

# 装置内ハーネスの無線化を実現する低遅延多元接続通信技術の研究開発 (121803021)

## Research and Development of Low Latency Multiple Access Communication Technology to Realize In-machine Wireless Harness

### 研究代表者

清水 聡 沖電気工業 (株)  
Satoru Shimizu Oki Electric Industry Co.,Ltd.

### 研究分担者

久々津 直哉<sup>†</sup> 熊谷 智明<sup>†</sup> 北沢 祥一<sup>†</sup> 鴨田 浩和<sup>†</sup>  
Naoya Kukutsu<sup>†</sup> Tomoaki Kumagai<sup>†</sup> Shoichi Kitazawa<sup>†</sup> Hirokazu Kamoda<sup>†</sup>  
阿野 進<sup>†</sup> 畑本 浩伸<sup>††</sup> 城田 健一<sup>††</sup> 大平 昌敬<sup>†††</sup>  
Susumu Ano<sup>†</sup> Hironobu Hatamoto<sup>††</sup> Kenichi Shirota<sup>††</sup> Masataka Ohira<sup>†††</sup>  
<sup>†</sup>(株) 国際電気通信基礎技術研究所 <sup>††</sup>沖電気工業 (株) <sup>†††</sup>国立大学法人 埼玉大学  
<sup>†</sup>Advanced Telecommunications Research Institute International <sup>††</sup>Oki Electric Industry Co.,Ltd.  
<sup>†††</sup>Saitama University

研究期間 平成 24 年度～平成 26 年度

## 概要

本研究では車両の軽量化に効果的と思われるセンサ用のハーネスに焦点を絞ることとする。特にエンジンルーム (ER) を主対象として、電波伝搬の詳細な測定・分析、車両内伝搬の基礎的特性の解明、高周波回路シミュレーションや電磁界解析の結果等に基づく通信方式の検討、実車両を用いた通信方式の仮説検証実験を行い、最終的に、システム遅延 0.5 ms、ノード数 200、通信速度 10 Mbps/ch を満足しかつ耐干渉性の高い無線通信の基本技術を確立する。

## 1. まえがき

地球温暖化問題が深刻さを増す中で喫緊の課題は CO2 排出量削減と低炭素社会への移行である。その鍵の 1 つが CO2 排出源として全排出量の約 18% を占める自動車であり、自動車の燃費改善は CO2 排出量削減における重要な課題となっている。本研究開発は、近年の ICT 化の傾向によって重量増の原因として比重が増しつつある車載ハーネスに着目し、その無線化に必要な低遅延多元接続無線通信技術を確認することにより自動車の軽量化と燃費改善を加速させ、60 万トン超の CO2 排出量削減に貢献することを目的とする。

## 2. 研究開発内容及び成果

本研究では、電波伝搬、通信方式、アンテナの三位一体での検討を進め最終年度には、それらを統合した形での実機内検証を行った。以下、それぞれの内容・成果を示す。

### 2. 1 課題 (ア) 自動車内の電波伝搬の解明

初年度は車内伝搬測定手法の確立と、電波伝搬測定 (伝搬損失と遅延特性) を実施。二年目には、伝搬損失のモデル式を導出した。また、車外からの被干渉や車外への与干渉を測定し、自由空間に比べ 19dB の損失増加となることが分かった。最終年度は測定を追加実施し、合計 7 車種の伝搬損失、遅延スプレッドの測定結果を得た。それらの分析により、車種によらず概ね同様な傾向があることが分かり、一般化したモデル式を導出することが出来た [3]。

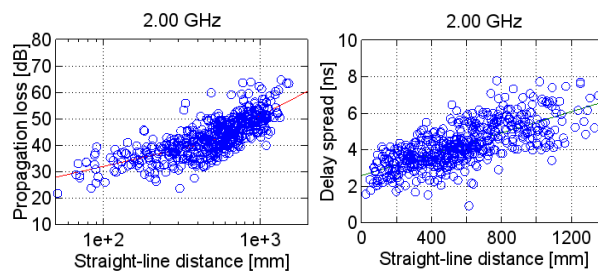


(a) プリウス



(b) インサイト

図 1 測定車両



(a) 伝搬損失 (b) 遅延スプレッド  
図 2 計 7 車種のエンジンルーム内の測定結果

### 2. 2 課題 (イ) ワイヤレスハーネスに好適な通信方式策定

課題 (ア) の測定結果を活用し、シミュレーションで伝送特性の評価を行い、車内伝搬環境においては、-20dBm 以上の送信電力において、本研究の目標値である 10Mbps/ch が達成できることを示した。また、短いパケット長に適した通信方式を提案するとともに、本システムにおける基本仕様をまとめ、それに適合する図 4 の無線モジュールを開発した。

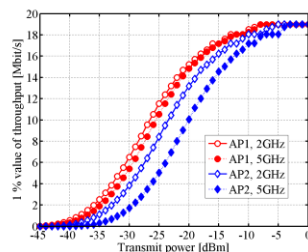


図 3 スループット特性



図 4 無線モジュール

## 2. 3 課題 (ウ) 装置内用小型アンテナの設計・開発

車両エンジンルーム内用アンテナの小型化・広帯域化の2共振アンテナの研究に取り組んだ。近接する金属部品の影響を受けにくいこともアンテナの条件となる。

8.75 mm × 5.25 mm の小型ながら、2.45 GHz 帯において-10 dB以下の良好な反射特性が得られた。2.4 GHz帯で金属板を近接させた評価では、従来の逆Fアンテナ、板状逆FアンテナではVSWR=3以下の特性を保つためには、0.15波長の離隔距離が必要なのに対し、本アンテナでは0.03波長まで近接できることを確認した。

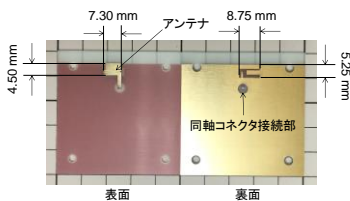


図5 実機検証用アンテナ

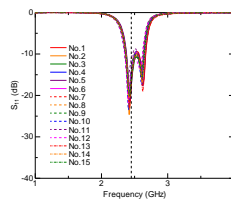


図6 反射特性

## 2. 4 課題 (エ) 実機内検証

課題 (イ) で試作した無線モジュールに課題 (ウ) で試作したアンテナを接続した図8の評価用モジュールを用い、マツダ デミオ、トヨタ マークXの2車種において各42箇所での伝送品質の評価としてパケット誤り率の測定を行った。具体的には、AP、STに当該評価用モジュールを設置し、2400~2480MHzを2MHzステップで周波数を切替えて、64byteのパケットを2Mbpsの伝送速度で100万回送信する実験を行い、正常に受信されたパケット数から誤り率を算出した。

その結果、パケット誤り率は2箇所の特定周波数を除いて $10^{-6}$ 以下であり、目標誤り率である $10^{-4}$ は十分達成できていることが分かった。誤りが発生した2箇所も特定周波数の場合のみの劣化であり、周波数を変えれば $10^{-6}$ 以下であることから、通信プロトコルで適切なチャンネル割当てを実施すれば全く問題は無い。

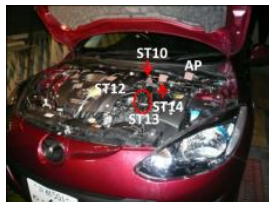


図7 測定車両(マツダ デミオ)



図8 評価用モジュール

## 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

### 3. 1 研究としての展開

配線の無線化により軽量化が必要とされるのは、自動車だけではない。研究機関へのヒアリングを通じて航空機・衛星などでも同様な検討が進められていることが分かった。次の検討対象を衛星とし、実際にATRを中心に新たなフレームワークを作り検討を実施中である。衛星については、配線が3重化されており、その一つを無線にすることで軽量化を目指す。

### 3. 2 事業化への展開

本研究の中で伝搬特性、伝送品質特性を取得することができた。事業化を目指し、これらの手法をメカトロ機器に適用して検討を進めている。本研究期間でできなかった製品化に必要かつ最も重要な信頼性の検討を具体的に実施中

である。

自動車についても、実用化されるための基準や信頼性が重要になる。本研究の中で、自動車メーカーへのヒアリングも実施した。衛星を対象とした配線の無線化の研究を継続しながら、自動車への展開も模索する。

### 3. 3 他の研究へ及ぼす効果や波及効果

本研究の中で用いられる無線システムは、今、盛んに言われているIoT (Internet of Things) の概念に近い。機器内部の配線の無線化は、非常に多くの市場性があると期待できる。

また、配線の無線化は、実装スペースの圧縮や配線工数の短縮などにもつながり、製造工程の大幅な変革の可能性もある。

尚、CO2の削減効果については提案時に示したように、無線適用による車両の軽量化に伴い60万トン超の排出量削減に貢献できることが見込まれる。

## 4. むすび

本研究では、装置として車のエンジンルーム内を対象に、その配線を無線化するに際して必要となる、電波伝搬、アンテナ、通信方式に関する研究開発を実施した。最終年度では、試作したアンテナ・無線モジュールを用いて、実際にエンジンルーム内で伝送品質評価を行い、十分な特性が得られることを確認した。今後は、製品化を見据えた品質や安全性・安定性といった開発が必要となる。

また、本技術は、自動車に限らず、様々な機器内での通信に適用可能である。他の機器を対象とした研究開発も継続していく。

### 【誌上発表リスト】

- [1] 伴弘司、北沢祥一、小林聖、“省資源・省エネに有用なワイヤレスハーネス技術”、電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン、No.25、pp25-32 (2013年6月)
- [2] H. Hatamoto, S. Ano, N. Kikuchi, S. Shimizu, “An evaluation of transmission performance for wireless harness systems using propagation models in an automobile engine compartment”, 2013 IEEE 24th International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (英国ロンドン) (2013年9月9日)
- [3] M. Ohira, S. Ano, S. Kitazawa, H. Ban, N. Kukutsu, and K. Kobayashi, “Microwave Propagation Characterization in Automotive Engine Compartment for Wireless Harness Communications”, 2014 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI National Radio Science Meeting (米国メンフィス) (2014年7月9日)

### 【申請特許リスト】

- [1] 伴弘司、阿野進、北沢祥一、久々津直哉、小林聖、通信装置、通信システムおよびアンテナ構造体、日本、2013年11月13日
- [2] 鴨田浩和、北沢祥一、久々津直哉、熊谷智明、無線電力送信システム、日本、2014年9月25日

### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.atr.jp/expo2013/poster/7welWH2.pdf>  
[http://www.atr.jp/expo2014/ATR2014\\_Printer.pdf](http://www.atr.jp/expo2014/ATR2014_Printer.pdf)  
<http://sirius.reso.ees.saitama-u.ac.jp/>