

車両の位置情報を交換する無線プロトコルの実験

戸田賢二† 佐谷野健二††

† (独) 産業技術総合研究所 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第二
†† レクセオン・テクノロジー (株) 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第二 産総研内

E-mail: k-toda@aist.go.jp, sayano@rexcon.jp

あらまし 2.4GHz 帯の無線 LAN 用 RF チップを用いて、車両の位置情報などを想定した十数バイトの情報をリアルタイムで交換する実験を行った。4 台のノードを用いた予備的な実験の結果、走行する 100 台程度の車両の間で情報の交換が可能との予測を得た。これは、車両の衝突回避や、車両間のアドホック通信のための基本データの交換が低コストで行える可能性を示すものである。

キーワード 無線 LAN、2.4GHz 帯、車両の位置情報、リアルタイム通信、衝突回避、アドホック通信

An Experiment on Wireless Protocol Communicating Vehicle Position

Kenji TODA † and Kenji SAYANO ††

† AIST Central 2, 1-1-1 Umezono, Tsukuba 305-8568, Japan
†† REXEON Technology AIST, Central 2, 1-1-1 Umezono, Tsukuba 305-8568, Japan

E-mail: k-toda@aist.go.jp, sayano@rexcon.jp

Abstract We conducted experiments on realtime communication of ten-odd bytes using a wireless LAN RF chip of 2.4GHz band. Preliminary experiments using four wireless nodes lead the consequence that realtime data communication is possible among around-a-hundred moving vehicles. This result shows the feasibility of low cost communication for vehicle collision avoidance and/or for stable ad-hoc communication between vehicles.

Keyword wireless LAN, 2.4GHz band, vehicle position, realtime communication, collision avoidance, ad-hoc communication

1. はじめに

走行する車両間で位置情報をリアルタイムで交換することができれば、衝突回避や車両間でのアドホック通信網の確立・維持に有用である。我々は、安価な無線 LAN の RF (Radio Frequency) チップを用いて、このための無線通信プロトコルの予備的な実験を行った。

2. 無線 LAN RF チップを用いた通信プロトコル実験用システム

2.1. 実験用システムと各ボードの構成

通信プロトコルの実験を自由に行うために RF チップを直接 FPGA から制御できるボードを作成した。図 1 にこのボードを用いた実験用システムの全体構成を示す。無線 LAN の RF 部分はドータボードとし、有

線 LAN を持つ FPGA ボード (LAN アダプタ) に搭載する。LAN アダプタからは、ロケット IO (Xilinx の高速シリアル IO) ポートを用いて (REX2 I/O ボードで) IEEE1394 に変換され PC と接続する。

無線 LAN ドータボードでは、DA と AD が無線 LAN RF チップ (マキシム社 11b/g/a 対応トランシーバ) に接続されている。アンテナはセレクトによりチップアンテナと外部アンテナの切替が可能である。図中のアンプは出力用であり、入力アンプはトランシーバ内蔵である。これらの RF 部分は、ボード上に 2 セット搭載されている。

LAN アダプタボードは、ギガビットイーサの物理チップ (PHY) 2 個を、MAC を内蔵する FPGA 経由で、ロケット IO (MGT) を有する FPGA に接続している。無線 LAN ドータボードはコネクタで直接 FPGA (MGT) と接続される。ギガビットイーサ部分は本実験では用

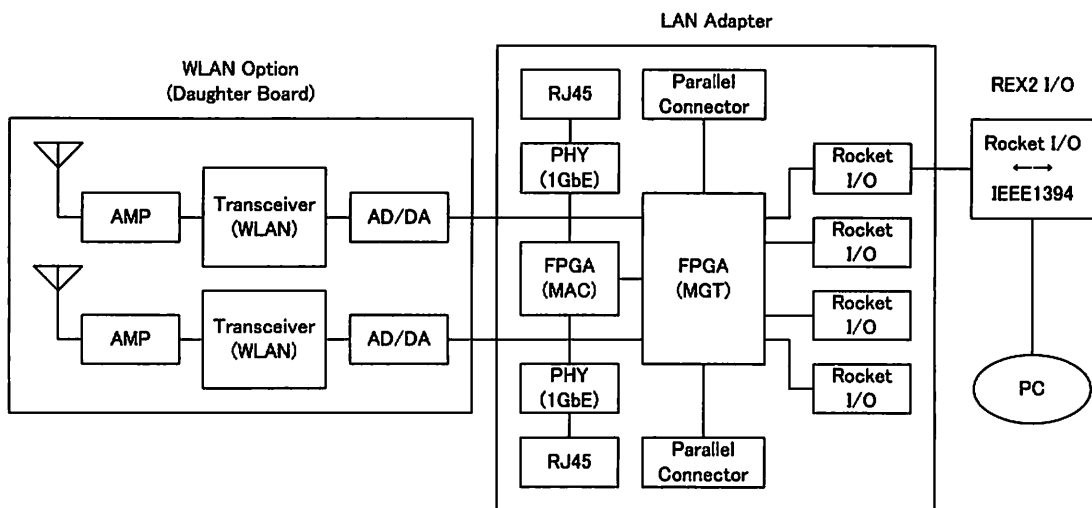


図 1. 無線 LAN RF チップを用いた通信プロトコル実験用システムの全体構成

いていないが、今後 LAN アダプタを活用する際の通信手段として用いたり、有線無線を含めたリアルタイムイーサ[1]のプロトコル実験を行うことを想定している。図 2 は、無線 LAN ドータボードの写真である。基板左端にチップアンテナと外部アンテナ端子がある。

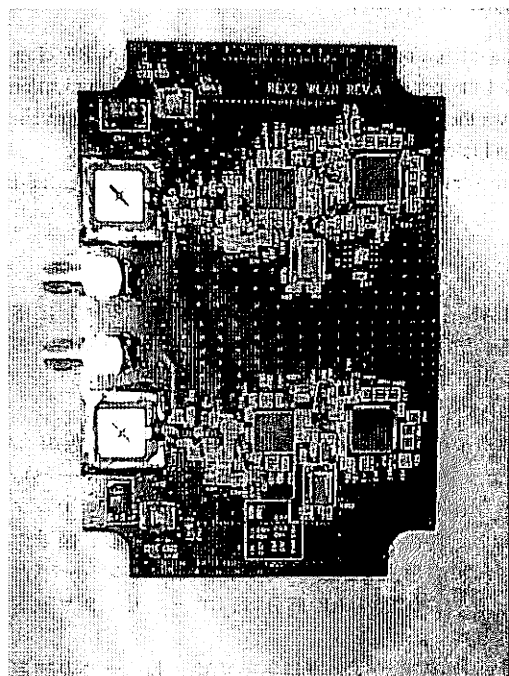


図 2. 無線 LAN ドータボード写真

図 3 に、無線 LAN ドータボードを搭載した LAN アダプタの写真を示す。基板右端がロケット IO でありインフィニバンドケーブルで他基板と接続する。

2.2. 位置情報交換用無線プロトコル

位置情報とその他の補助的情報（速度、進行方向、加速度など）は十数バイト程度である。また、数十 Km/時の速度で移動する不特定多数の車両と情報交換する必要があること。外部や自他車両からのノイズも多いことを考慮して、2 相位相変調を採用し、一定の確率のインターバル後、キャリアが検出されないときに送信する方式とした。各車両は送信時以外は他の車両からの情報を受信する。

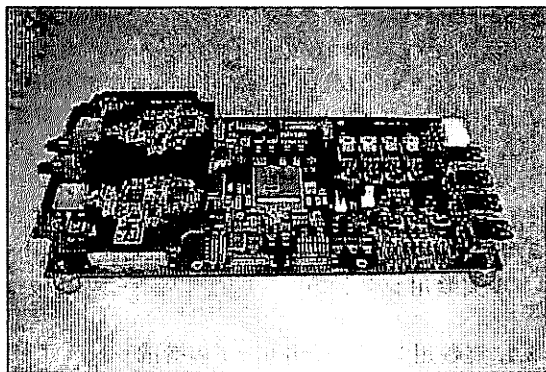


図 3. 無線 LAN 搭載 LAN アダプタ写真

2.3. 回路構成

図 4 に LAN アダプタの FPGA (MGT) の回路構成を示す。無線 LAN の RF チップからの受信信号は、A/D 変換され 2 チャンネル (I-ch, Q-ch) で FPGA に入力される。FPGA ではこの信号から、コンスタレーション波形上の半径 (RADIUS) 及び角度 (THETA) を計算し、ローパスフィルタ (FILTER) を通り、ベースバンド処理 (BASEBAND) を行い、FIFO 経由でロケット IO で出力を行う。送信データは、ロケット IO から FIFO 経由でベースバンド処理を行い、2 チャンネルで D/A に送られ、RF チップで送信される。A/D、D/A、RF チップの各種パラメータは、ロケット IO からシリアル処理を通り各チップに書き込まれる。表 1 は、回路の資源使用量である。

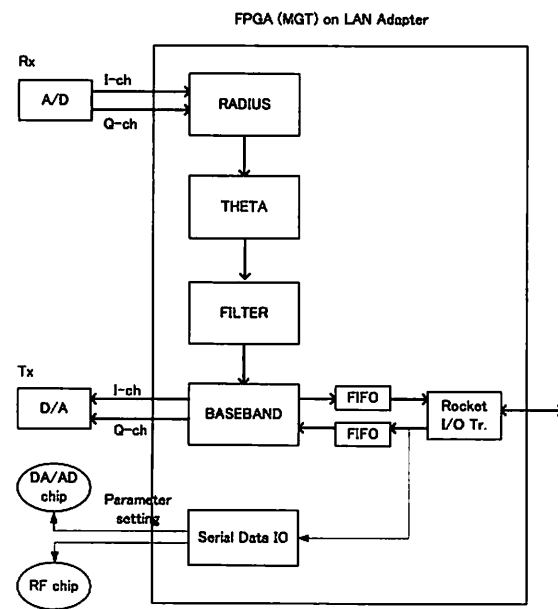


図 4. FPGA 内の回路構成

表 1. 回路の資源使用量 (LAN アダプタ FPGA)

CHIP_M(全体)	FPGA	XC2VP7 (-5)			
Slaves:	1,678	out of	4,928	34%	
Slice Flip Flops:	1,576	out of	9,856	15%	
4 input LUTs:	2,317	out of	9,856	23%	
bonded IOBs:	86	out of	396	21%	
BRAMs:	26	out of	44	59%	
GCLKs:	3	out of	16	18%	
GTS:	1	out of	8	12%	
DCMs:	1	out of	4	25%	

3. 実験と考察

以下は、実験の条件と結果、及びその考察である。
図 5 及び図 6 は実験の様子である。

○実験 (1)

*ベースバンド回路は 50MHz 10bits (6bits を FPGA で使用)

*変調方式は BPSK(Binary Phase Shift Keying、2 相位相変調)

【エンコーディング】

- ・データが "1" の場合: 1 μ s 幅のビットを送信
- ・データが "0" の場合: 2 μ s 幅のビットを送信

【パケットフォーマット】

- ・プリアンプル: "1" $\times$ 63 ビット + "0" $\times$ 1 ビット (1 $\times$ 63 + 2 $\times$ 1 = 65 μ s)
- ・データ部: 32 ビット (1 $\times$ 16 + 2 $\times$ 16 = 48 μ s) (合計 113 μ s)

【送受信切替時間】

- ・受信から送信: 10 μ s
- ・送信から受信: 10 μ s

【測定条件】

- ・使用ノード数: 4
- ・各ノードが 1 パケット送信後、ランダムに設定したインターバルだけ待つ
- ・上記を 500 回繰り返す

【通信成功率】 (4 アンテナ間の距離 20cm)

- インターバルが 0 ~ 1 ms の場合 : 約 84 %
- インターバルが 0 ~ 10 ms の場合 : 約 97 %
- インターバルが 0 ~ 100 ms の場合 : 約 99 %
- インターバルが 0 ~ 1000 ms の場合 : 約 99 %

○考察 (1)

*インターバルが 0 ~ 1 ms の場合の理論値:

1 パケットは 150 μ s (113 プリアンプルとデータ + 20 送受信切替往復 + 17 受信など)
各ノードの平均パケット送信トライ間隔は 0.5ms = 500 μ s であるが、
150 μ s/pct で 4 ノードあるので 1 ノードからは 600 μ s ごとに送信できることとなる。
従ってその成功率の概算値は、
500 (インターバルでのトライ) / 600 (実際の送信間隔) $\rightarrow$ 83% (1 ノードあたり)

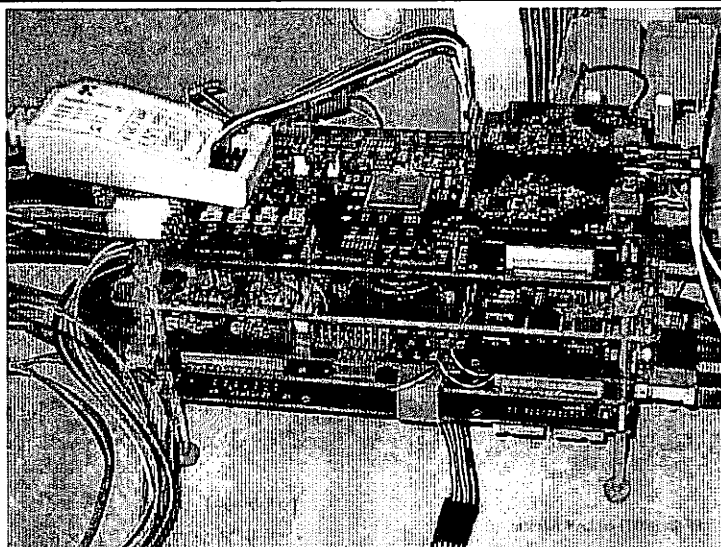


図 5. 無線 LAN 実験（動作試験）

となり、実測値 84%に付合する。

*その場合の送信レート（プリアンプル含む）：

150 μ s/pct で、1 パケットはプリアンプル含めて 64 + 32 = 96 ビットであるので、

640Kbps となる。

この値は、プリアンプル部で BPSK の極性を決めれば、データの 1/0 で時間を変える必要が無くなり 1.5 倍の改善、データの時間も現在 1 μ s を 1/2 程度に短縮可能であるので 2 倍の改善が期待できる。従って、最大値は 640bps*1.5*2=2Mbps と予測される。

○実験（2）

送信を 1 ノードに固定し、2 ノード（相互の距離は 20cm）は受信のみとした。

送信ノードと受信ノードの距離を 15 メートル程度まで離して通信成功率を測定した。

見通しだと通信に問題ない。90 度直角（アングル及び壁は金属）では、通信レートは低下したが、受信感度などの調整でかなり改善した。電波強度が低い状態では、2 本の受信アンテナの位置の違いで大きく感度が異なった。

○考察（1）（2）

車両一台（モバイルノード）の位置、速度、進行方

向、加速度などの基本情報は 64 ビット程度とし、プリアンプル 32 ビットとすると、合計 96 ビット/1 台となる。0.1 秒毎に 2 回同じ情報を送信すると仮定すると、本方式で最大、

$$2 \text{ Mbps} / (96 \text{ bits} * 10 * 2) = > 1000 \text{ 台}$$

程度の通信が可能である。これは、理想の場合なので、実際にはこの 1/10 程度と考えられる。

4. 今後の予定

現在は電波遮蔽室での実験であるが、今後は免許を取得し、通常の室内や、室外での実験を行いたい。

謝 辞

本研究は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) の委託研究「モバイルアドホックネットワークにおけるスケーラブルグループメンバー確認技術に関する研究開発（課題番号：052308002）」の成果であり、研究代表者の広島市立大学角田良明教授をはじめとするプロジェクトメンバー各位に感謝いたします。

文 献

- [1] 堀武司, 戸田賢二, 「Linux カーネル上でのイーサネット優先度制御・フロー制御機構の実装と評価」、情報処理学会研究会報告 2006-SLDM-124(ETNET2006)、pp.27-42、2006.3.16.

- [2] 「無線データ通信の基礎と RF 部品活用法」、トラ
ンジスタ技術編集部編、CQ 出版社、
ISBN4-7898-3441-7.
- [3] 「デジタル通信回路教科書」、太田博之著、CQ
出版社、ISBN4-7898-1874-8.
- [4] 「改訂版 802.11 高速無線 LAN 教科書」、守倉正
博・久保田周治監修、インプレス、
ISBN4-8443-2060-2.

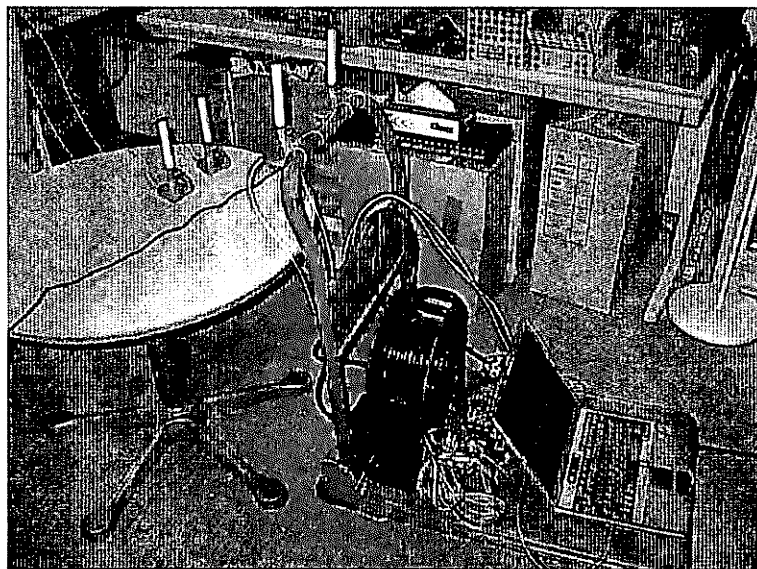


図 6. 無線 LAN 実験 (モバイルセット)