

氏名	井上 学
学位の種類	博士(情報工学)
学位記番号	情工博甲第194号
学位授与の日付	平成19年3月23日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	デジタル・オーディオにおける時間/振幅軸歪の改善
論文審査委員	主査 教授 小林 史典 " 井上 勝裕 " 延山 英沢 " 尾知 博

学位論文内容の要旨

デジタル化のもたらすメリットは情報工学の最も実りある成果であり、オーディオにおいても、登場とともに市場の席卷が始まった。しかし、デジタルだから完璧とは言えず、高品質を求める場合には、アナログにはない2つの歪が問題となる。ここでは、それらにそれぞれ次のように取り組んでいる。

(1) サンプリング・レート変換における振幅軸歪

現在、様々なオーディオ・データが、用途に応じたサンプリング・レートで作成され、混在している。再生機器には、各レートに幅広く対応することが求められ、そのためにレート変換器であるSRC (Sampling Rate Converter) を用いる。SRCは、入力離散データを何らかの方式で補間して連続時間信号を生成し、違うレートで再サンプルして実現する。しかし、元の連続時間信号の忠実な再現は難しく、出力信号に誤差が生じる。

現在主流の補間方式は、フィルタを使った周波数領域型で、高い変換精度を有す反面、回路規模・消費電力が大きくなり、携帯機器では機体の大きさ・連続再生時間に影響する。

そこでこの論文では、従来より小さい回路で実現できる時間領域型フーリエ補間方式を提案・LSI実現している。さらに、変換の際に生じるノイズを分析し、並びが直線的な場合には「トレンド除去法」で、曲線的な場合には「データ反転法」で、それぞれ改善を図って、ノイズを1/3に抑えることができた。

回路規模に関しては、効率的な実現により、従来の約1/150となった。消費電力も回路規模と基本的に比例関係にある。また、従来の補間方式を併用することで、高性能機器に適用できる高性能SRCも、性能・回路規模の両面から効率的に実現できる。

(2) DA (Digital to Analog) 変換における時間軸歪

デジタル・オーディオ機器は、あるクロックに従って様々な処理を行い、それをDA変換してアナログ信号を出力する。このクロックは一般にPLL (Phase-Locked Loop) によって生成される。PLLは、入力信号に同期した信号を出力する発振回路で、クロック生成の他にもさまざまな用途に使われ、盛んに研究されている。

PLLには、ジッタと呼ばれる、発振周波数が時々刻々と微小な変動をする問題がある。ジッタを含むクロックは、DA変換入力のデータ間隔を狂わせ、アナログ出力に歪を招く。

PLLは一般に入力信号の1周期に1回、出力信号との位相偏差をサンプリングして出力を補正するが、この間に出力周波数に変化しても検出されない。そこでこの論文では、サンプリング間隔を従来のPLLよりも細かくし、出力の変動を正確に把握できる位相補間法を提案・実現した。この手法は、高速クロックとカウンタを用いて参照信号の位相を推定し、それを出力の位相と比較する方法で、従来のサンプリング数向上手法に比べ、高いサンプリング数が得られ、入出力信号の形状にも依存しない。

この手法を適用した結果、ジッタを従来の1/3に低減することができた。さらに、制御応答速度の

改善で、ロック時間も 1/3 に短縮される。また、位相補間法とその回路構成を見直すことで、信号伝播遅延を削減して時間分解能を最大で 1.5 倍向上させ、加えて回路の縮小化にも成功した。

なお今後の展開として、位相補間の時間分解能を向上させるために、時間表現をデジタル表現に変換する技術を用いた手法をもう 1 つ考案しており、これが、SRC のハードウェア実現の際に課題となる非同期問題に有効なことも示唆している。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し調査委員から、単一正弦波による SRC の評価の是非や PLL におけるジッタ改善の根拠などについて質問がなされたが、著者からそれぞれ、複合正弦波でも評価したが単一が業界標準であること、ジッタ振幅が増大する前に抑制されることなど、明確な回答が得られた。

また公聴会においても、多数の出席者があり、ジッタ対策における SRC と PLL の優劣などの質問がなされたが、いずれも著者の論理的な説明によって質問者の理解が得られた。

以上の結果により、著者は試験に合格したものと認めた。

なお学習に関して、LSI など、本研究の関連分野科目を中心に履修している他、企業演習など、実務的な分野に積極的に取り組んだことを確認している。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。