

WPANを用いた知的環境認識型セルラ網

杉浦 彰彦 静岡大学創造科学技術大学院教授

1 WPANと知的環境認識型セルラ網

近年、インターネットや携帯電話に代用される情報機器の普及により、社会のIT化が急速に進展している。また、情報回線の高速化に支えられ、マルチメディアを利用したアプリケーションの開発も進んでいる。とくに最近では、家庭向けコンシューマ情報サービスが展開されており、様々な応用に期待が集まっている。我々の研究室では、最新のマルチメディア情報通信技術を活用した新たな情報システムを構築するための基礎検討を行っている。

マルチメディアを利用したアプリケーションの殆どが音声と画像を利用している。最近では大容量の画像メディアを応用した情報システムが数多く提案されている。例えば顔画像認識を用いた個人識別装置や、道路認識を利用した安全走行支援など、画像認識技術が様々なアプリケーションで適用されている。また、ロボットの自律歩行や車の自動走行のために、対象物や道路標識を識別するオブジェクト認識についても実用化が進んでいる。一方、画像情報に加えて超音波センサやGPS等の様々な情報を組み合わせて、刻一刻と変化する周辺の状況を的確に認識する環境認識の研究もはじまっている。

従来の画像認識やオブジェクト認識においては、高機能なカメラを用いて取得画像の解像度を上げ、様々な高精度演算を適用し、高度な認識を実現してきた。一方、ワイヤレスネットワークを用いた環境認識を想定した場合、簡易な携帯端末を用いて情報を取得することが前提となる。また多数の端末をワイヤレスで接続する場合、輻輳などにより伝送速度が低下するため、必ずしも高精度な情報が得られるとは限らない。その反面、ワイヤレスネットワークを用いた環境認識においては、様々な携帯端末間を簡単に接続できるので、転送情報量を制限すれば端末同士で多種多様な情報交換が可能となる。この観点から我々は、ワイヤレスネットワークで接続された各端末が、簡易な入出力系から得られる必要最小限の情報を相互に交換するワイヤレスセルラネットワーク方式について研究を進めている。

一般的な認識手法においては、個々の端末から集約された情報を基幹サーバ等で集中処理し推定結果を出力する。例えば従来のオブジェクト認識の様に、高度な処理を要する場合には、高機能なホスト等にプロセスを集中させる必要がある。しかし携帯端末の処理能力はそれほど高くない場合が多く、一台の端末に処理を集中させて高度な演算をすることは難しい。また、簡易な入出力系から得られる簡素な情報を処理する場合、むしろ各端末単位で簡単な処理を行った方が、ネットワーク全体としての能率が上がる。我々は、各端末同士の情報交換と、端末毎に行う簡単な処理により、インテリジェントな推定を実現する知的環境認識について検討している。

当研究室では、ワイヤレスパーソナルエリアネットワーク (WPAN) を利用して様々な情報を収集し、各端末が行う簡単な推定処理により環境認識を行う知的環境認識型ワイヤレスセルラネットワークについて研究している。WPANは基本的にプロトコルスタック (プロファイル) の書き換えが可能で、様々なデータ形式や接続形態に対応できる。またWPANのセンサネットワークモデルZigBee (IEEE802.15.4) に代

表される様に、最高転送速度は低速であるものの、低消費電力・低コスト・小型軽量などの特徴があり、数多くの端末を用いた実験に向いている。また、ルーティング機能をもつデバイスクラスもあるため、マルチホップ転送なども簡単に実現でき、様々なネットワーク形態に対応できる。当面、WPANとしてZigBeeを用いて実験を進めるが、今後、新たなWPAN規格も出てくるため、随時、新しいものについても適用を検討する予定である。また機能面でZigBeeでは十分に対応できない場合は、UWB（IEEE802.15.3a）やBluetoothなど他のWPANを適用することも念頭において、WPANを用いた知的環境認識型ワイヤレスセルラネットワークについて研究を進めていく。

2 知的環境認識型セルラ網の応用

本研究が想定するWPANを用いた環境認識のモデルを図1に示す。図の様に画像入力、温度計測、天気情報など様々なインターフェイスからの入力系に対応可能で、多数の入力系がある場合でも簡単にリンクできる。さらに、これまでに得られた経験、知識、各入力情報間の相互作用などを考慮した処理を行うことで、知的環境認識型ワイヤレスセルラ網を構築することができる。

我々は、WPANを用いた知的環境認識型ワイヤレスセルラ網について、様々な課題に取り組んでいる。具体的には画像（パターン）認識において、有線で接続した高解像度カメラ1台で実現した場合と、無線WPANで接続された低解像度のUSBカメラ3台で撮影した場合の認識率を比較し、後者が優位になる要件について検討した。例えば顔パーツの検出を行うパターン認識の事例では、認識対象が子供で動き回る様な場合、低解像度のカメラであっても、マルチポイントで撮影することで、検出精度を向上させることができる。ここでは、ファインディングマーカ―やQRコード等の認識を課題に、幾つかの条件を設定して提案手法の有効性について検証してきた。またWPANを適用した場合、十分な通信速度を確保できない場合も想定されるので、通信速度を制限した場合の画質劣化も考慮した認識評価を行ってきた。

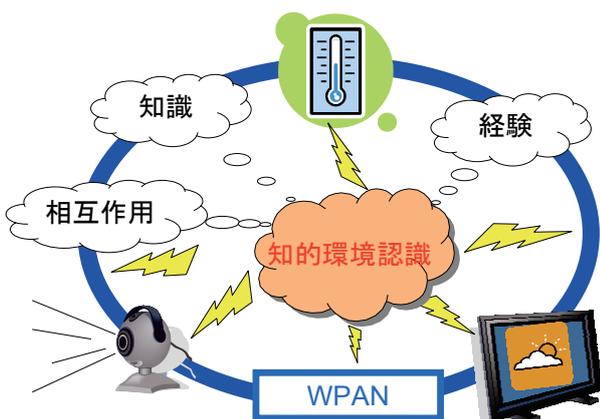


図1 WPANを用いた環境認識

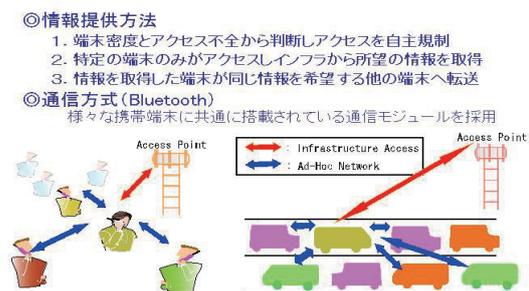


図2 バイパスネットワークの形成

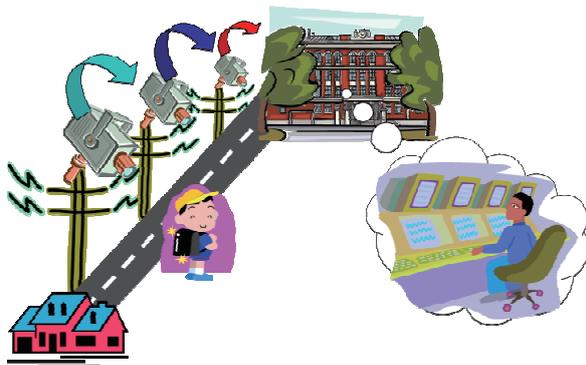


図3 監視カメラ画像転送への応用

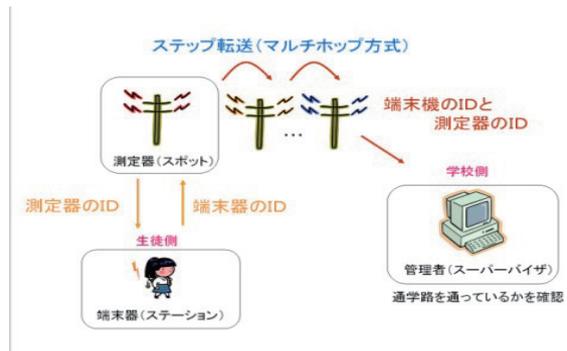


図4 通学安全支援システムへの応用

さらに従来の研究の発展型として、バイパスネットワークの形成 (図2) や監視カメラ画像転送システム (図3) 等に環境認識の概念を導入して、同様のアプローチにより有効性の検証を行った。例えば、バイパスネットワークを形成する場合、WPANを用いた相互の通信により、場所や範囲を特定して、準最適な経路の選択を行うことができるようになる。また通学安全支援システムの例では、図4に示す様に、同様の原理を適用し、通学児童の人数などの情報を収集することで、通学児童の安全支援を実現できる。

3 渋滞距離推定方式

本稿では新たな課題として研究を進めている渋滞距離推定方式 (図5) への応用について中心に報告する。この方式では、車に搭載したWPAN端末同士が相互に情報交換することで、渋滞の距離を自動的に推定する。例えば渋滞に入った端末が ch_1 で最初のパケットを送出し、次にそのパケットを受信した周囲の端末で、まだパケット (ch_1) を送出していない端末が ch_2 で返信パケットを出す。そして自分の送信した ch 数より大きい ch のパケットを受信した場合には待機し、自分より小さい ch 数の場合には ch を一つ増やして送出する。このルールで繰り返しパケットを交換することで、端末の台数 (渋滞台数) を推定し渋滞長を認識することができる。ここでも、 ch 数とパケット交換回数という個々の端末間の単純な情報交換を利用して、環境認識型ワイヤレスセルラネットワークを実現している。

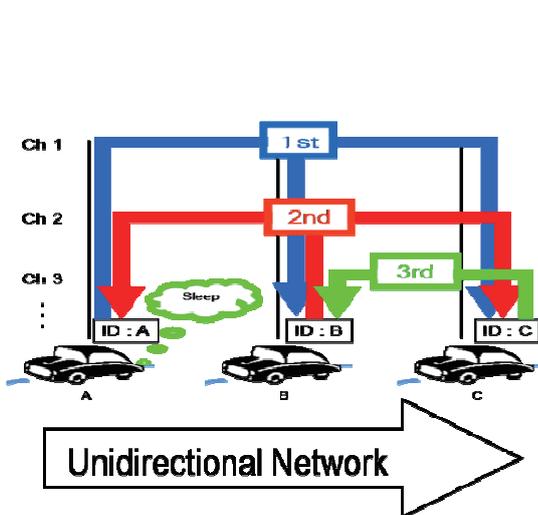


図5 渋滞距離推定方式

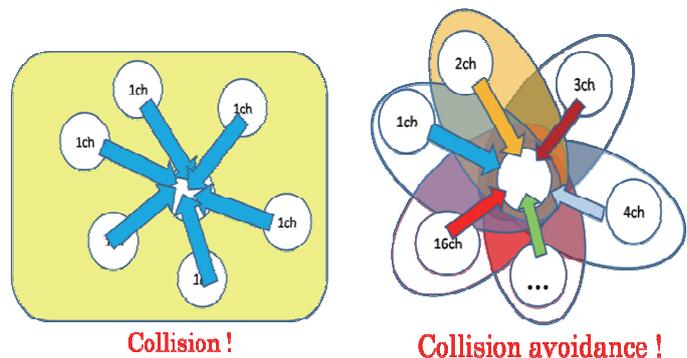


図6 周波数分割多重

本研究ではZigBee (IEEE802.15.4[1]) 規格に周波数分割多重通信を適用することで、他局間干渉低減を実現する。ZigBeeが2.4GHzの周波数帯域を5MHz毎に16チャンネルに分けて使用していることに着目し、ZigBee規格を拡張した周波数分割多重型ネットワークを構成する。実験では、局所的な渋滞モデルを想定して、提案手法の有効性を実機実験により確認する。これまでに我々は、周波数分割多重したZigBeeネットワーク[2]を用いて、渋滞距離を推定するシステムを提案し、シミュレーション実験により有効性の検証を行った[3]。ここでは主に、実動実験による評価結果を示す。図6(左)に示す通り、隣接エリアに多数の端末が存在し、各々が通信する場合、輻輳(抑制)やパケット衝突の発生する確率が高くなる。図6(右)の様に、周波数分割を適用することで、使用する周波数(ch)を回線毎に分割し、パケット衝突等による遅延の影響を軽減できると考えた。これにより、通信距離内に多数の端末が存在し、各端末が相互に送信する環境においても、通信速度や通信品質の低下を抑えることができる。一方、各端末が周波数を切り替える為の処理時間が生じる。また、高速に周波数を切り替えるために、専用のプロトコル(プロファイル)が必要となる。本研究では、周波数分割型ネットワーク用に独自に開発した専用プロトコルをZigBee端末に搭載し、その性能を評価し提案方式の有効性を検証した。

4 評価実験

実験は、端末同士が電波干渉を生じる距離(半径約3m)に配置した複数の送信端末群から、同時に一台の受信端末に向けてパケット送信を行う。1~16台の送信端末を均等に配置し、一台の受信端末に向け、各送信端末はパケットを送信し続ける。送信端末には、個別のIDが割り当てられているものとし、送信パケットのヘッダ部分にそのIDは記載される。受信端末は、送られてきたパケットを受信し、送信端末のIDを記録する。受信端末は受信開始の信号をPCから受け取ることで受信を開始する。送信端末からのIDを全て受信した場合、受信端末はPCに向けて受信が完了した旨の通信を行う。PCは受信開始の信号を送った瞬間から受信完了の信号を受け取るまでの時間を測定する。送信端末の数を変えて実験を行った結果を図7に示す。結果は各々20回の試行の平均値を表す。横軸は送信端末数を表し、縦軸は計測時間[msec]の平均値を表している。

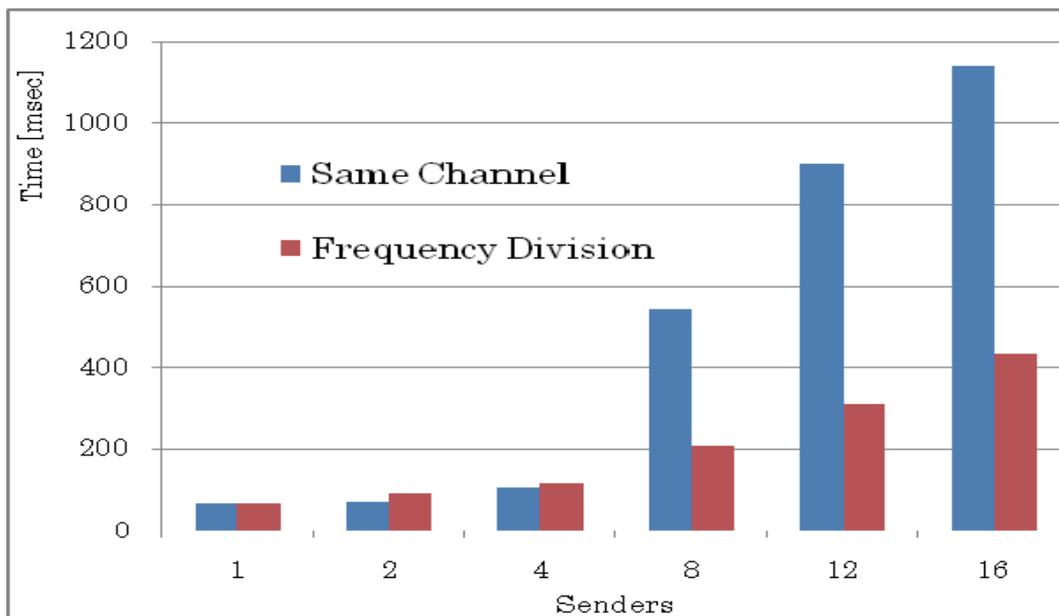


図7 実験結果

実験結果より、送信端末数が比較的少ない4台以下の場合には相互干渉も小さく、周波数分割多重の処理時間が提案手法の効果を上回ってしまうが、端末数が比較的多い8台以上の場合では、提案手法の有効性が確認された。さらに、端末台数が多くなるほど、提案手法と既存手法の時間差が増大することを確認できた。

5 まとめ

本研究により、我々の提案する手法は狭いエリアに多数の端末が存在する場合の有効性が高いことを確認した。知的環境認識型ワイヤレスセルラネットワークを実現しようとした場合、今回想定した渋滞距離推定を含め、近距離に存在する多数の端末間で相互に通信することが想定される。今回の実験によって、本提案方式の特性は、同様のワイヤレスネットワーク間の相互干渉を低減する効果が高く、高速化を実現できることが確認された。

【参考文献】

- [1] (2003) IEEE standard for wireless medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications for low-rate wireless personal area networks (lr-wpans)
- [2] Y. NOMURA, C. Dermawan and A. SUGIURA, “Construction of information delivery system using zigbee,” IEICE, vol. 05, no. 620 (WBS2005 64-73), pp.37-42, feb 2006.
- [3] K. Hidyuki and S. Akihiko, “Basic consideration of estimated congestion distance system using zigbee,” The 9th International Conference on Advanced Communication, vol. 8A, pp. 1469-1473, Feb. 2007.

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
ワンセグ用データ放送を用いた災害時安否情報配信	情報処理学会論文誌	2009年2月
Detection of Location for Sensor Nodes Using ZigBee in the Gymnasium	The 2008 World Congress in Computer Science, Computer Engineering, and Applied Computing	2008年7月
Estimated Traffic Congestion Length by Using Vehicle-to-Vehicle Communication Based on ZigBee	The 2008 World Congress in Computer Science, Computer Engineering, and Applied Computing	2008年7月