazowej z główką piezoelektryczną 6 gram
- konkurencyjna cena (4,85\$ za płytę, 24,95\$ za gramofon), bogaty katalog (od ok. 1931 r. Columbia nagrywała wszystko dodatkowo na „safety masters” @33 1/3 RPM)
- „wojna formatów” – 10" 33 1/3 CBS vs. 7" 45 RPM RCA
- chaos na rynku, potem akceptacja obu formatów, przyjęcie LP przez audiofili – chłodne (może niska jakość płyt CBS?)



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Stereofonia

- pierwsze eksperymenty z dwuusznym słyszeniem – wystawa elektryczna w Paryżu w 1881 r. (transmisja telefoniczna opery)
- eksperymenty w Bell Labs i nagrania płytowe Stokowskiego z 1932 r. (1. kanał nacinany wgłębnie, drugi wbocznie); eksperymenty Blumleina w EMI z różnymi sposobami zapisu
- metody: 2 rowki, jeden rowek z modulacją wgłębną (1. kanał) i wboczną (2. kanał), modulacja częstotliwościowa, system 45/45
- Decca – opanowanie wszystkich 3 sposobów
- wygrał system 45/45 (kompatybilność, jednakowe parametry kanałów)
- stereofonia taśmowa – wcześniej niż płytowa, ale brak popularności (i kompatybilności), wkrótce więcej ścieżek
- pierwsze płyty stereo – 1958 r., w Polsce – ok. 1962 r.



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Kwadrofonia

- początki – 8-track cartridges, taśmy 4-kanałowe (kwadrofonia dyskretna)
- systemy płytowe – CD-4, SQ, QS ...
- CD-4 – kwadrofonia dyskretna, modulacja częstotliwości (inf. różnicowa modulowana 30 kHz)
- SQ, QS – wzajemnie niekompatybilne systemy matrycowe (QS – 4 kanały, SQ – 3 kanały)
- efekt: kompletny chaos na rynku, i takiż krach kwadrofonii
- demoludy – testowe płyty Melodji, komercyjne Supraphonu
- dalsze postacie wielokanałowości – Dolby Stereo (1976 dla kin)/Dolby Surround (1982, VHS) – 3 kanały, Dolby Pro Logic (1987 r.) – 4 kanały, DPL II (2000) – 5.1, DPL IIx (2002) – 6.1 lub 7.1, Dolby Pro Logic IIz (2009) – 7,1 lub 9.1 + wysokość (!) – systemy analogowe matrycowe
- „wyrostek robaczkowy” – nigdy nie zdefiniowany tryb 4-kanałowy na CD (pierwszy bit subkanału Q)



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Zapis cyfrowy (1)

- Denon 1972 r. – pierwsze wydawnictwa płytowe zarejestrowane cyfrowo na wizyjnej taśmie magnetycznej
- – Dr. Thomas G. Stockham (założyciel Soundstream w 1975) – w 1974 r. restauracja akustycznych nagrań Enrico Caruso przy pomocy techniki komputerowej – metodą „ślepej dekonwolucji” (po polsku: ślepego rozplotu), przetwarzanie 4 minut nagrania trwało 2 godziny na PDP-10, technika polegała na porównaniu nagrań Caruso do nagrań współczesnych, ograniczonych do 5 kHz (koszt przetwarzania komputerowego!) i zarejestrowanych z możliwie płaską charakterystyką przenoszenia – po podzieleniu nagrań na 512 pasm
- Soundstream – pierwsze nagranie orkiestry symfonicznej na prototypowym magnetofonie cyfrowym w 1976 r. (16-bit, 2 kanały, 37 kHz), po reakcji krytyków zwiększono częstotliwość próbkowania do 50 kHz



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

Zapis cyfrowy (2)

- 1978 – początek realizacji nagrań cyfrowych przez wytwórnie płytowe; również pierwsze magnetofony cyfrowe wielościeżkowe (>2)
- 1979 – „rok cyfrowy” – zalew komercyjnych nagrań zrealizowanych ze źródła cyfrowego
- 1981 – pierwsze „domowe” magnetofony cyfrowe wykorzystujące transport video (VHS lub BetaMax)
- 1986 – dbx 700 Digital Audio Processor – pierwszy system wykorzystujący modulację $\Delta\Sigma$
- 1987 – DAT (Sony)
- 1992 – DCC (Philips) – wymiary kasety, MPEG1 layer 1
- 1992 – MiniDisc (Sony) – kodowanie stratne ATRAC
- od 1997 – odtwarzacze z pamięcią Flash/HDD
- Sposób kodowania PCM – doskonale znany (-;
- Demoludy – 1. nagranie – Supraphon + Denon w 1975 (!)



Krótka historia sposobów zapisu dźwięku

Compact Disc

- wspólny format Philips i Sony, japońska premiera w 1982 r.; najpierw Sony proponował dysk 12" (2,5 h muzyki...)
- Philips wniósł doświadczenia z LaserDisc (analogową 12" płytą video odczytywaną światłem lasera), Sony z DAC/ADC (pierwsze DAC Philipsa miały 14 bitów rozdzielczości)
- zapis w postaci serii pól i wgłębień, kodowanie EFM, parametry dobrze znane (-; – CLV, PCM 16-bit 44100 Hz ...)
- kilka późniejszych wariantów (np. CD Video – hybryda LaserDisc i CD-DA, CD-i, CD+G...)
- demoludy – Hungaroton 1983 (!!! rok premiery formatu!), Supraphon 1986 – 1. płyta Karela Gotta (od 1987 tłoczona w Czechosłowacji), Melodia 1990, Polska 1989 (jednocześnie płyta Kultu wydana przez Polton i wytłoczona w Czechosłowacji i pierwsze płyty Polskich Nagrań tłoczone w Anglii)



Krótka historia sposobów zapisu dźwięku

SACD (1)

- Format opracowany przez Philipsa i Sony w 1999 r.
- nośnik – płyta DVD-5 albo DVD-9; w przypadku DVD-5 możliwość wyprodukowania płyty „hybrydowej” z warstwą możliwą do odczytania na zwykłym odtwarzaczu DVD
- sposób zapisu – DSD (*Direct Stream Digital* – wariant $\Delta\Sigma$), kompresja – DST, zabezpieczenie przed kopiowaniem – PSP (*Pit Signal Processing*) – osadzanie „znaku wodnego” w szerokości wgłębienia (ang. *pit*) – napęd optyczny musi posiadać układ do odczytu tej informacji, w przeciwnym razie zdekodowanie danych nie będzie możliwe; płyta SACD posiada dodatkowe zabezpieczenia w postaci szyfrowania strumienia 80-bitowym kluczem
- standard niszowy (nieco ponad 6 000 tytułów w 2009)
- najtrudniejszy format do skopiowania – jedyne możliwości:
(1) przeróbka odtwarzacza (2) wykorzystanie programu na Sony PlayStation 3 (1 i 2 generacja, firmware ≤ 3.55)



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

SACD (2)

- okazuje się, że nagrane na DVD+/-R kopie bezpieczeństwa oryginalnych płyt wiele odtwarzaczy SACD odczytuje bez problemu, mimo tego, że wg. specyfikacji nie powinny bez PSP (-;
- parametry SACD:

parametr	CD	SACD
format	16-bitowe PCM	1-bitowe DSD
cz. próbkowania	44,1 kHz	2,8224 MHz
dynamika	96 dB	120 dB
pasma przenoszenia	20 Hz – 22,05 kHz	20 Hz – 50 kHz
wielokanałowość	nie	tak
bitrate (stereo)	1,345 mbit/s	5,6 mbit/s



Krótką historia sposobów zapisu dźwięku

SACD (3)

- problemy z SACD: (1) materiał DSD jest problematyczny w obróbce (edycja, DSP), więc większość materiału wydawanego na SACD jest konwertowana z LPCM, (2) niszowość – mała ilość odtwarzaczy SACD, brak możliwości nagrywania własnych płyt (rozwiązanie – format DSD Disc fizycznie zgodny z DVD, ale z kiepskim wsparciem sprzętowo-programowym), (3) właściwie nie słyszeć różnicy między SACD a SACD przekonwertowanym do parametrów płyty CD – wynik double-blind-testu to 49.8% poprawnej identyfikacji źródła (!!!) (E. Meyer, D. Moran, „Audibility of a CD-Standard A/D/A Loop Inserted into High-Resolution Audio Playback”)



Krótka historia sposobów zapisu dźwięku

DVD-Audio

- fizycznie identyczny z DVD
- dostępne długości słowa kodowego: 16, 20 lub 24 bity
- częstotliwości próbkowania: 44,1 kHz; 48 kHz; 88,2 kHz; 96 kHz; 176,4 kHz; 192 kHz (2 ostatnie tylko mono/stereo)
- możliwe różne kombinacje (np. przód 96/24, tył 48/20)
- dostępne konfiguracje kanałów: mono, stereo, stereo 2.1, stereo + mono surround (3.0 lub 3.1), quad (4.0 lub 4.1), stereo 3-kanałowe (3.0 lub 3.1), stereo 3-kanałowe + mono surround (4.0 lub 4.1), full surround (5.0 lub 5.1)
- format danych: LPCM nieskompresowany (tylko bitrate < 9,6 mbit/s) lub skompresowany MLP
- możliwość dodania materiału video do odtworzenia na odtwarzaczu DVD-video (kompatybilność)
- zabezpieczenia antypirackie: CPPM (możliwość blokowania „złamanych” odtwarzaczy) + znaki wodne (co 30 sek.) – złamany w 2007-2008 (-;



Spis treści

- 1 Krótka historia sposobów zapisu dźwięku
- 2 Sposoby zapisu dźwięku w postaci cyfrowej**
- 3 Sposoby kompresji dźwięku
- 4 Zakończenie



Sposoby zapisu dźwięku w postaci cyfrowej

PCM

- na płytach CDDA właściwie LPCM
- początków doszukuje się w pracach W. M. Minera w 1903 – konstruktora elektromechanicznego komutatora, pierwsza implementacja – wojskowy system SIGSALY do bezpiecznej transmisji rozmów telefonicznych w 1943 r.
- zastosowania w audio – od 1972 (Denon), eksperymenty od końca lat 60-tych, BBC już w 1972 r. transmitowało cyfrowo sygnał do nadajników
- zasada działania – może publiczność pomoże ? (-;



Sposoby zapisu dźwięku w postaci cyfrowej

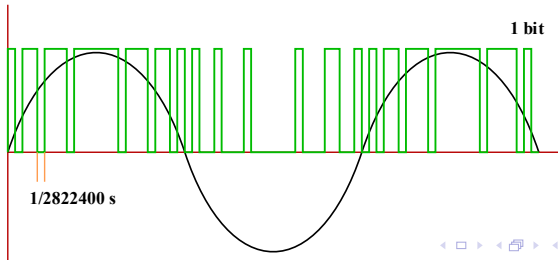
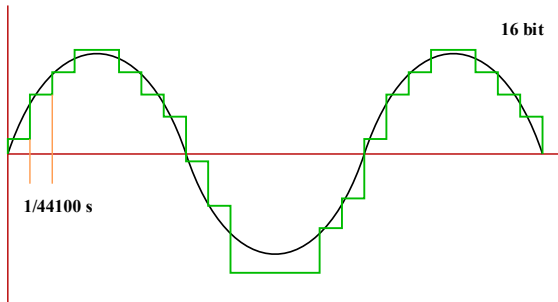
DSD

- sygnał audio zakodowany jako strumień o rozdzielczości 1-bit, ale na tyle szybko, by „wypchnąć” szum kwantyzacji do częstotliwości ultrasonicznych
- zasada działania kodowania $\Delta\Sigma$:
 - napięcie na wejściu porównywane jest z poziomem na wyjściu integratora
 - jeśli napięcie wejściowe jest mniejsze od sygnału na integratorze, to do strumienia zapisywana jest wartość „1”, a integrator otrzymuje polecenie zwiększenia napięcia
 - w przeciwnym wypadku wysyłane jest „0” a integrator otrzymuje polecenie zmniejszenia napięcia
- ciekawy efekt – stałe napięcie na wejściu generuje naprzemienny ciąg „0” i „1” – czyli falę trójkątną o niewielkiej amplitudzie – to jest błąd kwantyzacji
- zastosowania i wsparcie: szczytkowe, najpowszechniejsze to SACD



Sposoby zapisu dźwięku w postaci cyfrowej

DSD vs. LPCM



Spis treści

- 1 Krótka historia sposobów zapisu dźwięku
- 2 Sposoby zapisu dźwięku w postaci cyfrowej
- 3 Sposoby kompresji dźwięku**
- 4 Zakończenie



Kompresja dźwięku

DPCM

- zapis jedynie różnic pomiędzy poszczególnymi próbkami (założenie: różnice pomiędzy próbkami są najczęściej znacznie mniejsze niż długość słowa kodowego)
- przy kodowaniu entropijnym można zmniejszyć objętość danych



Kompresja dźwięku

A-law

- stosowany w Europie
- skala logarytmiczna – zmniejszenie objętości kosztem dynamiki
- kodowanie:

$$F(x) = \operatorname{sgn}(x) \begin{cases} \frac{A|x|}{1+\ln(A)}, & |x| < \frac{1}{A} \\ \frac{1+\ln(A|x|)}{1+\ln(A)}, & \frac{1}{A} \leq |x| \leq 1, \end{cases}$$

- dekodowanie:

$$F^{-1}(y) = \operatorname{sgn}(y) \begin{cases} \frac{|y|(1+\ln(A))}{A}, & |y| < \frac{1}{1+\ln(A)} \\ \frac{\exp(|y|(1+\ln(A)))-1}{A}, & \frac{1}{1+\ln(A)} \leq |y| \leq 1. \end{cases}$$

- A - parametr, w Europie $A = 87,7$



Kompresja dźwięku

μ -law

- stosowany w Ameryce
- podobne zasady jak A-law
- kodowanie:

$$F(x) = \operatorname{sgn}(x) \frac{\ln(1 + \mu|x|)}{\ln(1 + \mu)} \quad -1 \leq x \leq 1$$

- dekodowanie:

$$F^{-1}(y) = \operatorname{sgn}(y)(1/\mu)((1 + \mu)^{|y|} - 1) \quad -1 \leq y \leq 1$$

- μ - parametr, w USA i Japonii $\mu = 255$ (8 bitów)
- lepsza dynamika niż A-law, ale większe błędy dla niskich amplitud



Kompresja dźwięku

μ -law – wersja dyskretna

kod wejściowy (14 bitów)	kod wyjściowy
od +8158 do +4063 w 16 przedziałach o szerokości 256	$0x80 + \text{nr przedziału}$
od +4062 do +2015 w 16 przedziałach o szerokości 128	$0x90 + \text{nr przedziału}$
od +2014 do +991 w 16 przedziałach o szerokości 64	$0xa0 + \text{nr przedziału}$
od +990 do +479 w 16 przedziałach o szerokości 32	$0xb0 + \text{nr przedziału}$
od +478 do +223 w 16 przedziałach o szerokości 16	$0xc0 + \text{nr przedziału}$
od +222 do +95 w 16 przedziałach o szerokości 8	$0xd0 + \text{nr przedziału}$
od +94 do +31 w 16 przedziałach o szerokości 4	$0xe0 + \text{nr przedziału}$
od +30 do +1 w 15 przedziałach o szerokości 2	$0xf0 + \text{nr przedziału}$
0	$0xff$
-1	$0x7f$
od -31 do -2 w 15 przedziałach o szerokości 2	$0x70 + \text{nr przedziału}$
od -95 do -32 w 16 przedziałach o szerokości 4	$0x60 + \text{nr przedziału}$
od -223 do -96 w 16 przedziałach o szerokości 8	$0x50 + \text{nr przedziału}$
od -479 do -224 w 16 przedziałach o szerokości 16	$0x40 + \text{nr przedziału}$
od -991 do -480 w 16 przedziałach o szerokości 32	$0x30 + \text{nr przedziału}$
od -2015 do -992 w 16 przedziałach o szerokości 64	$0x20 + \text{nr przedziału}$
od -4063 do -2016 w 16 przedziałach o szerokości 128	$0x10 + \text{nr przedziału}$
od -8159 do -4064 w 16 przedziałach o szerokości 256	$0x00 + \text{nr przedziału}$



Kompresja dźwięku

ADPCM

- zapisywanie sygnału zakodowanego μ -law/A-law tak jak w DPCM
- G.722 – ADPCM z kodowaniem w dwóch pasmach (dostępne przepływności: 48, 56 i 64 kbit/s)



Kompresja muzyki

FLAC

- projekt Open Source (licencja MIT BSD)
- próbki stałoprzecinkowe, rozdzielczość od 4 do 32 bitów, częstotliwość próbkowania od 1 do 655 350 Hz (krok 1 Hz), 1 do 8 kanałów (możliwe grupowanie – w celu wykorzystania korelacji do zwiększenia stopnia kompresji)
- wykorzystuje kod Golomba z parametrem = potędzie 2
- algorytm wykorzystuje **predykcję liniową** a także **RLE** do kodowania powtarzających się wartości
- plik .flac to kontener mogący zawierać również inne strumienie, np. plik cue, okładkę albumu itp – odtwarzacze nieobsługujące dodatków po prostu je pominią
- stabilny format pliku – zamrożony w wersji 0.5 w 2001 roku
- skuteczność – stopień kompresji 30–50% (algorytmy ogólnego przeznaczenia ok. 10-20% dla płyty CD-DA)
- możliwość tagowania plików, możliwość osadzenia pliku flac w kontenerze ogg nadającym się do streamingu



Kompresja muzyki

Inne kodeki bezstratne

- Monkey's Audio (APE) (freeware)
- Shorten (freeware)
- MLP (Meridian Lossless Packing) – wykorzystywany w DVD-Audio (komercyjny)
- DST (wykorzystywany do kompresji DSD, objętość danych zmniejszana 2 do 3 razy) (?)
- WavPack (OSS)
- ATRAC Advanced Lossless (komercyjny)
- dwa ostatnie są hybrydowe – umożliwiają kompresję stratną i bezstratną – dane skompresowane stratnie mogą być zaopatrzone w dane korekcyjne umożliwiające odtworzenie oryginalnego sygnału



Kompresja muzyki

MP3 (1)

- MP3 – MPEG-1 Audio Layer III – szkic standardu przedstawiony w 1991 r., ukończony w 1992 r., opublikowany w 1993 r.
- format kompresji stratnej muzyki wykorzystujący maskowanie jednych częstotliwości przez drugie (zjawisko zauważone w 1894 r. przez Alfreda Mayera, opisane szczegółowo w 1959 r. przez R. Ehmera) – w wyniku kompresji zmniejszana jest szczegółowość dźwięku poprzez odrzucenie elementów, które wg. przyjętego modelu psychoakustycznego i tak nie byłyby słyszalne
- pierwszy (referencyjny) kodek – l3enc (1994)
- bitrate – od 32 kbit/s do 320 kbit/s
- częstotliwości próbkowania – 32 kHz, 44,1 kHz, 48 kHz
- nowy zestaw standardów MPEG-2 wprowadził w MPEG-2 Audio Layer III dodatkowe bitrate i częstotliwości próbkowania równe połowie tych z MPEG-1 Layer III



Kompresja muzyki

MP3 (2)

- brak określonego w standardzie sposobu pracy kodera – podane jedynie przykładowe modele psychoakustyczne – stąd rezultaty pracy różnych koderów nie są jednakowe
- do zdekodowania potrzebny i486 DX4 (120 MHz) lub Pentium 60 MHz – bądź procesor DSP np. Motorola 56k
- popularność formatu – od połowy lat 90-tych, pod koniec 1999 r. wystarczyło wpisać w Altaviiście "nazwa_zespołu nazwa_piosenki mp3" żeby znaleźć poszukiwany utwór
- standard *de facto* – najczęściej implementowany format w odtwarzaczach sprzętowych
- coraz bardziej agresywne działania firm nagraniowych zrzeszonych w RIAA wobec użytkowników udostępniających na swoich serwerach pliki spowodowała lawinowy rozwój sieci p2p – począwszy od scentralizowanego Napstera poprzez zdecentralizowaną sieć KaZaa i kolejne (eDonkey, Gnutella, Bittorrent)



Kompresja muzyki

Inne formaty kompresji stratnej

- ATRAC – stosowany w MiniDisc
- Dolby Digital (rodzina formatów kompresji stratnej stosowana początkowo w dystrybucji filmów kinowych, obecnie również DVD, DVB-T, HD-DVD i Blu-Ray)
- DTS (kodek wykorzystywany do dystrybucji filmów kinowych, film zawiera kod czasowy a ścieżka dźwiękowa zapisana jest na płytach CD-ROM)
- AAC
- Windows Media Audio (nowe warianty – Lossless, Pro i Voice)
- Musepack/MPC (OSS)
- Vorbis (OGG Vorbis) (OSS)
- Speex (OSS) – kompresja mowy



Spis treści

- 1 Krótka historia sposobów zapisu dźwięku
- 2 Sposoby zapisu dźwięku w postaci cyfrowej
- 3 Sposoby kompresji dźwięku
- 4 Zakończenie**



Bibliografia

- Mieczysław Kominek, *Zaczął się od fonografu...*, Polskie Wydawnictwo Muzyczne, Kraków 1986
- Peter Copeland, *Manual Of Analogue Sound Restoration Techniques*, The British Library, Londyn 2008
- E. Brad Meyer; David R. Moran, *Audibility of a CD-Standard A/D/A Loop Inserted into High-Resolution Audio Playback*, Journal of Audio Engineering Society, vol. 55, nr 9, sierpień 2007
- <http://www.wikipedia.org/>

Skład komputerowy:

- L^AT_EX2e z biblioteką *beamer* 3.07



Zakończenie

- Pytania?
- Uwagi?
- Propozycje eksperymentów?

Nie?

Dziękuję za uwagę.

