

車両内での通信サービスを高度化する車載ルータの通信制御

高橋幹^{†1} 今田諭志^{†2} 鈴木信雄^{†2}

近年、クルマを外部のネットワークと接続し、機器の状態をクラウドで管理する研究が進んでいる。車内の機器は車載ルータを経由して外部と通信することから、車載ルータが重要な役割を担う。本研究では、車載ルータに関する要素技術として、1)通信機器の消費電力を抑える手法、2)車内での通信速度を改善する手法、3)ユーザ毎に適切な情報を配信する手法の3種類の機能を提案した。これらの機能を統合することによって、低消費電力かつ通信速度が安定した状態で、目的地を訪れた人だけに適切な情報を配信するサービスを提供することができる。

Connection control to improve an in-vehicle wireless LAN communication

TSUYOSHI TAKAHASHI^{†1} SATOSHI IMATA^{†2} NOBUO SUZUKI^{†2}

We proposed three methods for an in-vehicle router, i.e. 1) reducing the energy consumption for an access point, 2) improving the throughput of an in-vehicle wireless LAN and 3) delivering the appropriate information for each user. The system assembled these methods realizes to deliver the appropriate information to provide only for a user who visits a destination.

1. はじめに

近年、クルマを外部のネットワークと接続し、車内の機器の状態などをクラウドで管理する研究が進んでいる。例えば、多数のクルマの走行履歴をクラウドで管理することにより、大規模災害の後で通行可能な道路を迅速に公開する仕組みが構築されている[1]。また、天候が悪いエリアにおいて、スリップした場所を集約することにより、危険な場所を共有する研究が進められている[2]。安全に関する研究の他に、情報(Information)と娯楽(Entertainment)を組み合わせたインフォテインメント(Infotainment)のサービスを提供するため、車内でオンラインのアプリケーションを利用するための研究も行われている[3]。このように車載機器を外部のネットワークにつなぐ場合、車内の装置は車載ルータを経由して外部と通信を行うことから、車載ルータが重要な役割を担う。

本稿では、車載ルータに関する要素技術として、1)通信機器の消費電力を抑える手法、2)車内での通信速度を改善する手法、3)ユーザ毎に適切な情報を配信する手法の3種類の機能を提案する。1)では、特定の信号の長さを検知したときのみ通信機能を起動させるウェイクアップ無線技術を応用し、無線LANのアクセスポイント(AP)や車載機の消費電力を抑える手法を提案した[4][5]。2)では、バスなどの移動車両内に設置された車載ルータで通信環境を判定し、接続上限数を制御する手法を提案した。3)では、車載ルータで管理するネットワークの接続履歴をもとに、目的地の

移動手段や走行経路を求め、各利用者に最適な情報を配信する手法を提案した。これら3機能を統合することにより、低消費電力かつ通信速度が安定した環境を提供し、目的地を訪れた人だけに情報を配信することができる。概要を図1に示す。クルマが目的地に近づくまで、車内で通信する場合には、車載ルータを経由してインターネットに接続する。目的地に近づいたことを検知すると、車内のスマートフォンなどの通信機器は、接続先を車外のAPに切り替え、必要な情報を受け取る。車外のAPはインターネットへの接続を必須としないことから、災害時などの障害に強い構成となっている。

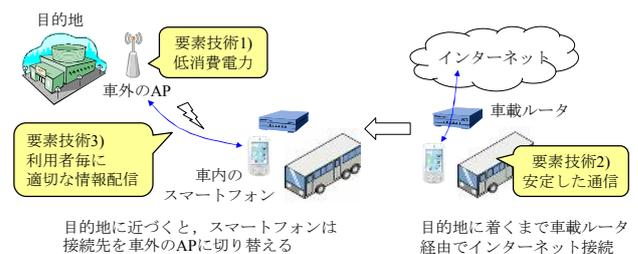


図1 提案手法を統合したシステム

2章では、1)~3)の提案手法の詳細を述べる。3章では提案手法の効果を検証した結果を記載する。

2. 要素技術

2.1 通信機器の消費電力を抑える手法

本研究での提案手法を紹介する前に、ウェイクアップ無線技術によって消費電力を抑える仕組みについて紹介する。次に、既存手法の課題とそれに対する提案手法を記載する。

^{†1} 岩手県立大学
Iwate Prefectural University
^{†2} (株)KDDI 研究所
KDDI R&D Laboratories

(1) ウェイクアップ無線技術の概要

1章で述べたように、クルマを外部のネットワークと接続する研究が進んでいる。これらの場合、常時通信をするわけではなく、定期的あるいは必要なときだけ通信を行う。このため、無線LANのアクセスポイントや車載ルータのように待機状態が多い機器では、余計な電力を消費している。車載ルータが通信するときに消費電力を抑えるため、ウェイクアップ無線技術を適用した。概要を図2に示す。

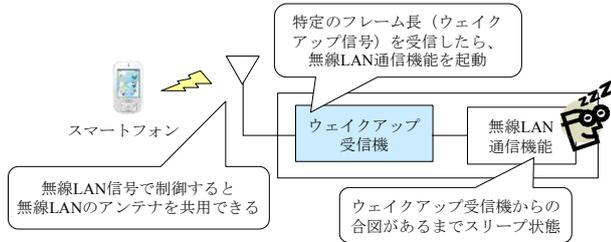


図2 ウェイクアップ無線技術の概要

ウェイクアップ受信機によって、特定の長さの信号(ウェイクアップ信号)を検知するまで通信機能をスリープ状態に保つことが可能となる。ウェイクアップ受信機自体は信号の長さのみ監視しているため、消費電力が少ない。また、無線LANの制御信号をウェイクアップ信号として利用することが可能なので、通信機器への移植が容易という特徴がある。しかし、信号の長さのみを監視しているため、周囲の通信機器が同じ長さの信号を送信すると、通信機能が誤起動する課題がある。誤起動しても、無線LAN通信の接続・認証の処理へと進めないため、しばらくするとスリープ状態に戻るが、戻るまでに余計な電力を消費する。

(2) 提案手法

(1)で述べた誤起動を低減するため、無線LAN通信にダミー信号を付与して送信する手法を提案した。図3で従来手法と提案手法の差を示した。

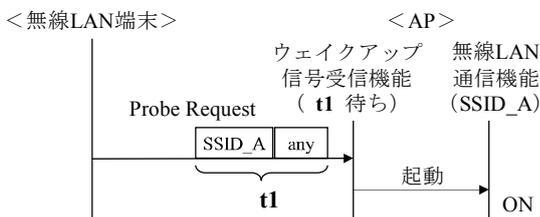


図3-a 従来手法

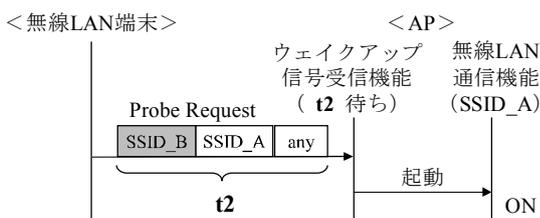


図3-b 提案手法

図3 誤作動率の低減

図3では、APにウェイクアップ受信機を組み込み、無線LAN端末からAPへ接続要求を通知するために送信するProbe Requestの信号の長さをウェイクアップ信号として登録している。Probe Requestは、APが無線LAN通信で使用するサービス識別子SSID(Service Set Identifier)の情報を含まれており、図3ではSSID_Aを使用している。図3-aの従来手法では、ウェイクアップ受信機がSSID_Aの情報を含むProbe Requestの長さt1を検知したときにAPの通信機能を起動する。だが、周囲の機器がt1と同じ長さの信号を送信すると、APの通信機能が誤起動する。一方、図3-bの提案手法では、通常のSSID_Aを含むProbe Requestに、SSID_Bの情報を含むダミーの信号を付与する。ウェイクアップ信号の長さをt1ではなくダミー信号も含めたt2とすることによって、周囲の機器が使用していない信号の長さをウェイクアップ信号として登録することで、誤作動率を低減することが可能となる。Probe Requestの信号フォーマット例を図4に示す。Probe RequestにはSSID以外にも可変長の項目はあるが、同じ端末であれば固定値をとる。

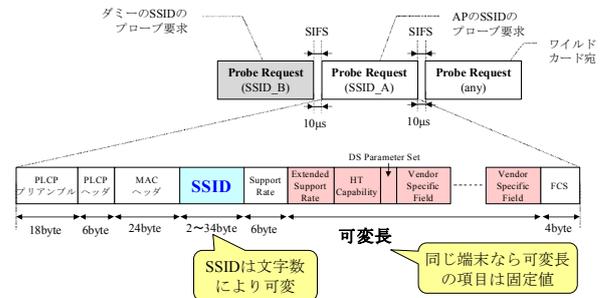


図4 Probe Requestのフォーマット

使用する通信機器のProbe Requestの長さを測定してウェイクアップ受信機へ入力する作業を簡略化するため、図5の流れでウェイクアップ信号を自動で登録する。ウェイクアップ受信機を学習モードにしてから一定の時間が経過するまでに最も多く受信した信号の長さをウェイクアップ信号として自動で登録する。

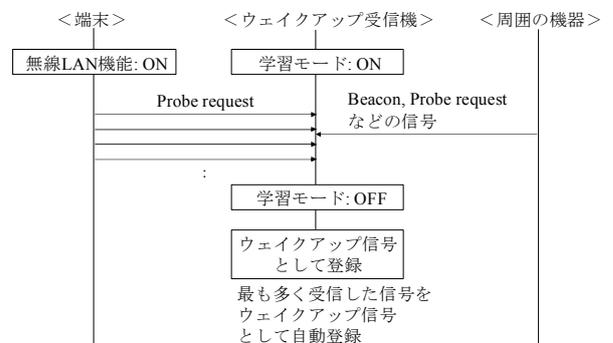


図5 ウェイクアップ信号の自動登録

2.2 車内での通信速度を改善する手法

次に、移動車両内で無線LANサービスを提供する場合の課題と対策について記載する。

(1) 移動車両内での無線 LAN サービス

近年、ホテルやカフェといった建物の中だけでなく、バスや電車のような移動車両を無線 LAN スポットとする取り組みが進んでいる[6]。移動車両内で無線 LAN を提供するには、車両に AP を設置して WiMAX などの広域無線をバックホールとする構成を取る。通常、無線 LAN のアンテナは車外に設置されているため、各乗客が LTE や 3G に接続するよりも、無線 LAN 通信は車体などによる遮蔽の影響が少ないため、安定した通信環境を提供できる。だが、車両の移動に伴ってバックホールの品質が変化する場合には、スループットが低下する問題がある。

(2) 提案手法

前述のスループットの低下を解消するため、バックホールの品質に応じて車内での無線 LAN の利用者数を動的に制限する仕組みを提案した。図 6 に概要を示す。図 6 の左図のようにバックホールの品質が良い場合には、AP の接続上限数を大きい値に設定し、車内の多くの端末が無線 LAN 通信を利用できる状態にする。バックホールの品質が悪くなったときは、図 6 の右図のように AP の接続上限数を小さい値に変更し、LTE や 3G などキャリア網へ接続するよう誘導する。

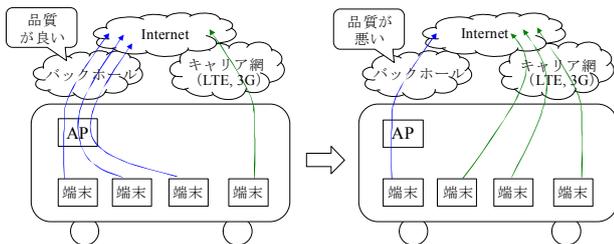


図 6 接続上限数の制限

これまでに筆者が提案した手法では、定期的を取得した WiMAX の受信信号強度 RSSI(Received Signal Strength Indication)の数値をもとにバックホールの品質を判定し、無線 LAN の接続上限数を決定していた[7]。今回、提案する手法では、RSSI の他に、搬送波レベル対干渉・雑音比 CINR(Carrier to Interference and Noise Ratio)とスループットのログを定期的を取得して、図 7 の流れで接続上限数を決定する。

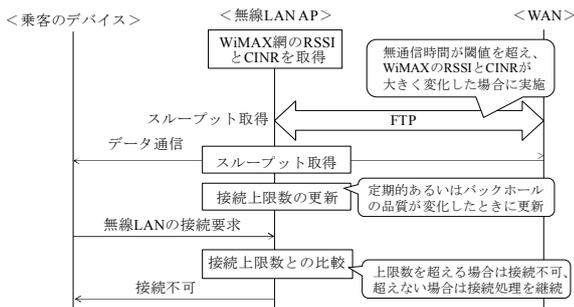


図 7 接続上限数の管理シーケンス

無線 LAN の AP は、WAN 側の通信量を監視して定期的に平均スループットを求める。平均スループットと接続上限数を、表 1 のような管理テーブルで対応づけ、計測した平均スループットの値から、接続上限数を定期的に更新する。AP が新たな無線 LAN 端末から接続要求を受けたときは、接続中の端末数と表 1 の接続上限数を比較し、接続上限に達しているときは接続不可とする。表 1 の管理テーブルの数値は、設定ファイルの書き換えにより変更可能とする。提案手法では、信号が強くても雑音が大きいケースや、バックホールの基地局へのアクセスが集中しているケースでも、適切に接続上限数を制御することが可能となる。

表 1 接続上限数の管理テーブル例

平均スループット	接続上限数
600kbps~	5
300~600kbps	3
~300kbps	1

また、移動車両内で無線 LAN の利用を促進するため、2.1 項のウェイクアップ受信機を使用する。デバイスの消費電力を抑えるために端末の無線 LAN 機能を常時 OFF にしている人は、乗車後も ON にしないことがある。そこで、AP がウェイクアップ信号を送信することによって、乗車するときにデバイスの無線 LAN 機能を ON にする手法を提案した。概要を図 8 に示す。



図 8 無線 LAN 機能の起動

2.3 ユーザ毎に適切な情報を配信する手法

本項では、既存のプッシュ型情報配信の課題と提案手法について紹介する。

(1) プッシュ型の情報配信

無線 LAN や Bluetooth といった近距離無線が普及している。無線 LAN については、2020 年の東京五輪に向け、全国の観光施設で無線 LAN を無料で使えるよう、総務省が自治体を支援している[8]。また、低電力で通信が可能な BLE(Bluetooth Low Energy)を使用し、プッシュ型で情報を配信することが可能な iBeacon の普及が進んでおり、クーポン配信による店舗への誘導、スタンプラリー、展示物の説明などで利用されている[9]。このようなサービスは、日時や場所に応じて決まった情報を配信している。だが、実

際には図9に示すように、目的地に着くまでの移動手段や走行経路により有益な情報は異なる[10].



図9 プッシュ型情報配信の課題

(2) 提案方式

(1)の問題を解決するため、車載サーバで通信履歴を管理し、この管理した情報から、目的地のAPが移動手段などを求める手法を提案した。車内のスマートフォンが接続先を車外のAPに切り替える処理を図10に示す。クルマに車載ルータを設置し、車内のスマートフォンと無線LANで接続する。車載ルータは、目的地に設置されたAPの位置情報を保持しており、目的地のAPに近づいたことを検知すると、車載ルータは車外のAPと接続し、車載サーバで管理する通信履歴を送る。また、車載ルータは、スマートフォンに対して接続先を車外のAPに切り替えるよう通知する。

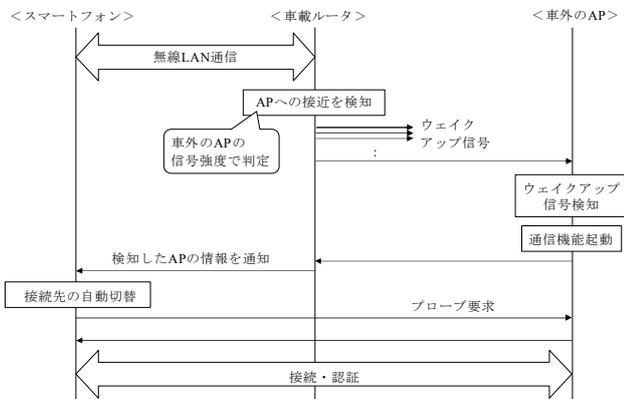


図10 接続先の自動切り替え

車外のAPはインターネット接続を必須としないため、目的地を訪れた人だけが利用できる。また、車載ルータの接続履歴を車外のAPへ通知することにより、各利用者により異なる情報を配信するサービスを提供できる。車載ルータの接続履歴を車外のAPへ通知する処理を図11に示す。目的地に近づくまで、スマートフォンは車載ルータを経由してインターネットに接続する。車載ルータは、表2に示す接続履歴を保持しており、車外のAPへの接近を検知すると、車外のAPと接続して接続履歴を通知する。車外のAPは、受け取った接続履歴から移動手段や走行経路を求め、

適切な情報を配信する。

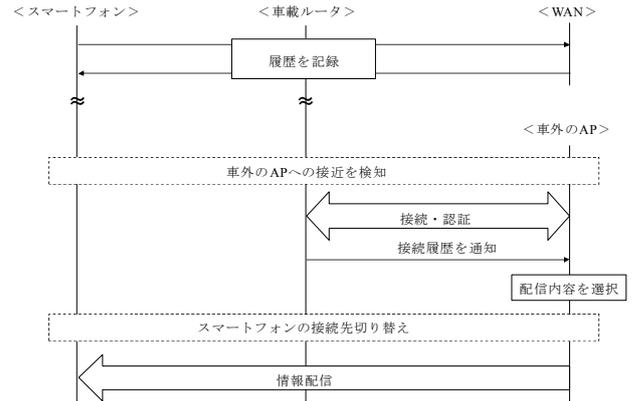


図11 接続履歴から配信内容を選択

表2 接続履歴

種別	項目
位置情報	・緯度経度 ・日時
接続したネットワーク	・種別 ・接続開始と終了の時刻 ・データ送受信量
スマートフォンの情報	・接続元のMACアドレス ・接続開始・終了の時刻

3. 評価試験

2章で提案した手法を踏まえ、以下4種類の実証実験を行った。3章では測定結果について述べる。

- 通信機能の誤起動率低減
- ウェイクアップ受信機の自動登録
- 移動車両内でのスループット改善効果
- 無線LAN機能の自動起動

3.1 通信機能の誤起動率低減

まず始めに、ウェイクアップ受信機が通信機能を誤起動させる確率が低減するか検証した。

(1) 誤起動率低減の評価環境

評価環境を図12、測定条件を表3に示す。ウェイクアップ受信機とPCは有線接続しており、ウェイクアップ受信機がウェイクアップ信号を検知すると、検知した信号のRSSIをPCへ通知する。3種類の端末について、従来手法と提案手法を比較するため、計6ケースの測定を行った。従来手法の評価では、予め3種類の端末のProbe Requestの信号を測定し、ウェイクアップ信号として登録した場合の起動数を測定した。提案手法の評価では、各端末のProbe Requestにダミー信号を付与した長さをウェイクアップ信号として登録し、起動数を測定した。

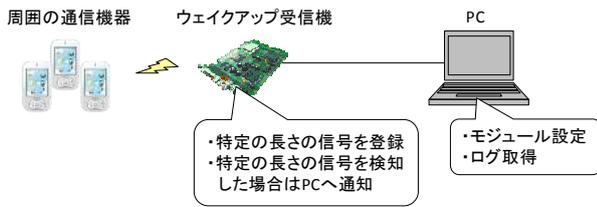


図 12 誤起動率低減の評価環境

表 3 誤起動率低減の測定条件

項目	条件
デバイス	3種類 ・スマートフォン A (ver4.1.1) ・スマートフォン B (iOS 6.0.2) ・タブレット C (iOS 5.0.1)
ダミー信号付与	2種類 ・なし (従来方式) ・あり (提案方式)
RSSI の閾値	-60dBm
測定時間	30分

(2) 誤起動率低減の測定結果

(1)で示した6ケースについて、30分の間にウェイクアップ信号を検知した起動した回数を表4に示す。スマートフォンAとタブレットCは、表4の点線で囲った部分を比較すれば分かるように、従来手法と比べて提案手法では誤起動した回数が大幅に低減した。スマートフォンBについては、ダミーの信号を付与したときに信号の長さが一定にならなかった。

表 4 誤起動した回数

デバイス	RSSI	ダミー信号の付与	
		なし (従来手法)	あり (提案手法)
スマートフォン A	-40dBm~	0回	0回
	-45~-40dBm	0回	0回
	-50~-45dBm	0回	0回
	-55~-50dBm	2回	1回
	-60~-55dBm	10回	0回
スマートフォン B	-40dBm~	0回	-
	-45~-40dBm	6回	-
	-50~-45dBm	47回	-
	-55~-50dBm	97回	-
	-60~-55dBm	133回	-
タブレット C	-40dBm~	0回	0回
	-45~-40dBm	0回	0回
	-50~-45dBm	5回	0回
	-55~-50dBm	30回	1回
	-60~-55dBm	95回	2回

スマートフォン A とタブレット C は、複数の信号を続けて送信するとき、図 13-a に示すように IEEE802.11 の規格で最も小さい間隔と定める SIFS(Short InterFrame Space)の間隔を空ける。この場合には送信間隔が一定となる。一方、

スマートフォン B では、図 13-b で示すように、DIFS(DCF InterFrame Space)とバックオフの時間を空けて送信している。バックオフ時間は固定長ではないため、送信間隔が一定とならなかった。無線 LAN では、複数の端末が同時に送信して衝突することを避けるため、DIFS とバックオフ時間を空けて送信する。スマートフォン B は、同じ端末から連続して信号を送信する場合にも、DIFS とバックオフ時間を空けて信号を送信する実装だったため、送信間隔が一定にならなかった。信号の送信間隔が SIFS の場合には、ウェイクアップ受信機の RSSI の閾値が -60dBm 以上に設定されているときに誤起動率は低減することを確認した。但し、信号の送信間隔が可変の場合には、2 種類の信号をウェイクアップ信号として登録するといった対処が必要となる。

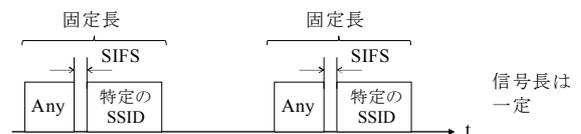


図 13-a 送信間隔が固定長

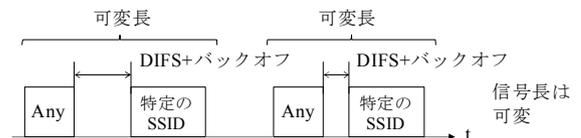


図 13-b 送信間隔が可変長

図 13 信号の送信間隔

3.2 ウェイクアップ受信機の自動登録

次に、ウェイクアップ受信機の近くに評価用端末を置き、問題なく評価用端末のウェイクアップ信号が自動で登録されるか検証した。

(1) 自動登録の評価環境

ウェイクアップ信号の自動登録を評価した環境を図 14 に示す。ウェイクアップ受信機の近くに評価用端末を置いて無線 LAN 機能を ON に設定したとき、評価用端末の Probe Request の信号の長さをウェイクアップ信号として登録するか検証した。

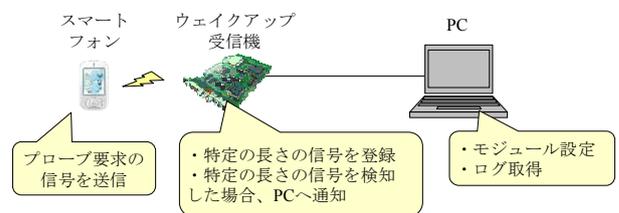


図 14 自動登録の評価環境

測定条件を表 5 に示す。3 種類の評価用端末について、ウェイクアップ受信機の RSSI の閾値を 5 段階変えて測定を行った。計 15 ケースを 3 回ずつ測定した。

表5 自動登録の測定条件

項目	条件
評価用端末	3種類 ・スマートフォン A (ver4.1.1) ・スマートフォン B (iOS 6.0.2) ・タブレット C (iOS 5.0.1)
RSSI の閾値	5種類 ・-35dBm ・-40dBm ・-45dBm ・-50dBm ・-55dBm

(2) 自動登録の測定結果

(1)の条件で測定した結果を表6に示す。スマートフォン B とタブレット C は、ウェイクアップ受信機の RSSI 閾値がどの値でも Probe Request の信号をウェイクアップ信号として登録した。スマートフォン A については、RSSI の閾値が-35dBm と-55dBm のときは Probe Request の長さが自動で登録されなかった。閾値が-35dBm のときは値が高過ぎるため、どの長さの信号も登録しなかった。閾値が-55dBm のときは、スマートフォン A の Probe Request ではなく、周囲の機器の信号をウェイクアップ信号として登録した。ウェイクアップ受信機の RSSI の閾値が-50~-35dBm であれば、正常に自動登録できる。

表6 自動登録の測定結果

RSSI 閾値	評価用端末		
	スマートフォン A	スマートフォン B	タブレット C
-35dBm	失敗(0/3)	成功(2/3)	成功(2/3)
-40dBm	成功(3/3)	成功(3/3)	成功(3/3)
-45dBm	成功(3/3)	成功(2/3)	成功(3/3)
-50dBm	成功(3/3)	成功(3/3)	成功(3/3)
-55dBm	失敗(0/3)	成功(3/3)	成功(3/3)

3.3 移動車両内でのスループット改善効果

本項では、2章で提案したように、無線 LAN 通信の接続上限数を管理することによって、スループットが改善することか検証した。

(1) 接続上限数の管理に関する評価環境

従来の手法と比べて、無線 LAN 通信のスループットが改善するか検証した。評価環境を図15、測定条件を表7に示す。

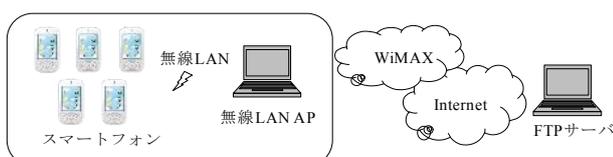


図15 接続上限数の制御に関する評価環境

最大5台のスマートフォンが無線 LAN の AP を経由して FTP サーバからファイルを転送し、1秒ごとにスループットを測定する。スマートフォンと AP は FTP サーバと通信しながら移動し、バックホールとして使用する WiMAX の品質を変化させる。

表7 接続上限数の測定条件

項目	設定
接続上限数の制御方式	3種類 a) 接続上限数の管理なし b) RSSI から接続上限数を決定 (従来方式) c) スループットから接続上限数を決定 (提案方式)
スマートフォンの数	5
測定時間	10分

接続上限数と平均スループットの対応づけについては、表1の管理テーブルを使用した。また、提案手法によってスループットが改善するか定量的に測定するため、a)接続上限数の制御なし、b)RSSI から接続上限数を決定(従来手法)、c)スループットから接続上限数を決定(提案手法)の3種類を比較した。

(2) 接続上限数の管理に関する測定結果

スマートフォンの下りのスループットを毎秒測定し、累積確率分布をグラフにした結果を図16に示す。この結果から、a)接続上限数の管理なしと比較すると、b)RSSI から接続上限数を決定(従来手法)と c) スループットから接続上限数を決定(提案手法)ではスループットが改善したことが分かる。ただ、図16の結果からは、b)とc)には大きな差が見られなかった。信号が強くても雑音の大きい場合や、バックホールの基地局へのアクセスが集中している場合には b)とc)の差が大きくなるが、測定した場所では雑音や基地局へのアクセス数が少なかったためと考えられる。

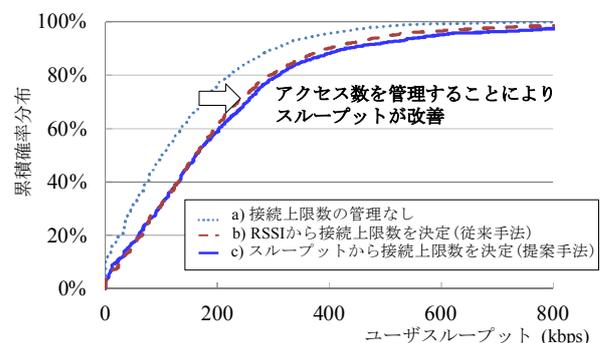


図16 接続上限数の測定結果

一方、b)とc)について、スマートフォンが受信したデータの総量を比較すると、表8に示すようにb)よりc)の方が受信したデータ量が多く、提案手法の方が効率的にデータを受信していることが分かる。

表 8 データ通信量の比較

接続上限数の制御方式	受信データ総量
a)接続上限数の管理なし	38MB
b)従来方式	44MB
c)提案方式	47MB

3.4 無線 LAN 機能の自動起動

最後は、乗車したときに、持っている端末の無線 LAN 機能が自動で起動されるか検証した結果を記載する。

(1) 無線 LAN 機能の自動起動の評価環境

車両内で無線 LAN 機能が自動で起動するか、都内の路線バスで評価を行った。評価で使用した路線バスのレイアウトを図 16、測定条件を表 8 に示す。AP と記した座席からウェイクアップ信号を 5 秒間隔で送信し、バスの a~e の 5 箇所においてそれぞれ 30 秒待機し、無線 LAN 機能が起動するか測定した。

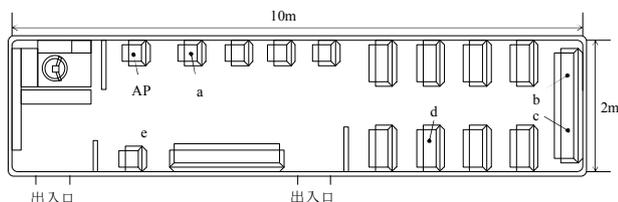


図 16 バスのレイアウト

表 9 無線 LAN 機能の起動に関する測定条件

項目	設定値
ウェイクアップ信号の送信間隔	5 秒
バス内の測定場所	5 箇所 (図 13 の a~e)
ウェイクアップ信号を検知する RSSI 閾値	2 種類 ・ -50dBm ・ -55dBm
測定時間	1 つの測定場所につき 30 秒

(2) 無線 LAN 機能の自動起動に関する測定結果

路線バス内で無線 LAN の起動有無を測定した結果を表 10 に示す。

表 10 無線 LAN 機能の起動に関する測定結果

測定場所	RSSI の閾値	
	-50dBm	-55dBm
a	起動	起動
b	起動しない	起動
c	起動しない	起動
d	起動	起動
e	起動	起動

AP に近い a, d, e の 3 箇所では、RSSI の閾値が-50dBm と

55dBm のどちらでも無線 LAN 起動が起動した。一方、AP から離れた b と c では、RSSI の閾値が高い-50dBm のときは無線 LAN 機能が起動しなかった。

4. おわりに

低消費電力かつ通信速度が安定した状態で、目的地を訪れた人だけに適切な情報を配信するサービスを提供するため、1)ウェイクアップ無線技術を応用して通信機器の消費電力を抑える手法、2)バックホールの品質を測定して無線 LAN の接続上限数を制御する手法、3)通信履歴から移動手段や走行経路を判定して適切な情報を配信する手法の 3 種類の要素技術を提案した。評価試験の結果から、提案した手法が効果的に動作することを証明した。提案した手法を活用することによって、クルマで来た人だけに駐車場の空きスペースを案内するサービスや、観光バスで来た人だけに集合時間を一斉通知するサービスなどが提供可能となる。

今後は、要素技術を統合したシステムを試作して実証実験を行い、各要素技術が協調して正常に動作することを確認する。更に、移動している端末により多くの情報を配信することを可能とするため、無線 LAN の接続時間を短縮する方法や、最適な伝送レートでデータの送信を行う方法を検討する。

参考文献

- [1] 須藤三十三, 浦川豪, 福重新一郎, 濱本両太, 林春男, “広域的な災害発生後のプローブ情報の活用”, 情報システム学会誌, Vo.8 No.1, 2011
- [2] A. M. Hainen, ed., “Probe vehicle data for characterizing road conditions associated with inclement weather to improve road maintenance decisions,” 2012 intelligent vehicles symposium Alcala de Henares, 2012
- [3] 総務省, 情報通信白書, 2014
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/html/nc141320.html>
- [4] S. Tang, ed., “New wakeup transceiver for on-demand wireless LAN,” IEICE technical report 110(448), 2011-02-24
- [5] 近藤良久, 四方博之, 湯素華, 岩井優仁, 田中利康, 筒井英夫, 小花貞夫, “無線 LAN 信号を用いたオンデマンドウェイクアップ方式”, 信学技報, vol.110, no.448, NS2010-185, 2011
- [6] 総務省, 無線 LAN ビジネス研究会報告書, 2012,
http://www.soumu.go.jp/main_content/000168906.pdf
- [7] S. Imata, N. Suzuki and T. Takahashi, “Connection control of in-vehicle wireless LAN for public transport with high-density passengers,” 2013 IEEE Vehicular Networking Conference, 2013
- [8] 総務省・観光庁, 無料公衆無線 LAN 整備促進協議会, 2014
<https://www.mlit.go.jp/common/001053660.pdf>
- [9] 中尾彰宏, “近距離無線を利用した局所ブロードキャスト通信方式 BeaconCast とその応用”, 電子情報通信学会通信ソサエティ大会, 2014
- [10] 高橋幹, 今田論志, 鈴木信雄, “ネットワークの通信履歴に応じた車載ルータの通信制御”, 情報処理学会全国大会, 2015