

英 CSR 社 aptX Low Latency コーデックの紹介

シーエスアール株式会社

大島 勉

昨今のスマートフォンやタブレットの普及によりBluetooth採用製品が世界のオーディオ市場でも増加し続けている。オーディオ愛好家の中にも一度は耳にしたことがあると思われる高音質コーデック技術の”aptX”、Bluetooth SoC、“DDFA”高音質デジタルアンプ（JAS ジャーナル 2014 Vol.54 No.2 (3月号) に寄稿）、“VibeHub” Wi-Fi マルチルームオーディオ、“MAPX”オーディオ用プロセッサ SoC など、オーディオ製品で高性能の半導体を設計するベンダーとしても知られている英・ケンブリッジに本拠を置く CSR 社。筆者は CSR の日本法人に所属しており、オーディオ製品を担当している。当社が近年発表したBluetoothオーディオ製品向け高音質・低遅延コーデック技術”aptX Low Latency”（アプトエクス・ロー・レイテンシー）を紹介させて頂く。

■はじめに

CDクオリティの高音質オーディオと知られる aptX コーデックは、BBC や NHK 等公共放送局および映画製作会社の間では長年にわたり採用されており、2009 年よりBluetooth製品向け音声コーデックとしても応用された技術である。プロオーディオ製品で培われた aptX 技術を、Bluetooth A2DP プロファイルの必須音声コーデックの SBC で感じられていた音質の低さを改善することを狙い発表された。現在では、既に 350 以上の Bluetooth Sink デバイスと、約 150 の Source デバイスへ採用実績があり、また Android 4.x スマートフォンの 75%（約 6 億台）が aptX に対応するまでに至った。スマートフォン以外の製品も含めれば約 10 億台の採用実績があることになる。本稿では、弊社の次なる高音質コーデック展開として「低遅延」機能を実装した“aptX Low Latency”にフォーカスをあて技術紹介を行う。「高音質」と「低遅延」の両者をカバーすることはBluetoothオーディオ製品において長らくの課題であったが、この aptX Low Latency 技術によりこの課題を解決できる。本稿では高音質・低遅延が実現できるメカニズムを実験データを交えて紹介する。高音質・低遅延が要求される Bluetooth オーディオの応用製品としては、タブレット、スマートフォンからの映像コンテンツと Bluetooth 音声の同期ゲームコンソール製品、サウンドバー製品等での実装が期待できる。また 2012 年の IMS 社のマーケティング調査では、約 9 億台のオーディオビジュアル、オーディオのみの製品市場で、Bluetooth が実装された製品は約 2 千万台だったことから Bluetooth は映像と音声同期が要求される製品には向かないとされていた過去の実状があることがわかる。（無線製品等はこれまで 2.4GHz の独自仕様で、体積も大きい無線モジュールが利用されていた。） aptX Low Latency 技術は、今後このエリアに大きく展開することが期待される技術である。



図 1. aptX Low Latency 認証ロゴ

■ブルートゥース・A2DP プロファイル必須コーデック "SBC" との音質面での違い

SBC (サブバンド符号化) はフィルターを用いて入力を複数の周波数領域に分解し、それぞれを符号化する方式である。各周波数領域毎に異なったビット配分を行うもので聴覚心理学に代表される人間の知覚心理学上の特性を利用してデータ圧縮を行うことに特徴がある。

aptX は、タイムドメイン理論と ADPCM を組み合わせた独自コーデック方式を採用しており、SBC や AAC のように聴覚心理学から応用されるマスキング処理は行っていないのが特徴である。

音質特性面における aptX の優位性としては、SBC で音質上ボトルネックとなるものとして、Bitpool (ビットプール) による影響がある。この値を使い人間の聴覚特性に合わせて各周波数帯のビット割り当てを加減し、この値が大きくなると、各バンドを表現するビット数が増え、小さくすると各バンドを表現するビット数が少なくなる構造である。実際はこの Bitpool 設定値が、製品によってあらかじめ実装されている値としては様々である。ブルートゥースの A2DP プロファイルでは、シンクデバイスとソースデバイスが、音声転送前に情報をネゴシエーションし、実際に転送で使用するビットプール値を決める。よって実際には、ソース、シンクのどちらかの小さい値が選択されるメカニズムとなる。この事によりユーザーが使用時に感じる製品性能にバラツキがでる。(音質性能のバラツキの原因としては、Bitpool が 32~52 という幅のある製品が実際問題として多種市場に存在することにある。SBC: 192kbit/s (Bitpool 32) & 328kbit/s (Bitpool 52))

この事により以下のようなユーザーからの SBC の音質に対する不満が存在する。

1. 弦楽器の高域音声が聴こえず、こもったような音になる。
2. 原音に比べ S/N 比が悪い (リスナーが疲労する原因ともなる)。
3. 原音に比べ 歪率が悪い。

aptX の場合は、コーデック技術の特性から、ソースデバイス、シンクデバイスで固定されたビットレートを確保することが可能である (44.1kHz 16bit エンコード時で 352kbps, 圧縮比は固定 4:1)。

対実験データとして、以下に示す。

1. 周波数応答特性 (グラフは 14kHz~22kHz を拡大)

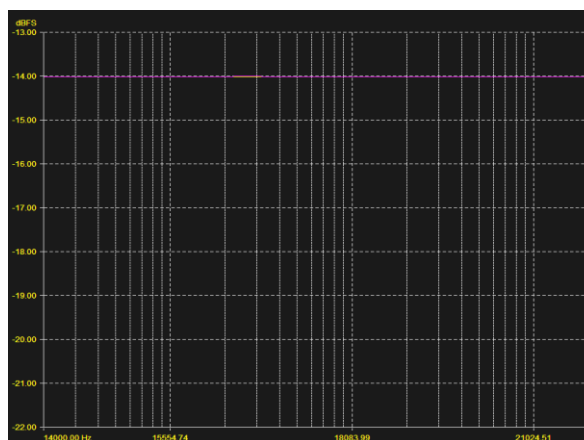


図 2. PCM 原音 原音の為、試験帯域にてフラット。

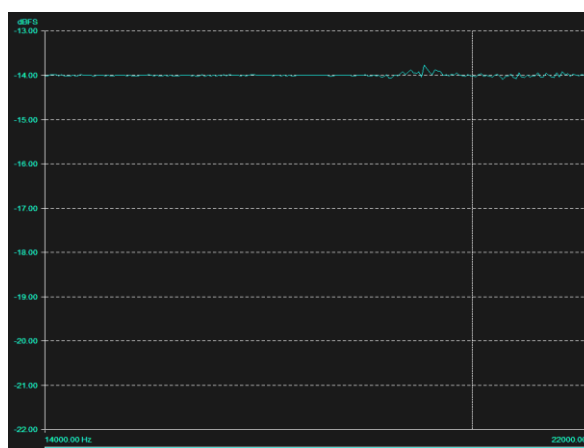


図 3 aptX 試験帯域にて、ほぼ忠実に再現している。

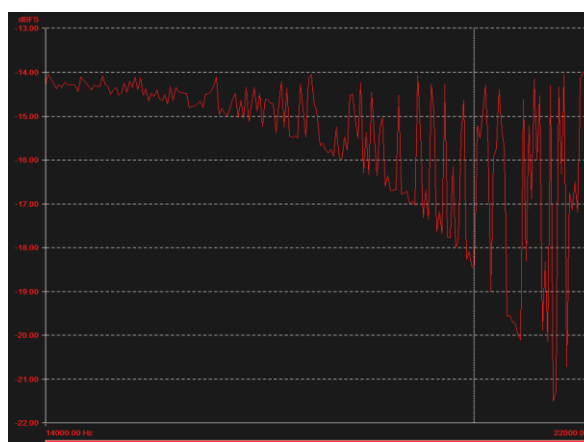


図 4. SBC 高域で急激な信号減衰と信号の歪が生じている。
(* Bitpool 設定は 50)

2. 音調再現特性

グラフは、等間隔の32の音を aptX (緑) と SBC (赤) でコーデック処理した場合の歪を示す。SBC では周波数が高くなるほど歪が増大する。aptX はノイズフロアレベルも低い。

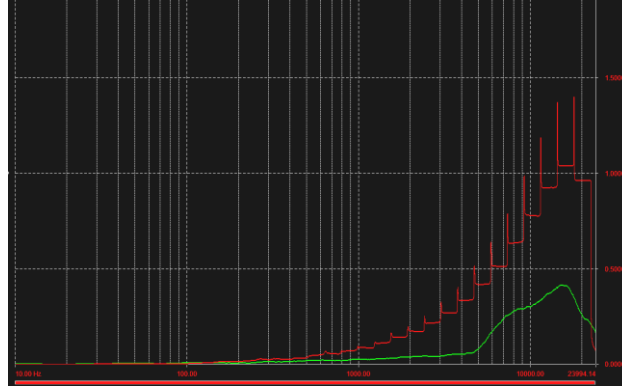


図 5. 音調再現特性 (赤 SBC, 緑 aptX)

3. 1kHz 入力 FFT 特性

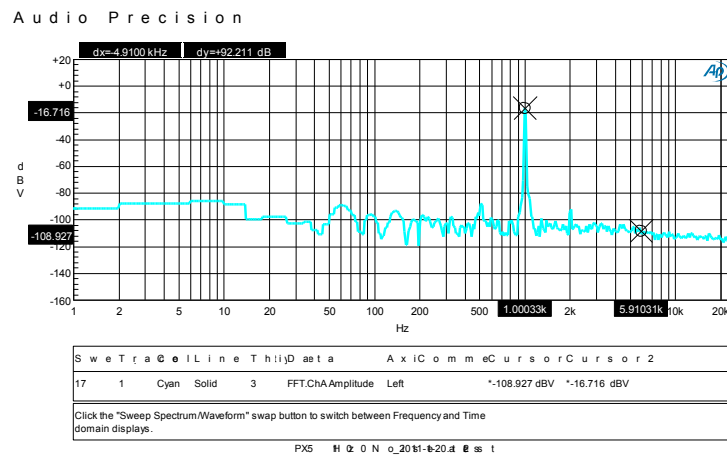


図.6 aptX 1kHz FFT

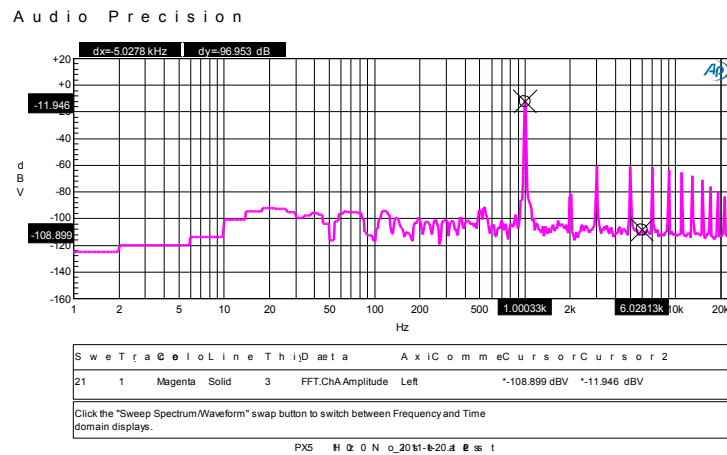


図.7 SBC 1kHz FFT

■他のBluetooth音声コーデックとの遅延時間の差について

SBC、AAC、MP3 コーデックは、フレーム単位のコーデックであり、フレーム中のデータが完全にそろった状態ではないとデコードが開始できない構造が遅延時間を生む根本原因としてある。

またデコーダーの性質から、遅延時間のドリフトも起こる。aptX, aptX Low Latency は、サンプル単位でのコーデックである為、サンプルデータが到達した時点でデコードが開始でき、ドリフト値も極小である。

また以下の実測データから、aptX Low Latency が際立って遅延時間が短いことがわかる。

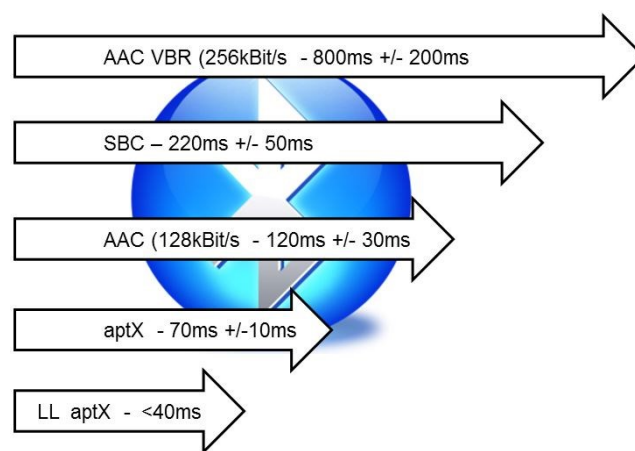


図 8. 各コーデックの遅延時間とドリフト時間

この差の裏側にある 2 つのファクターとしては、コーデック遅延と転送遅延である。

コーデック遅延：原音からエンコードするまでの内部遅延時間として SBC, AAC, MP3 は一般的には約 50msec とされていること。一方 aptX Low Latency は 1.9msec である。

転送遅延：A2DP のトランスポート層はパケット構造になっていることから SBC, AAC, MP3 の場合、単一フレームを一度に転送可能なサイズの大きい Bluetooth パケットを使うか (図 9)、もしくは 2 つの Bluetooth パケットをまたぐか (図 10) の二者択一になる。パケットをまたいだ場合は、無論、フレームデータが全て揃うまではデコードは開始できない為、遅延量が多くなる。aptX Low Latency の場合は、フレームベースのコーデックではない為、サンプルデータが到達したら即座にデコードが可能であることが特徴としてある。(図 11)

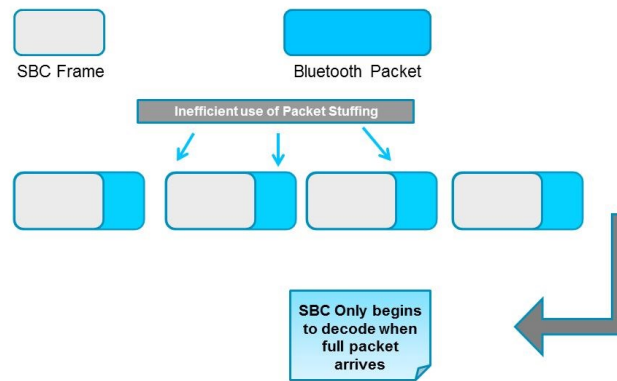


図 9. SBC 等、フレーム構造のコーデックとブルートゥースパケットとの関係 その 1

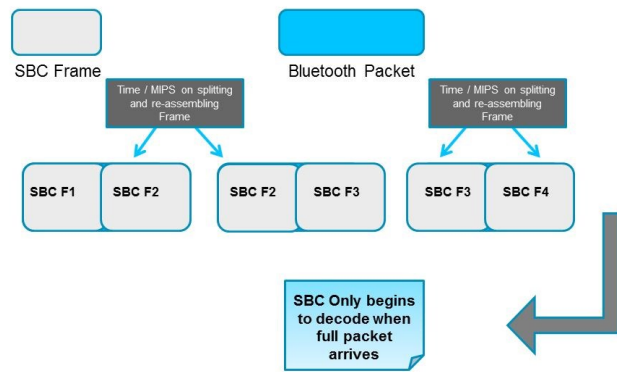


図 10. SBC 等、フレーム構造のコーデックとブルートゥースパケットとの関係 その 2

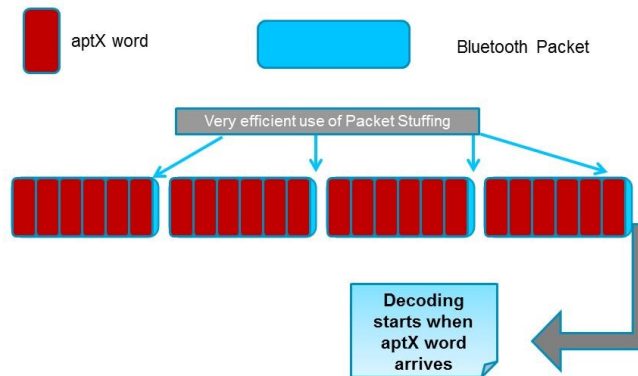


図 11. aptX コーデックとブルートゥースパケットとの関係

■ aptX Low Latency のコーデックの実装について

エンコーダーサイド（ソースデバイス）への実装としては、Android の ICS、JB、KK への対応はもとより、Lollipop への対応も完了している。デコーダーサイド（シンクデバイス）への実装は、弊社の SoC である BC5MM (<http://www.csr.com/products/16/bluecore5-multimedia>) と CSR8670 (<http://www.csr.com/products/63/csr8670>) で対応している。これらはフラッシュ内蔵のデバイスであり、DSP とオーディオインターフェース (ADC, DAC, I2S, S/PDIF) も統合さ

れている SoC である。上記デバイスは専用評価ボードが用意されているので、aptX Low Latency の実装確認・評価も専用ソフトウェア開発環境 ADK (Audio Development Kit) を通じて簡単に実行できるメリットもある。

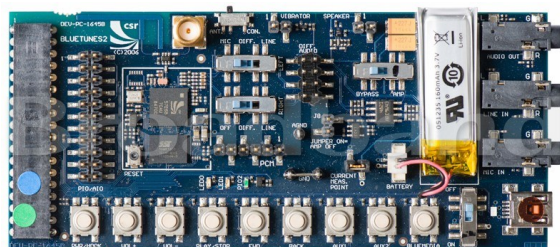


写真 BC5MM 評価ボード



写真 CSR8670 評価ボード

■むすびに

aptX Low Latency の特徴を以下にまとめる。

- 原音の持つ帯域幅を忠実に再現する音声コーデック。
- 聴覚マスキングを使用せず、タイムドメイン ADPCM ベースの独自アルゴリズムを採用
- 低遅延コーデックにより、リップシンクの問題を解消。極小ドリフトを実現。(<40msec)
- 圧縮率 4:1 データレート : 352kbps, アルゴリズム遅延 : <1.89ms @ Fs 48KHz
- 周波数帯域 : 10Hz~22kHz, THD+N : -68.8dB
- ダイナミックレンジ : >92dB (16 ビットデータ幅の DSP を使用した場合)

昨今のスマートフォンの普及により、メディアの視聴形態も、パッケージ・メディアからダウンロード音楽やストリーミングへと加速している。特に若年層は、それらのダウンロード音楽をBluetooth・ヘッドホンで音楽を聴くことやゲーム、YouTube で楽しむということが浸透してきている。ユーザーに満足いただけるBluetoothオーディオ製品におけるクオリティを提供するには、SBC コーデックでは難しいため、高音質・低遅延コーデックの aptX Low Latency のメリットを提案したい。最後に弊社の今後の動向に興味を持って頂けたら幸いである。

■筆者略歴



大島 勉 (おおしま つとむ)

シーエスアール株式会社にてオーディオ製品を担当

日本オーディオ協会会員

Audio Engineering Society 会員 日本音響学会会員

日本オーディオ協会認定・デジタルホームシアター・スペシャリスト

16 年間、外資系半導体メーカーのエンジニアとしてデジタルテレビ、パッケージ・メディア、音響アルゴリズム、Bluetooth、オーディオ DSP、デジタルアンプ製品用デバイスのソフトウェア開発・技術サポートに従事

2013 年 1 月より現職。趣味は Hi-Fi オーディオと音楽鑑賞