モバイルクラスタ間間欠通信プロトコルのITSへの応用*

6K−02

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科†
菅沼 栄史　加藤 史　桧垣 博章‡

1 背景と目的

近年、コンピュータネットワーク技術を応用することにより、道路交通におけるドライバの利便性向上や渋滞の解消、緩和を実現するための ITS(高度道路交通システム) の研究開発、実用化が進められている。現在は、車両にサービス固有のデバイスを装備し、地上基地局との間で無線通信を用いて情報を交換するサービスが実現されつつある。一方、ノート型パーソナルコンピュータや PDA といった携帯型モバイルコンピュータを用いて、インターネットへのアクセスを行なう手段として、無線 LAN 技術の利用が普及しつつある。ここでは、IEEE802.11 [4] などの CSMA/CA に基づいた無線 LAN プロトコルが利用されており、無線 LAN インタフェースを装着したコンピュータが互いの信号伝達範囲内に存在するとき、この範囲内へのブロードキャスト通信を利用してメッセージの交換を行なう。ユーザに対してより高度で便利な ITS サービスを提供するためには、サービス固有のデバイスではなく、1 台のコンピュータを各車両に装備し、すべてのサービスをこのコンピュータの制御のもとに実現することが望ましい。通信ネットワークについても、サービスごとに異なる無線ネットワークを利用するのではなく、無線 LAN を経由した車載コンピュータとインターネットとの通信を利用してすべてのサービスを実現することによって、多様なサービスを利用することや新しいサービスを柔軟に導入することが可能となる。無線 LAN とインターネットとの接続点が無線基地局である。この基地局を道路に沿って設置し、無線 LAN を用いた路車間通信を利用することによって、車載コンピュータとインターネット上のコンピュータとの間でメッセージを交換する。ただし、以下の問題がある。

[問題点 1] 車載コンピュータと基地局が互いの信号伝達範囲内にあるときにのみ、インターネットとのメッセージ交換が可能である。□

サービスの可用性 (アベイラビリティ) を高めるためには、多数の基地局を設置することによって車載コンピュータがいずれかの基地局の信号伝達範囲内にある時間を延長することが考えられるが、システムの構築コストが大きい。また、信号の出力電力を大きくして信号伝達範囲を広げることも考えられるが、競合や衝突の発生確率が大きくなり、帯域の低下につながる。論文 [2] では、無線 LAN と携帯電話を用いた PPP 接続とを組み合わせた方法が提案されている。

本論文では、無線 LAN のみを用い、間欠的にのみ基地局と通信可能な車載コンピュータがより大量の情報を基地局を介してインターネットとの間で交換するための手法を提案し、その有効性をシミュレーション実験により評価する。

2 モバイルクラスタ間間欠通信プロトコル

本論文では、高速道路上を移動する車両に装備された車載コンピュータと基地局を介したインターネット上のコンピュータとの通信を対象とする。車載コンピュータは、基地局の信号伝達範囲を高速で通過するために、その通信時間は短い。そのため、インターネットとの間の通信量が小さく、高度なネットワークサービスを提供することができない。ここで、高速道路上の車両の動きに注目すると、数台から数十台の車両からなる群 (車群) となっていることが分かる [3]。ほぼ同一の速度で移動し、マルチホップによる相互通信が可能であるコンピュータ群において、群内の移動コンピュータから送信されたメッセージを基地局の信号伝達範囲内にある移動コンピュータ (ゲートウェイ) までマルチホップによる転送を行なうことによって、群内の移動コンピュータとインターネットとの間の通信量を増加させる。これを実現するプロトコル [1] の概略を示す。

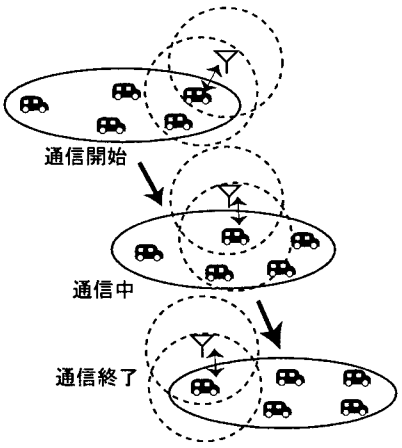


図 1: モバイルクラスタ間間欠通信

[間欠通信プロトコル]

(1) 基地局 b は、定期的に"I am a base-station"メッセージを信号伝達範囲内にブロードキャストする。
(2) 移動コンピュータ群 MG に含まれるひとつの移動コンピュータ g_1 が (1) のメッセージを受信すると、g_1 は MG の b に対するゲートウェイとなる。移動コンピュータ $mp \in MG$ が MG に含まれないコンピュータへメッセージ m を送信するならば、m は MG 内のマルチホップ転送により g_1 へルーティングされる。
(3) 移動コンピュータ g_i が MG の b に対するゲートウェイであるとき、新たに移動コンピュータ g_{i+1} が b の信号伝達範囲内へと移動したならば、ゲートウェイを g_i から g_{i+1} に切り替える。
(4) 移動コンピュータ g_n が MG の b に対するゲートウェイであるとき、新たに b の信号伝達範囲内へと移動する移動コンピュータ $g_{n+1} \in MG$ が存在しないまま g_n が b の信号伝達範囲外へと移動したならば、MG と b との間の通信は終了する。□

本プロトコルでは、基地局に対して複数の移動コンピュー

*Inter-Cluster Sporadic Communication Protocol for Intelligent Transport System
†Tokyo Denki University
‡Eiji Suganuma, Chikashi Kato and Hiroaki Higaki

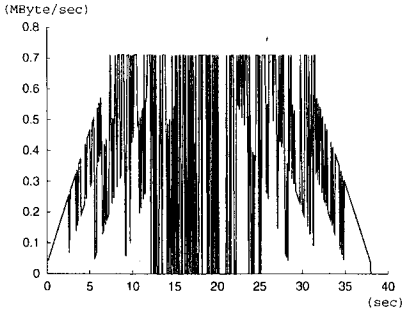


図 2: 帯域幅の変化: (1) の場合

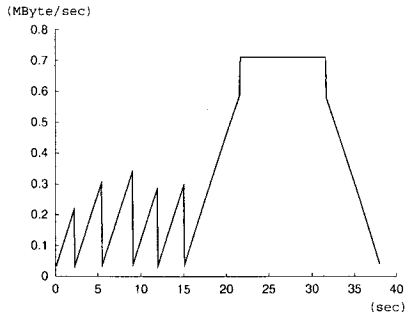


図 3: 帯域幅の変化: (2) の場合

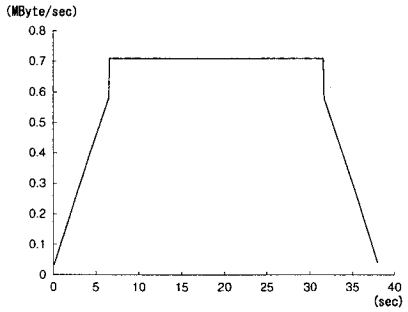


図 4: 帯域幅の変化: (3) の場合

タがゲートウェイとなることはない。これは、以下の問題を解決するためである。

[問題点 2] 複数の移動コンピュータが同時にある基地局に対するゲートウェイとなるならば、競合、衝突の発生確率が大きくなり、群と基地局との間の通信量が減少する。□

3 ITS への適用評価

ここでは、モバイルクラスタ間間欠通信プロトコルを適用した場合の有効性について評価する。群内の車載コンピュータの位置関係は、ある高速道路における観測データに基づき、連続する車両間の距離は平均 80m、標準偏差 20m の正規分布であり、ひとつの群は 6 台の車載コンピュータからなると仮定する。また、測定に基づく基地局と車載コンピュータとの間の距離と帯域幅との関係は、論文 [1] に示されている。ここで述べた条件のもと、以下の 4 つの場合について基地局と車載コンピュータ群との間の帯域幅の変化をシミュレーションし、通信量を求めた。

(1) 各車載コンピュータが独立に基地局と通信する場合 (従来手法)
(2) 提案手法 (2 章のプロトコル) を用いた場合
(3) 提案手法を改良 (後述) した場合

シミュレーション例を図 2〜 図 4 に示す。(1) では、独立に各車載コンピュータより発せられる送信要求が競合や衝突を起こすため、帯域幅は増減を不安定に繰り返す。(2) では、(1) で発生する競合、衝突による通信帯域幅の増減が緩和されている。しかし、新たに車載コンピュータが基地局の信号伝達範囲内に移動するとただちにゲートウェイの切替手続を行なっているため、ゲートウェイと基地局との間の距離が大きく、狭い帯域幅による通信が行われている。そこで、常に最大の帯域幅を持つ車載コンピュータをゲートウェイとした場合が (3) である。(2) と比較して帯域幅が改善されていることが分かる。

表 1 に、(1)〜(3) における基地局と車載コンピュータ群との間の通信量の測定結果を示す。ここでは、100 回のシミュレーションで得られた値の平均を示している。測定結果から、ゲートウェイの切替タイミングを改善することで、提案手法が有効に機能することが分かる。

表 1: 各手法の通信量 (1 台の通信量を基準とする)

(1)	1.28
(2)	1.22
(3)	1.92

4 まとめと今後の課題

高速移動する車載コンピュータをインターネットに接続することで高度な ITS アプリケーションを実現するために、車載コンピュータが群をなして移動することを利用して、より大量の情報交換を可能とする手法として、モバイルクラスタ間間欠通信プロトコルの適用を提案した。また、その有効性をシミュレーション実験により明らかにした。シミュレーション実験では、すべての車載コンピュータに常時通信要求があることを仮定している。しかし、実際にはこの仮定は成り立たない。通信要求にばらつきが存在する場合、提案手法では、ゲートウェイとなっていない車載コンピュータの通信要求が通信要求を持たないゲートウェイを介した通信によって満たされることから、提案手法が従来手法に対してより有効に機能することが予想される。今後は、この予想の正しさを明らかにするシミュレーション実験を行うとともに、通信量を大きくするためのタイミング制御機能を持つゲートウェイ切替プロトコルを設計する。

参考文献

[1] Kato, C. and Higaki, H., "Sporadic Communication Protocol for Ad-hoc Clustered Networks," 信学技報, Vol. 101, No. 492, pp. 103–108 (2001).

[2] 植原, 湧川, 佐藤, 渡辺, 砂原, 寺岡, 村井, "自動車情報化のためのインターネットを用いた通信システムの構築," 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 2, pp 286–296 (2001).

[3] 高木, 谷口, 藤木, 神村, 鈴木, "道路交通のダイナミクス (6) - 疎から密に向かう交通流 -," 情処研報, Vol. 2001, No. 83, pp. 31–36 (2001).

[4] "Wireless LAN Medium Access control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," Standard IEEE 802.11 (1997).