平成27年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

高田 研究室	氏　　名	佐 藤　正 人
卒業研究題目	Ethernet AVBにおける時刻同期プロトコルのFPGA実装・評価	

近年，自動車に搭載されるコンピュータ（ECU）の数は年々増えつつあり，2020年には高級車に搭載されるECUの数は200個を越えると予測されている．自動車制御システムを構成するためには，それぞれのコンピュータが互いにデータ通信をおこなわなければならない．しかし，現在の通信方式であるCAN（Controller Area Network）には，主に2つの課題がある．1つ目は回線速度である．CANは高々1Mbpsの転送速度しか出せず，いずれ通信できる情報量が頭打ちになる．2つ目は配線である．CANにおいてコンピュータ同士が通信する際，バス型のネットワーク構成になるが，バスに通信が集中して帯域不足を防ぐために，何本ものケーブルを用意する必要があり，ネットワーク配線が複雑になる．以上の問題は，車載ネットワーク内のコンピュータの数が増えるほど深刻な問題となる．

これらの問題の解決法の1つは，Ethernetを用いることである．Ethernetの通信速度は1Gpbsを誇る．また，ECUを役割ごとに分け，それらをまとめて管理するドメインコントローラを設け，そのドメインコントローラーをスイッチでつなぐというような階層構造を取ることによって，ネットワーク配線の複雑性を解消することができる．さらに，Ethernetは普段我々が利用しているインターネットの規格でもあるから，スマートフォンやタブレット端末との連携も容易になるという展望もある．

現在はカーナビやオーディオ機器，先進運転支援システム（ADAS）といった，マルチメディアデータを扱う部位にEthernet AVB（Audio-Video Bridging）を搭載することが計画されている．マルチメディア処理では，音声と動画が連動させるために，複数デバイスで同期して処理を実行する必要がある．そのためには，ECU間で時刻同期を行うことが必要である．従来，時刻同期は端末同士で行っていた．しかし，それでは端末の間にあるスイッチにおいてメッセージが混雑した場合，遅延が発生し，正しい時刻情報を提供できなくなるおそれがある．スイッチに時刻情報を搭載してスイッチとエンドノードとで時刻同期を行うようにできれば，隣同士で時刻同期を行うため遅延が発生せずに正しい時刻情報をやりとりできる．

本研究では，Ethernet AVBにおける時刻同期プロトコル（IEEE 802. 1 AS，generalized Precision Time Protocol）を，FPGA上のEthernet Switchに実装し，その動作を確認した．時刻同期プロトコルをエンドノードではなく中間ノードのスイッチにも実装することにより，PtoP（Point-to-Point）という方式で時刻同期を行うことができ，従来のEtoE（End-to-End）方式よりも誤差が低減されることを目標とする．EtoEとは，ネットワーク環境において必ずエンドノード同士が通信を行う形態を指す．対してPtoPは，任意の2点間において通信を行う形態を指す．実装した時刻同期の精度と，従来のEtoEな時刻同期の精度との比較評価も行った．EtoE，PtoPそれぞれにおいて，スイッチを2ホップでつなぎ，スイッチにダミーデータが流れている状態で，両端のノードの時刻同期を図る．

その結果，EtoEでは，中間ノードであるスイッチにおいて遅延が発生し，通信データの混雑度によっては，時刻同期に必要なデータの授受を行った時刻の記録がずれ，ダミーデータのメッセージ長に応じた誤差が発生した．一方，PtoPでは，隣同士のノードで時刻同期を行うため，遅延が発生するスイッチが存在せず，ネットワーク全体での誤差を低減することができた．従って，本研究で実装したスイッチにより，時刻同期精度の向上を確認でき，車載向けの時刻同期機能としてPtoPで時刻同期を行うgPTPが適していると結論づけた．