

Audiokodeky pro digitální rozhlas, datové toky vs. zvuková kvalita



Karel Mikulášník

Katedra radioelektroniky, ČVUT-FEL

Radiokomunikace 2016, Pardubice 18.10.2016



Úvod

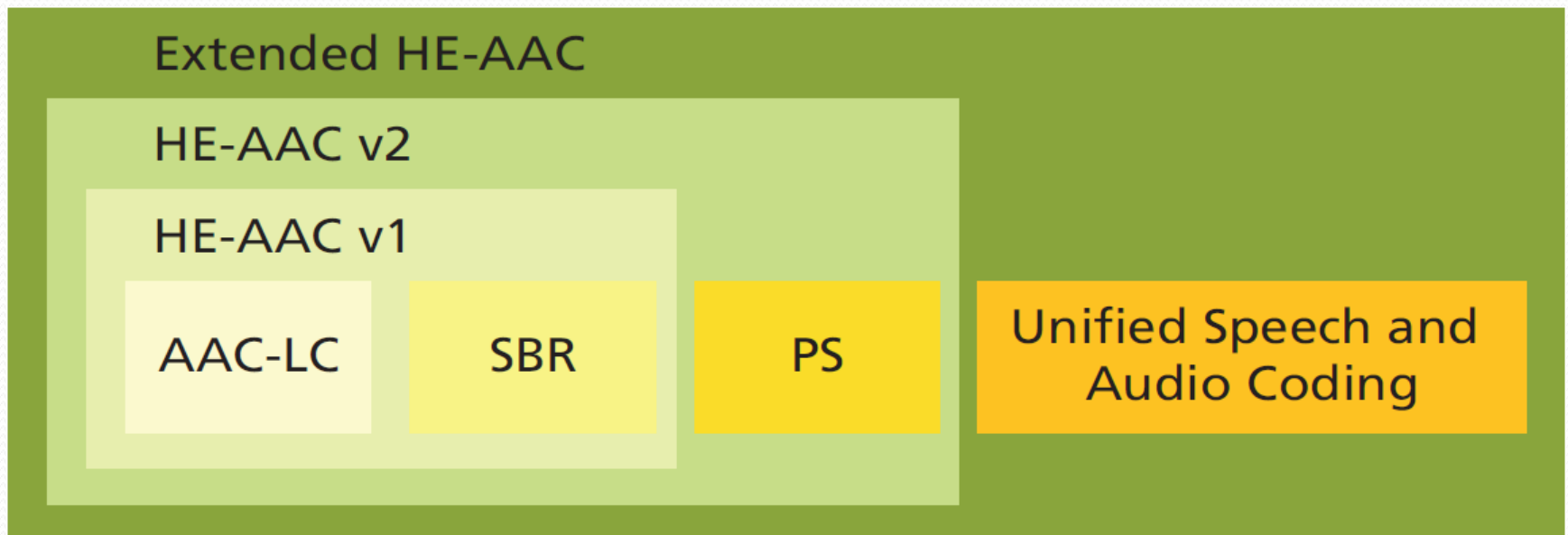
- Zabezpečení signálu/pokrytí \Leftrightarrow datová kapacita
- Větší počet stanic v MUXu \Rightarrow nižší kapacita/stanici
- Zvuková kvalita – subjektivní vnímání posluchače
- Ekonomický provoz \Rightarrow hledání kompromisu:
běžný posluchač vs. hudební fajnšmekr – uspokojíme oba?
- Kodeky pro digitální rozhlas (T-DAB+ a DRM+) \Rightarrow
Rodina kodeků AAC (Audio Advanced Coding), hojně
používané též pro internetové streamování
- EBU: hodnocení AAC – „excelentní“

Rodina kodeků AAC

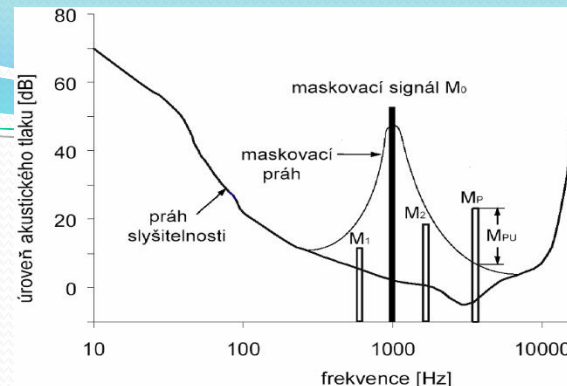
- AAC – standard pro ztrátovou kompresi zvuk. signálů
- Vyvinut v rámci MPEG-4 – nástupce známé mp3
- Využívá modulární přístup – pro konkrétní aplikace je možné vytvářet profily ze specifické množiny nástrojů
- Základní kodek AAC-LC (Low Complexity) – postupně doplňován nadstavbami pro zlepšení zvukové kvality při nízkých datových tocích
- Rozšířené profily AAC se nazývají HE-AAC (high efficiency)

Rodina kodeků AAC

- AAC-LC + SBR (Spectral Band Replication) – HE-AAC v1
- AAC-LC + SBR + PS (Parametric Stereo) – HE-AAC v2
- xHE-AAC – komplexnější nadstavba HE-AAC v2



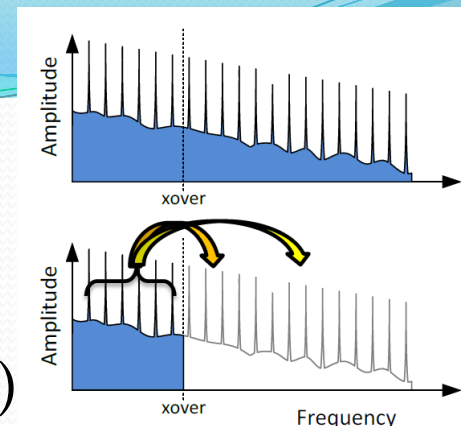
AAC - LC



- Jeden ze tří základních profilů publikovaných v r. 1997
- Nejjednodušší a nejvíce používaný a podporovaný profil
- Redukce datového toku založená na dvou přístupech:
 - Signálové komponenty z pohledu vnímání nepodstatné lze vyřadit
 - Odstranění nadbytečné informace v kódovaném audiosignálu
- Kódování proces:
 - Zvukový signál konvertován modifikovanou diskretní kosinovou transformací (MDCT) z časové do frekvenční domény
 - Kvantizace na základě psychoakustického modelu, kódování
 - Vkládání dat pro opravu chyb, uložení nebo odvysílání

HE-AAC v1

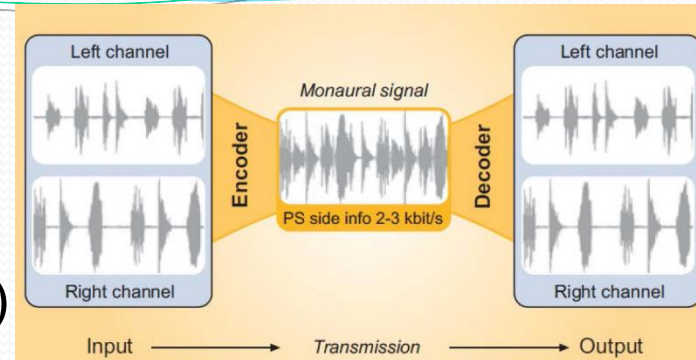
- Přidává proceduru SBR (Spectral Band Replication)
- Definován v r. 2003
- Psychoakustická významnost pásma vyšších kmitočtů relativně malá, silná korelace mezi rozsahem nízkých a vysokých kmitočtů, vysoké lze do značné míry odhadnout
- V základním AAC-LC se vyšší pásmo nepřenáší – úspora
- SBR data – parametrická reprezentace signálu vyššího pásma - informace o spektrální obálce signálu, data pro kompenzaci potenciálně chybějících frekvenčních komponent
- SBR spotřebovává cca 1-3 kbit/s na jeden audio kanál



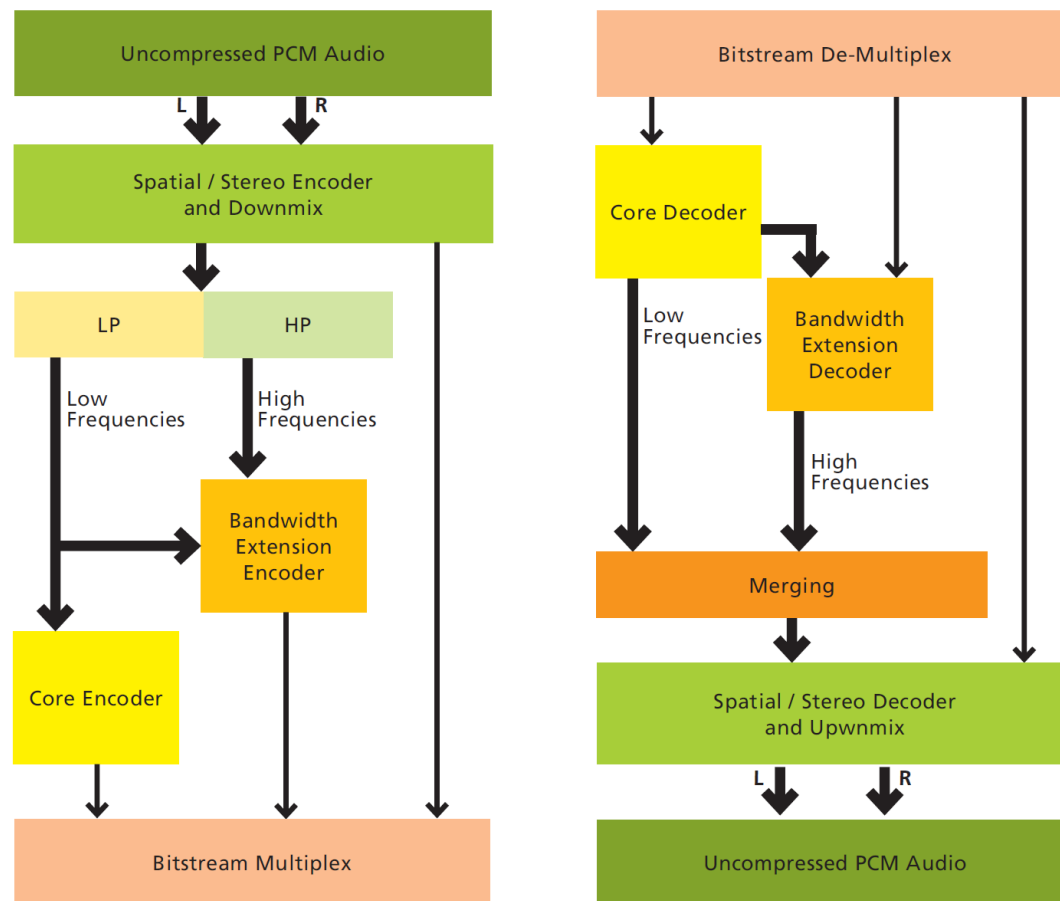
Stereo datový tok kbit/s	Zvukové kmitočty AAC (Hz)	Zvukové kmitočty SBR (Hz)
20	0 - 4500	4500 - 15400
32	0 - 6800	6800 - 16900
48	0 - 8300	8300 - 16900

HE-AAC v2

- Přidává proceduru PS (Parametric Stereo)
- Definován v r. 2006.
- PS nese parametrizaci stereofonního obrazu zvukového signálu – časových a fázových rozdílů a korelace mezi stereo kanály, má datový tok cca 2-3 kbit/s
- AAC-LC a SBR přenáší monofonní signál
- Parametrické nástroje (SBR a PS) zvyšují efektivitu kódování při nízkých datových tocích – zajistí ještě dobrou zvukovou kvalitu
- Pokud kodek pracuje s vyššími výstupními datovými toky, mohou být parametrické nástroje selektivně deaktivovány, pracuje pak např. jen vnitřní kodér AAC-LC s plným pásmem zvukových kmitočtů a oběma kanály.



Bloková struktura HE-AAC v2 kodéru a dekodéru



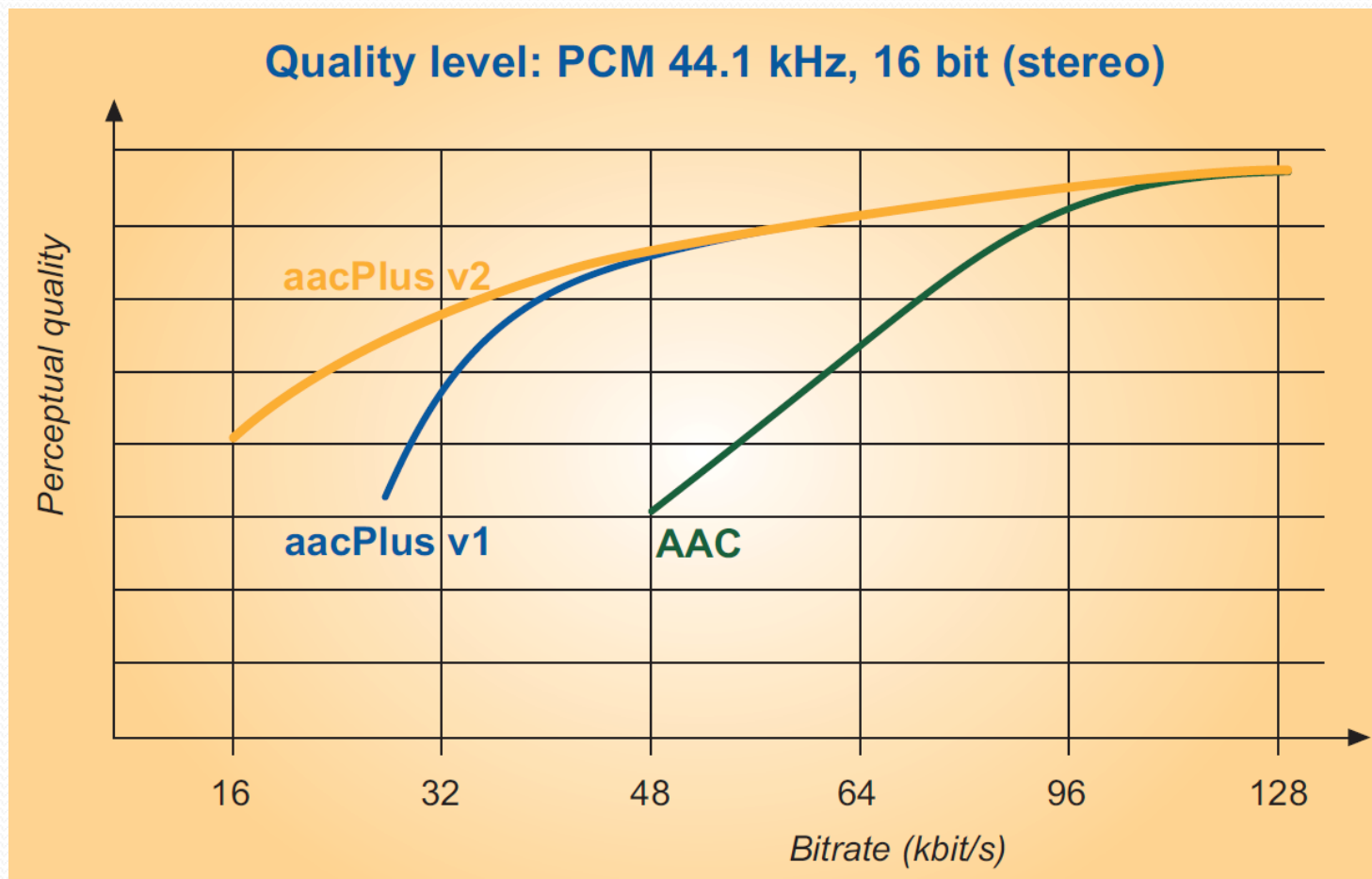
xHE-AAC

- Určen pro velmi nízké datové toky > 32 kbit/s
- Definován v r. 2012
- Pro řečové i hudební signály (dřívější kodeky jen specializované)
- Zvuková kvalita srovnatelná s 3GPP AMR-WB+ (řeč) a HE-AAC.
- Aktualizuje parametrické komponenty HE-AAC – přináší rozšířené eSBR a vylepšené Parametric Stereo, kódování řeči nově reprezentuje modul ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction)
- Struktura kodéru není pevná, je nutné jen dodržet strukturu datového toku – kodek se může dále vyvíjet.

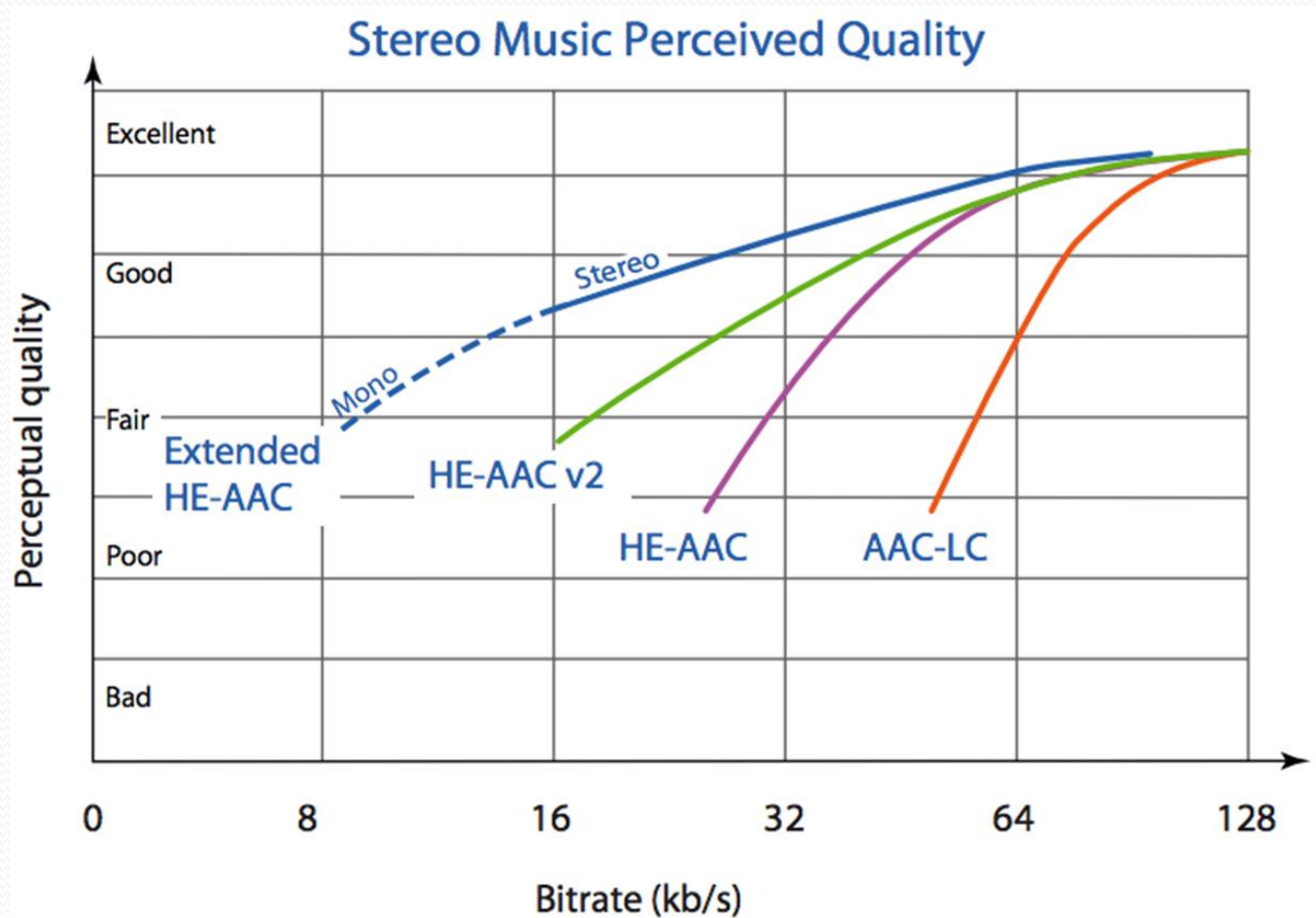
Porovnání kvality zvukového signálu – různé profily AAC

- AAC-LC: 80 kbit/s mono, 128 kbit/s stereo -> CD kvalita
- HE-AAC – zlepšení zvukové kvality pro nižší datové rychlosti, kde AAC-LC nedosáhne akceptovatelné zvukové kvality
- HE-AAC v1 - o cca 30% efektivnější než AAC-LC
- HE-AAC v2 – pro stereofonní signály u velmi nízkých datových rychlostí – např. 32 kbit/s – téměř o 50% účinnější než HE-AAC v1
- xHE-AAC – pro datové rychlosti nižší 32 kbit/s
- Jednotlivé profily se uplatňují pro určitý rozsah datových toků
- AAC-LC při cca 96 kbit/s nahrazuje HE-AAC v1
- Kolem 48 kbit/s dorovnává pokles zvukové kvality profil HE-AAC v2 (stereo signály)

Subjektivní zvuková kvalita signálů pro různé profily standardu AAC



Subjektivní zvuková kvalita hudebních signálů – velmi nízké datové toky



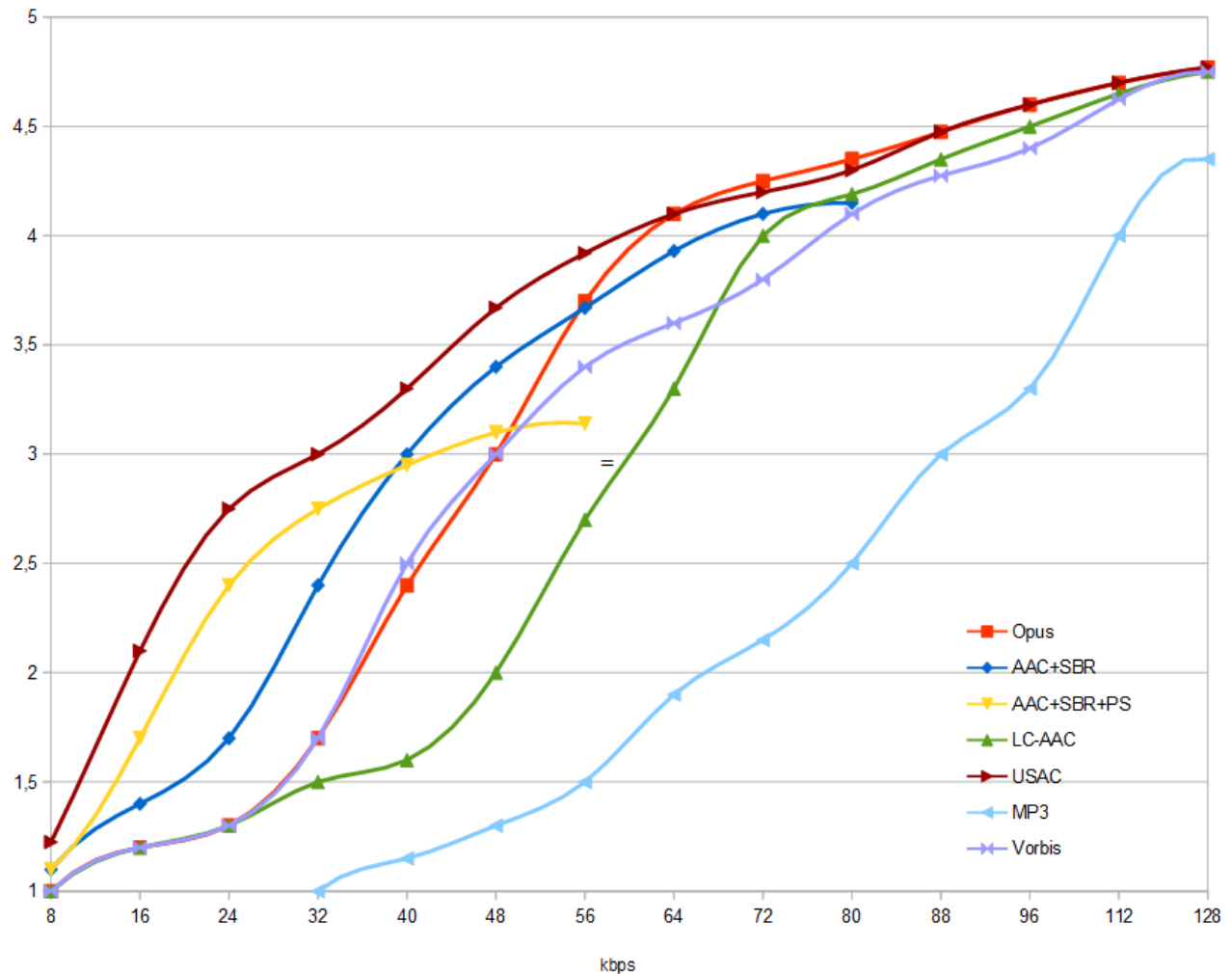
Subjektivní zvuková kvalita – více kodeků

USAC – Unified Speech and Audio Coding
MPEG-D – r. 2012

Opus – otevřený standard r. 2007, IETF

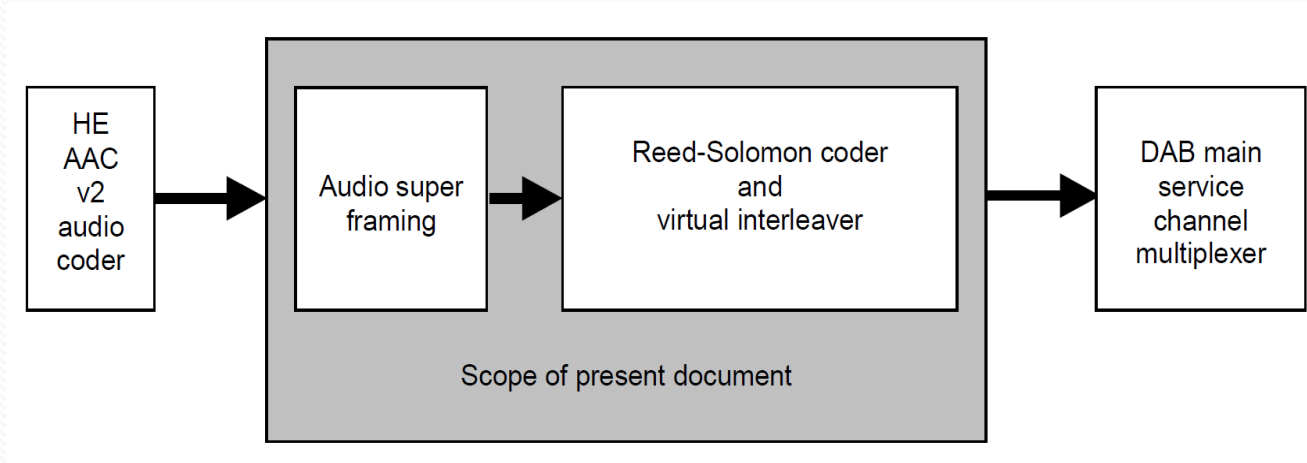
Vorbis – měl být náhradou mp3 – nadace Xiph.Org – open source

MOS – Mean Opinion score



AAC kodeky v systému T-DAB+

- Původní zdrojové kódování – MPEG Layer II. – malý počet programů, znatelně horší zvuková kvalita při nižších datových tocích
- Datový tok AAC je doplněn o dodatečně zabezpečení proti chybám (Reed Solomon) a prokládání – mapuje se na původní rámce MPEG Layer II. Primárně definován profil HE-AAC v2

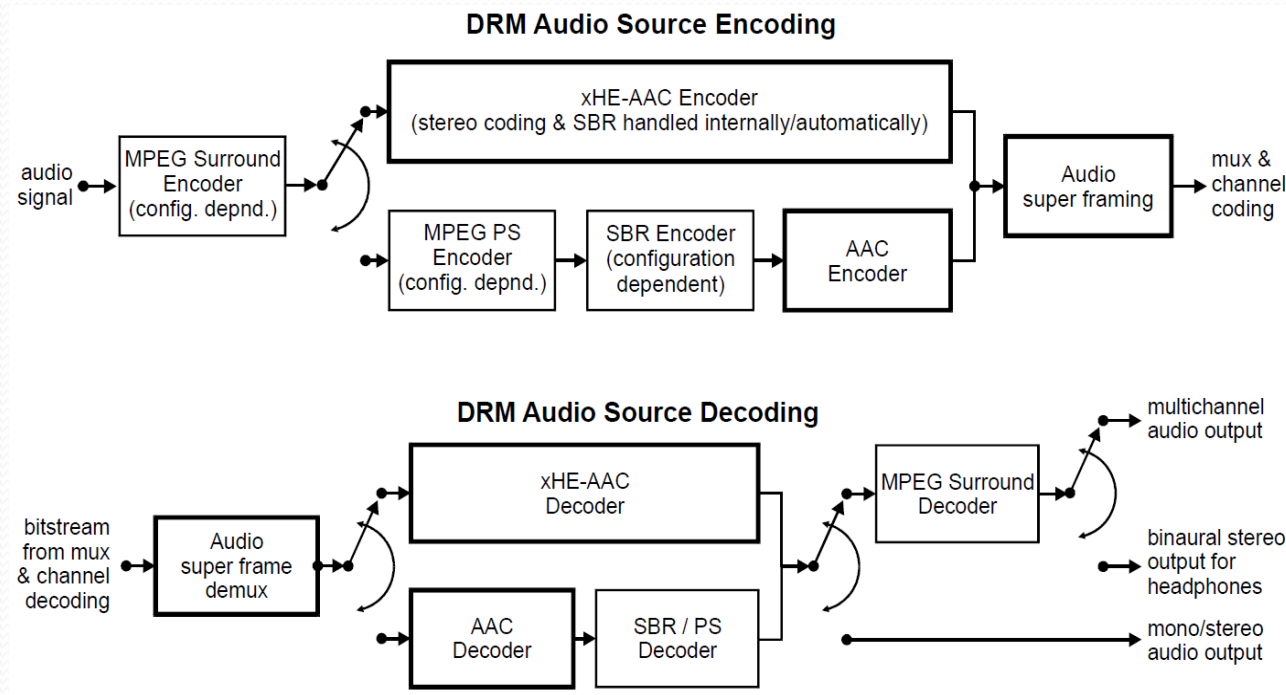


Datové toky a AAC profily v Evropě

datový tok	Česko	Německo	Velká Británie	Dánsko	Francie	Holandsko	Švýcarsko	Slovensko	Rakousko
144 kbit/s		LC		LC					
136 kbit/s								LC	
128 kbit/s		LC		LC i v1	LC	v1		LC	
120 kbit/s		LC						LC	
112 kbit/s		LC i v1						LC	
104 kbit/s		v1					v1		
96 kbit/s	LC i v1	LC i v1		LC	LC i v1	LC i v1	v1	LC	LC
88 kbit/s		LC i v1		v1	LC i v1		v1		
80 kbit/s	v1	v1				v1	v1		LC
72 kbit/s	v1	v1					v1		LC i v1
64 kbit/s	v1 i v2	v1 i v2				v1	v1		
56 kbit/s		v1 stereo i mono		v1		v1			v1
48 kbit/s	v2 i v1	v1	v2 i v1 mono		v1 mono	v1 i v2	v2		
32 kbit/s	v2 i v1 mono		v2 i v1 mono				v1 mono		v2
24 kbit/s	v1 mono	v1 mono	v2						

Zdrojový kodér a dekodér DRM(+)

- HE-AAC v2 – základní kodek (SBR, PS – volitelné)
- xHE-AAC – význam pro šíření na krátkých vlnách, velmi dobrá zvuková kvalita stereo signálu kolem 16 kbit/s



Závěr

- Velmi dobrá zvuková kvalita HE-AAC s toky 30 – 60 kbit/s ve srovnání s mp3 nebo MPEG LayerII
- Snížení zvukové kvality při snížení datové rychlosti na $\frac{1}{2}$ až $\frac{1}{3}$ oproti 128 kbit/s není pro běžné posluchače výrazně patrné
- Porovnání viz T-DAB+ a internetové streamovací služby
- Hodnocení zvukové kvality nemůže být závislé pouze na datovém toku
- Výsledek ovlivňuje použitý AAC kodér, nastavení i kvalita zdroje zvukového signálu
- HE-AAC v1 a v2 – umožňují výrazně efektivnější (s nižšími datovými toky) přenos signálů s kompromisní zvukovou kvalitou
- Hudební stanice zakládající si na zvukové kvalitě => kolem 100 kbit/s
- Běžné stanice komprimované, „aby byly co nejvíce slyšet“ => 40 – 70 kbit/s dostatečné
- T-DAB+: lepší zabezpečení/více stanic v dočasných/přechodových sítích
- DRM+: dvě stanice na jedné frekvenci



Děkuji za pozornost!

Karel.Mikulastik@fel.cvut.cz
<http://www.digizone.cz/autori/mikulastik>