

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 丹野 嘉信
 学位 博士 (工学)
 学位記番号 新大院博 (工) 第 516 号
 学位授与の日付 令和3年3月23日
 学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
 博士論文名 接続相手を考慮した適合化通信の研究—単線下における通信速度のハンドシェイク手法の提案—

論文審査委員 主査 教授・阿部 貴志
 副査 教授・中野 敬介
 副査 教授・山崎 達也
 副査 教授・大河 正志
 副査 教授・林 隆史

博士論文の要旨

通信技術の発達により、様々な通信機器が用途に応じて開発された。またそれと同時に、それぞれの用途に応じるために通信規格も新たに制定され、通信機器を利用する需要が伸びる程、通信規格の数も増え複雑化している。それぞれの役割に応じて通信規格を分類し管理するものとして、OSI 参照モデルが提案された。通信の役割を階層に分け、上層に位置する規格は、必ず下層の規格を使用しなければ利用できない仕組みになっている。そこで、最も下層に位置し、必ず機器同士が通信する上で最低限必要な機能として有さなければならない規格を定めた層が物理層である。物理層は、ソケット形状や、コネクタの各ピンの役割、電気信号の取扱いなどを規定している。デジタル信号の場合、0、1 の 2 種類の表現を再現することが出来れば情報を伝送することが出来るが、単純に電線内の電圧の閾値を定めただけではノイズによる誤送が起こりうる。その為、様々な工夫も物理層の規格は規定しなければならない。また、接続されている一方の機器が接続されている他方の機器から送られてきた信号を理解しているのかを判断出来なければならない。そこで、送信確認や最低限 0、1 の論理値の送信を判断するために電気信号の送信間隔を定める必要があり、通信を開始する前に通信周波数を決定する。既存ではコネクタにより事前に周波数が決まっている方法や、最低周波数が設定されている規格や、通信順序が事前に役割として決定していることで周波数決定を流動的に行えるようにする規格が存在する。しかしながら、多方面からの需要に対応する通信規格の増加により、それぞれの規格で定めた周波数決定手法が多岐にわたることで規格の特定が難しくなる。既存のコネクタによる制限も増加により、管理が困難になる。また、同じコネクタ形状でも規格が異なる場合があり、通信順序の関係を把握するか、事前に通信手段が確立されていなければならない。それでは事前に通信規格と役割が確定していなければならない、今後も増加した規格へ対応するのが困難になる。そこで、送信順序が事前に役割として決めなくても同じ通信手段に則ることで、接続機器同士で自動的に通信可能な周波数を導き出す手段が必要である。

本研究では物理層における周波数決定に着目し、接続機器同士が相手の状況を事前によくなく通信に用いる周波数を決定する手法を提案する。本提案手法は 2 つの特徴がある。送信順序を接続する前に決定する必要がない点と、通信周波数を決定するために事前通信するための、最低周波数を設定する必要がない点である。また、通信順序を事前に決めなくても機能するために、自由なタイミングでそれぞれ電気信号を相手に送る状況を想定しており、単線通信により信号が合成された場合においても自機が送信した信号を除去し、他方が送信した信号のみを抽出することができる仕組みも同時に提案した。

シミュレーションによりアナログ信号による理想環境下における電送についての検討を行い、実機を用いたデジタル信号による手法の提案検証を実施した。アナログ信号による伝送手法は、接続相手の送信する信号の周波数の探索を周波数が相手と一致するまで繰り返すため、周波数の探索に用いる周波数一致率の解析が重要となる。周波数一致率の解析が重要であるため、シミュレーションを用いて異なる周波数を持つ機器間で周波数が一致するまでの周波数一致率の解析結果の推移を検証として求めた。加えて、周波数の位相が異なる場合での影響を考え、通信機器間で位相が異なる環境下で周波数一致率の解析結果の推移を検証として求めた。異なる周波数を持つ機器間の検証では、周波数が異なる時、周波数の一致率は0%に近い値を示し、一致した時は100%に近い値を示した。実機を用いたデジタル信号による手法は、単線下で合成波される信号から接続相手と比較して周波数が一致するまで大小比較を繰り返すため、周波数の一致判定の解析、周波数の大小判定の解析、の二つの解析が重要となる。実機を用いたデジタル信号による手法では、通信を行う二つの実機に配線を行い、予め決められた周波数の中から高い周波数と低い周波数を割り振り、提案手法や解析に用いる閾値を組み込んで実験を行った。実験結果により、二つの実機は共に通信周波数の一致まで処理が行えることを確認した。

アナログ信号による理想環境下における電送と実機を用いたデジタル信号による手法の各手法はどちらも通信周波数を決定する実現性が高いと言える。通信周波数を決定するまでの所要時間の改善や1度に送信するデータ長等と言った通信周波数以外の物理層の要素の決定や物理層以外の別層の規格を確定する仕組み等が今後の課題である。提案の発展性として規格を接続相手毎に決定する仕組みを応用して断線時に強い規格としての利用や電子部品間の配線時の通信決めや繋ぐだけで自動的に通信が成立する仕組みを持つユニバーサルコネクタが実現可能であると考えられる。

論文は、7つの章で構成されている。1章では研究の背景を示し、2章では主にOSI参照モデルの物理層に関して問題の所在を論じ、3章で提案手法の概要を示した上で、4章と5章でそれぞれアナログ信号とデジタル信号に関する提案手法を示している。6章では、4章と5章の評価結果を含めた提案についての考察に加え、接続相手の状況、回路、スイッチ、コネクタ等の提案手法の応用例を記載する。最後に、7章のまとめでは、全体の総括を示している。

審査結果の要旨

本論文は、多種多様な通信用コネクタの相互接続をそれぞれの接続用の専用アダプタを用いることなく容易にするための方法を研究したものであり、接続機器同士が相手の状況を事前に知ることなく通信に用いる周波数を決定する手法として、ハードウェアと信号処理アルゴリズムからなる仕組みを提案し、接続開始時に、接続相手の信号特性を分析し相互に通信可能な信号を合成して通信を実現した。実際にソフトウェアとハードウェアも作成し、いくつかの通信方法との相互通信を実験し良好な結果が得られ、アナログ信号をベースにしたものとデジタル信号をベースにしたものについて同様の成果が得られている。本成果は、送信順序を接続する前に決定する必要がない点と、通信周波数を決定するために事前通信するための、最低周波数を設定する必要がない点の特徴を有する新規性の高い手法であると評価できる。

本論文の成果の発展性として、通信規格を接続相手毎に決定する仕組みを応用して、断線時に強い規格としての活用や電子部品間の配線時の通信決めや繋ぐだけで自動的に通信が成立する仕組みを持つユニバーサルコネクタ開発の実現へ向けた大きな貢献が期待できる。

また、本論文の主な内容は、申請者を筆頭著者とする査読付き原著論文1報と査読付き国際会議論文1報として発表されている。

よって、本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した。