

# ZigBee を用いた路車間通信技術の性能実験と評価

2013SE249 山本吉秀

指導教員：奥村康行

## 1 はじめに

近年、現代社会におけるネットワークを利用した技術は、交通安全にも活用されている。

トヨタ自動車は 2015 年 9 月、日本国内の ITS（高度道路情報システム）向けに利用可能な 760MHz 帯の専用周波数を使った車車間・路車間通信を用いる運転支援システム「ITS Connect」を採用した。このシステムは、クルマに搭載したセンサーでは捉えきれない情報を、ドライバーに知らせることで安全運転を支援するものである。[4] このように、ネットワークを活用することでより安全な社会をつくることができる。しかし、コストがかかることや認知度の低さから、愛知県内の交差点に設置された「ITS Connect」は、約 20 ヶ所程度にとどまっている。今回は低コストで通信が可能な ZigBee に注目した。

## 2 目的

本研究では、自動車に搭載する通信技術の利用として無線通信規格の一つである ZigBee を用いて、車内にモジュールを設置し、データを車外に送受信する簡易的なアプリケーションを作製する。その際に通信速度と通信強度の測定を行う。また、本研究では ZigBee 無線通信モジュールの一つである XBee を使用し、アンテナの種類に関してはワイヤーアンテナと PCB アンテナを使用する。

## 3 ZigBee とは

ZigBee は近距離無線通信規格の一つである。最大接続端末数は 65535 台で、単 3 電池 2 本で最大 2 年間動作する。また、LSI 単価で \$ 2 であることから低コストであるといえる。

## 4 シミュレーション及び実験の概要

この節では、シミュレーションのパラメータと各実験の構成、測定方法を述べる。

### 4.1 平面大地での電波強度シミュレーション

本研究で使用する ZigBee 無線通信モジュールである XBee は 2.4GHz 帯を使用する。電波強度がどのように偏移するのかをレイトレース法を用いてシミュレーションを行った。今回は、PCB アンテナを用いて、障害物がない場合を想定して、3m までの受信電力のシミュレーションを行った。シミュレーションのパラメータを表 1 に示す。

本研究で用いる XBee を用いて平面大地で実験を行い、シミュレーションとの比較を行う。また、アンテナの地上高をシミュレーションのパラメータと同様にするために、電氣的に影響がないプラスチック素材の高さ 0.75m の台座を作成した。電波強度は、子機親機間の距離

表 1 シミュレーションのパラメータ

周波数 [GHz]	2.4
送信電力 [dBm]	10
比誘電率	7
導電率 [S/m]	0.001
アンテナの地上高 [m]	0.75
アンテナ利得 [dBi]	-0.5

が 0.0625m 離れるごとに測定する。これは 2.4GHz の半波長分である。

### 4.2 路車間での通信速度と電波強度の測定実験

車内に子機を搭載し、車外に設置されている親機との距離ごとの電波強度と通信速度を測定する。また、車内に設置されている XBee モジュールの仕様の最大出力は 10dBm で電源電圧は 3.3V である。今回は、子機が搭載されている車と親機との間の見晴らしが良い市街地で測定した。通信速度、電波強度共に、20 パケット (5100bytes) を送受信した際の数値を 5m ごとに測定する。測定の構成のイメージを図 1 に示す。



図 1 測定の構成のイメージ

## 5 シミュレーション及び実験の結果と考察

この節では、シミュレーションと各実験の結果の比較と考察をおこなう。

### 5.1 平面大地でのシミュレーションと実験結果の比較

計測ソフトに関しては Digi International 社の XCTU というソフトウェアを使用した。シミュレーションと実験結果の電波強度の偏移を図 2 に示す。シミュレーションに対して実験結果は、全体的な電波強度は低下していることが分かる。電波強度の偏移は似通っていた。

### 5.2 路車間での通信速度と電波強度の測定結果

次に、路車間で測定実験した際の結果を示す。図 3 はワイヤーアンテナを用いた際の子機親機間の距離ごとの通信速度である。ワイヤーアンテナの場合、70m までは

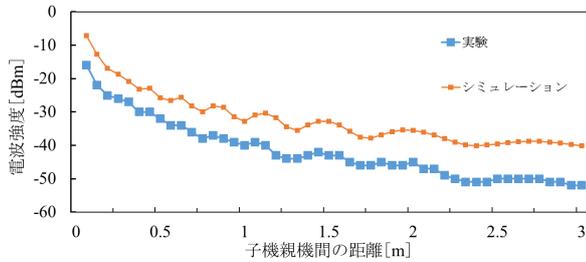
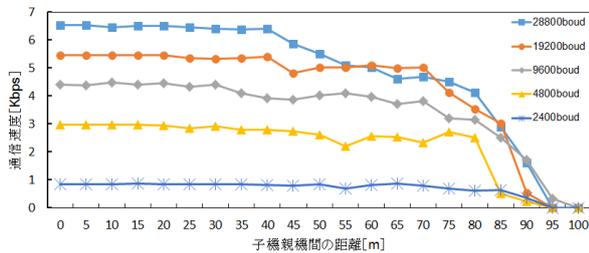


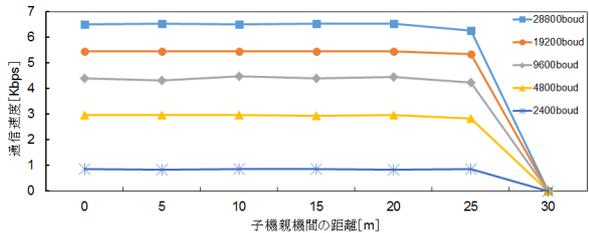
図2 シミュレーションと実験結果の比較

57600bps 以外はそれぞれの最大通信速度を保っていたが徐々に不安定になり、70m 以降は著しく低下している。

図3にPCBアンテナを用いた際の子機親機間の距離ごとの通信速度を示す。PCBアンテナの場合、25mまではそれぞれの最大通信速度を保っていたが、30m地点では通信速度は測定不可となった。



(a) ワイヤアンテナ



(b)PCB アンテナ

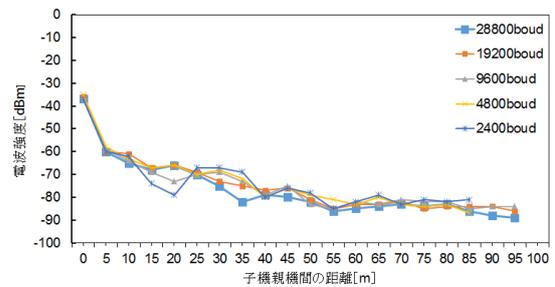
図3 路車間での各アンテナの通信速度

次に、図4にワイヤーアンテナを用いた際の子機親機間の距離ごと電波強度を示す。ワイヤーアンテナの場合、すべての転送速度において10mの地点で-80dBmから徐々に低下している。60m以上離れると-100dBmに近くなり、計測不能となった。

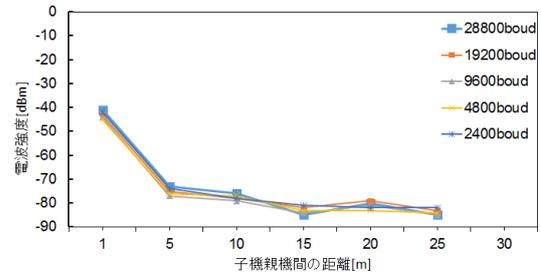
図4にPCBアンテナを用いた際の子機親機間の距離ごと電波強度を示す。PCBアンテナの場合、5mの時点で-70dbm以下となり、通信速度と同様に、30m時点では測定不可能となった。

## 6 まとめと今後の課題

シミュレーションと平面大地の測定実験の結果に関して、全域で波のような電波強度の変化が一致した。全体的な電波強度は、シミュレーションよりも実験結果のほうが10dBmほど低かった。路車間での測定実験に関しては、



(a) ワイヤアンテナ



(b)PCB アンテナ

図4 路車間での各アンテナの電波強度

ワイヤーアンテナの通信可能な距離が100mであるのに対して、PCBアンテナは30m地点では通信不可能となった。電波強度は、PCBアンテナよりもワイヤーアンテナが10dBmほど上回った。本研究で使用した機材では、通信速度最大6.5kbps、通信距離5mまで路車間通信可能であることが分かった。また、想定されるアプリケーションとして交差点での自動車用の信号の待ち時間を表示させるシステムなどがある。今後の課題として、路車間での測定実験から、XBee製品既存のアンテナでは市街地で運用する場合非常に電波強度が弱いため、別のアンテナを作製する必要がある。

## 参考文献

- [1] 宮沢 秀俊, 高橋 広昭, “ZigBee 準拠センサネットワーク,” NEC 技報, Vol.59, no.1, pp.95-96, 2006.
- [2] 国野 亘, “ZigBee/Wi-Fi/Bluetooth 無線用 Arduino プログラム全集第4版,” CQ 出版株式会社, 2014.
- [3] Robert Faludi(水原文訳), “XBee で作るワイヤレスセンサーネットワーク,” 株式会社オーム社, 2011.
- [4] ITSCConnect 推進協議会, “TOYOTA Groval Newsroom:ITS Connect とは,” TMC, <http://newsroom.toyota.co.jp/en/detail/9652000>, Sep. 30 2015.
- [5] 多賀登喜雄, “次世代の超高速ワイヤレス通信システムを支えるアンテナ・伝搬技術ワークショップ,” 次世代の超高速ワイヤレス通信システムを支えるアンテナ・伝搬技術ワークショップ開催実行委員会, pp.57-65, 2016.