

平成 22 年 5 月 10 日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500053
 研究課題名（和文） 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
 研究課題名（英文） Intellectual environment recognition by using wireless personal area network
 研究代表者
 杉浦 彰彦（SUGIURA AKIHIKO）
 静岡大学・創造科学技術大学院・教授
 研究者番号：40235867

研究成果の概要(和文):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処理(通信)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を進めた。具体的には、周波数分割多重した ZigBee (IEEE802.15.4) ネットワークを用いて、渋滞距離を推定するシステムを提案し、実験により有効性の検証を行った。また、IEEE802.15.4 で使用している CSMA/CA は近距離で端末数が増えた場合、待ち時間が大きくなり、大きな遅延が発生する。そこで、CSMA/CA の待ち時間にグループごとの待ち時間を付加する時間グループ分割制御を提案し、IEEE802.15.4 を高速化する手法について検討した。さらに性能向上を図るために、新しい Ack 方式を提案しブロードキャストによる問題の解決を実現した。

研究成果の概要(英文): We propose new application of wireless cellular network. In this study, We propose traffic congestion estimating system using IEEE 802.15.4 that is extended by multi-handshake frequency division. And, we propose Timing Group Division for faster IEEE802.15.4 throughput. Our proposal method splits terminals in some groups. Each terminal on each group has both Timing Group Division delay and CSMA/CA delay. Terminals avoid packets collision using two delays so that the system becomes faster than using only CSMA/CA system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：情報通信システム

科研費の分科・細目：計算機システム・ネットワーク

キーワード：ワイヤレス、セルラネットワーク、WPAN

1. 研究開始当初の背景

近年、インターネットや携帯電話に代表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。本研究では、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う。

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顔認識装置や、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等の様々な情報と組み合わせ、刻一刻と変化する周辺の状態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。この観点から本研究では、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を適用する。

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。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できない。また本提案の様に、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ことがある。ここでは、各端末同士の情報交換と、各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する。

本研究では、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検討する。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。

2. 研究の目的

知的環境認識型ワイヤレスセルラネットワークの応用(実動)実験として、WPAN(IEEE802.15.4)の周波数分割多重通信による、道路渋滞距離推定システムについて検討する。さらに、多数の端末の相互通信を前提とした知的環境認識を、能率的に実現するために障害となる、ワイヤレスセルラネットワークの通信品質向上(干渉低減)手法についても合わせて検討する。

(1) 渋滞距離推定

既存の渋滞距離推定の手法の多くは、ネットワークに接続可能な端末の制限や、インフラに頼ったシステムになってしまい、コストや保守点検等の問題から実現が困難な方式が多い。本研究では、ワイヤレスセルラネットワークを適用することで、道路側に敷設の必要が無い容易な渋滞距離推定システムの作成を目指し、シミュレーション実験と実働評価を行った。ここでは、周波数分割多重による通信を併用することで、高効率な通信を実現する。

(2) 通信品質向上

ワイヤレスネットワークにおいて、近距離で複数の端末が同時に通信を行う場合、競合や遅延等の様々な問題が発生する。知的環境認識型ワイヤレスセルラネットワークにおいても、同様の問題が発生し、認識性能を低下させる恐れがある。とくに本研究で用いたIEEE802.15.4のACKは個別指定が難しく、誤確認が発生する恐れがある。本提案では、個別指定可能なIEEE802.15.4のACKを利用

し、干渉の影響の低減を図った。

3. 研究の方法

(1) 渋滞距離推定

本方式では図1に示す様に、渋滞に入った端末が例えばch1で最初のパケットを送出する。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(ch1)を送出していない端末がch2で返信パケットを送出する。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。

実験では、大規模な渋滞を想定したシミュレーションに加え、局所的な渋滞をモデルに、実際の端末間でシステムが実現可能であることを確認する。

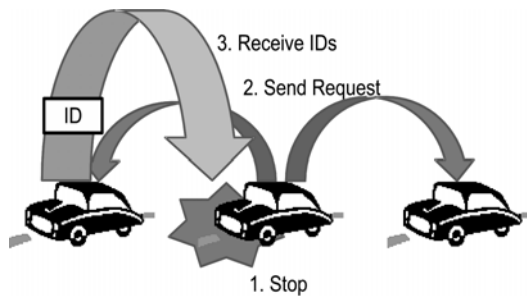


図1 渋滞推定方式におけるパケット交換

はじめに計算機シミュレーションを行い、提案システムの適用条件について、普及率などの観点から調査した。シミュレーションでは、渋滞は既に構成されているものとし、先頭車輛から順々に自車番号を計算し送信していくモデルを用いる。渋滞距離を推定するシミュレーション実験を行い、推定値との渋滞距離の誤差率を求めた。実験では、高速道路をモデルに1~5車線を想定し、端末の普及率毎にネットワークを形成できる割合と、渋滞距離の推定誤差を求めた。各車線数毎の実験結果について、図2では端末普及とネットワーク形成率、図3では端末普及率と渋滞距離の誤差率を示す。図2より1車線の場合70%、2車線の場合50%でネットワークの形成率は100%になっており、車線数が増加するにつれて低い端末普及率でも実現可能であることがわかる。また図3より、ネットワークの形成が100%に至らない端末普及率(50%程度)においても、渋滞距離の推定率が前後10%程度になることが確認できる。これにより、本提案は十分に実現可能であることが確認された。

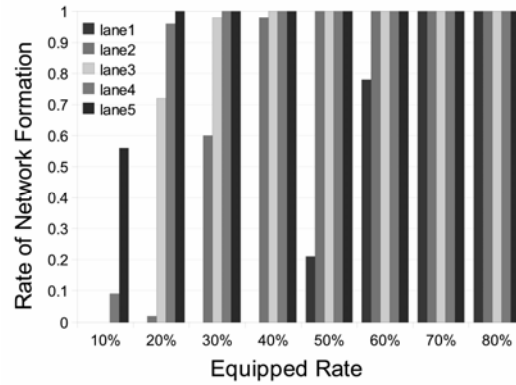


図2 端末普及率に対するネットワークの形成率

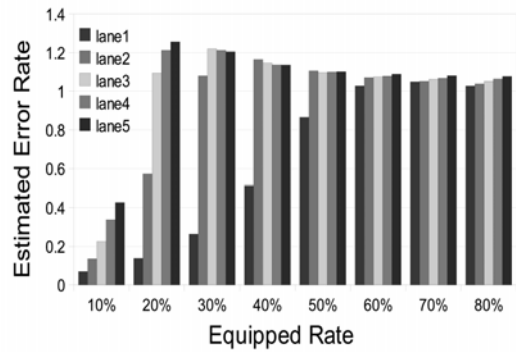


図3 端末普及率に対する推定距離の誤差(率)

さらに、実際に用いる端末の動作を調べシステムの有効性を検証するために、ZigBee評価キット16台を使用し、実験を行った。実験では、普及率ごとの通信品質を調べる通信距離実験と、提案する周波数分割多重の特性を知るために周波数分割多重を用いた通信の品質と伝送速度を調べる周波数分割多重実験を行った。図4に端末数と通信時間の関係を示す。図より周波数分割多重を適用することで、端末数が増加するほど、通信時間の短縮が実現されていることがわかる。

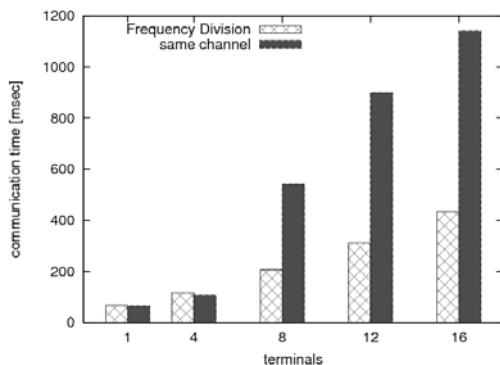


図4 端末数と通信時間の関係(実験)

(2) 通信品質向上

IEEE802.15.4 で使用している CSMA/CA は近距離で端末数が増えた場合、CSMA/CA 自体の待ち時間が大きくなり、大きな遅延が発生する原因となる。そこで図5に示す様に、CSMA/CA の待ち時間にグループごとの待ち時間を付加する時間グループ分割制御を提案し、IEEE802.15.4 の通信品質の向上を図り、知的環境認識型ワイヤレスセルラネットワークの高度化を実現した。

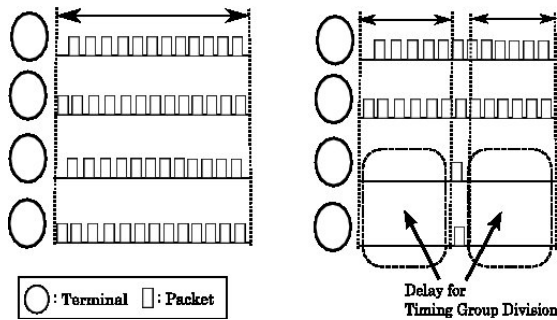


図5 時間グループ分割を用いた制御

CSMA/CA は、各端末毎のランダムな待ち時間によって衝突を回避する手法である。しかし、送信する端末数が増えるほど、衝突を回避するために CSMA/CA による待ち時間は増加する。このことは、複数の端末が同時に通信を行う本研究環境下において、遅延が発生する大きな原因となる。この遅延は、ネットワークに参加する全ての端末が同時に衝突回避を行うため、過剰な待ち時間が必要となり発生する。そこで我々は、ネットワークに参加する端末をグループ分けし、各グループに CSMA/CA 以外の待ち時間を持たせアクセスコントロールする時間グループ分割制御 (TGD) を行った。この手法では、全端末を適当な端末数のグループに分け、CSMA/CA 以上の待ち時間を与えることで、CSMA/CA によって競合する端末数を一時的に減らすことが出来る。これにより、CSMA/CA による過剰な待ち時間が減少し、高速化を実現出来る。

TGD を実装するためには、どの程度の待ち時間 (スロット数) が最適であるかを知る必要がある。そこで、TGD のスロット数の変化がグループ分けにどのような効果をもたらすのかを実機実験によって確認した。グループ数と通信時間の関係を図6に示す。実機実験においてグループ数2つにした場合、TGD の効果により、高速化が可能であることが確認できた。具体的にはスロット数が0のときに全ての通信が終わるまで約 800msec 掛かっているのに対し、slot 数が 88 の場合に約 600msec となり、約 25%の高速化に成功している。

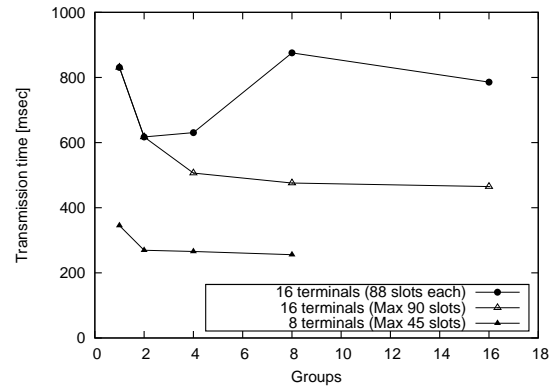


図6 グループ(スロット)数と通信時間

次に最適なグループ数を予測するために、グループ数を変化させる実機実験を行った。実験結果を図7に示す。横軸はグループ数、縦軸は通信時間 (msec) である。グループの待ちスロットを 88slot づつにする場合、グループ数によっては通信時間が増加していることがわかる。これに対して、一番遅いグループの待ちスロットを約 90slot にする場合はグループ数が増えるにつれ、通信時間が速くなっていくことがわかった。これは、前述の実機実験の場合と同じように TGD の待ち時間自体が遅延の原因になってしまうためだと考えられる。従って、TGD の待ち時間の最適値は 16 台の端末の場合、最大約 90slot 程度であることがわかった。

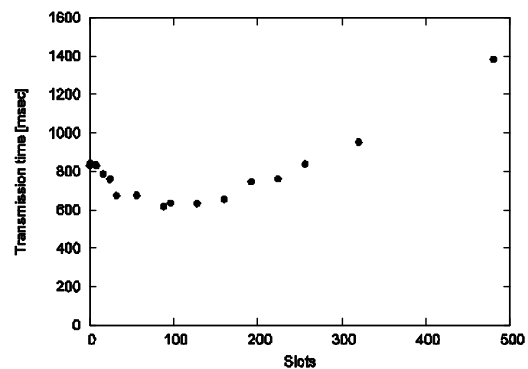


図7 スロット数と通信時間

4. 研究成果

本研究では、主に知的環境認識型ワイヤレスセルラネットワークの有効性の検証を行った。具体的には、バイパスネットワークの形成や通学安全支援システム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

た相互の周波数分割多重通信により、場所や範囲を特定したり、相互の干渉を低減することで性能向上を実現した。さらに、同技術を組み合わせることで、例えば通学安全支援システムのアクセスポイントにWPA Nカメラを敷設して、学童の情報を収集することで、より正確な安全支援を実現できる。

また新たな研究課題として、渋滞距離推定方式への応用について検討した。車に搭載されたWPA N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方式を提案した。計算機シミュレーション実験と開発キットを用いた実機実験の結果、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、知的環境認識型ワイヤレスセルラネットワークを実現できることが確認された。

さらに、本手法に周波数分割多重の原理を応用したハンドシェイク通信を適用することで、推定距離精度の向上が確認された。また同時に提案方式では、周波数分割多重を適用することでパケットロスを低減でき、渋滞距離推定の(通信)時間短縮を実現している。

また、本手法を実現する際には、数百台の端末間で情報交換をする可能性もあり、近距離に存在する十数台の端末間の干渉低減が実用上の課題となるため、通常のCSMA/CAに加えて、時分割と同時に周波数分割を適用することで、パケットロスを低減し、通信(環境認識)時間の短縮を実現した。また、無線LANなどCSMA/CAが十分に機能しない他方式からの干渉の影響を抑えるために、複数回Ackを返送する方式についても実験的に有用性を確認した。

さらに、新しい知的環境認識型ワイヤレスセルラネットワークの実用化を目指し、位置推定手法を適用したバレーボール競技の試合記録システムや猿の獣害対策システムを提案し、実動試験を行い有効性について検証した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計7件)

杉浦彰彦、馬場遼一、小林秀幸、An IEEE802.15.4-based System for Locating Children on Their School Commutes、IEICE Transaction on Fundamentals、査読有、Vol.E93-A、No.5、2010、pp.950-957、

乾一博、杉浦彰彦、小林秀幸、IEEE802.15.4を用いた周波数分割多重型マルチホップネットワークによる画像転送、電気学会論文誌C、査読有、Vol.130-C、No.1、2010、pp.116-122、

田村滋基、杉浦彰彦、米村恵一、顔の物理

的特徴による顔タイプ自動判別手法、電子情報通信学会論文誌、査読有、Vol.J92-A、No.11、2009、pp.718-724、

西谷薫、杉浦彰彦、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、査読有、Vol.50、No.2、2009、pp.839-845、

久保人士、杉浦彰彦、楽譜情報の3次元コード化と携帯電話を利用した再生手法、電気学会論文誌C、査読有、Vol.128-C、No.10、2008、pp.1582-1588、

杉浦彰彦、リニプラキラナ、米村恵一、Screening of Depressive Tendency in Children by Evaluating Facial Expression Cognition、IEEEJ Transactions on E & EE、査読有、Vol.2、No.5、2007、pp.561-569、

中矢猛、伊達誠人、手塚瑠也、杉浦彰彦、CDMAチャンネルの重み付けを用いた圧縮動画の無線伝送による画質劣化低減方式、電気学会論文誌E、査読有、Vol.127-E、No.5、2007、pp.272-283、

[研究速報](計6件)

加納正章、小林秀幸、杉浦彰彦、ZigBeeを用いた搬送専用電力線通信、電気学会論文誌C、査読有、Vol.129-C、No.8、2009、pp.1611-1612、

篠崎健育、米村恵一、杉浦彰彦、表情認知との相互作用を考慮した顔認識モデル、電子情報通信学会論文誌、査読有、Vol.J92-A、No.5、2009、pp.397-402、

手島茂樹、西谷薫、杉浦彰彦、衛星デジタル音声放送のデータ回線を用いた伝言配信手法、電気学会論文誌C、査読有、Vol.129-C、No.4、2009、pp.587-588、

高巢聡、杉浦彰彦、Suggestion for a Dependency Diagnosis Support System Focused on a Change in Expression、The Journal of The Institute of Image Information And Television Engineers、査読有、Vol.63、No.1、2009、pp.98-100、

宮本崇志、杉浦彰彦、Composition and simulation of finger movements using an action unit、The Journal of The Institute of Image Information And Television Engineers、査読有、Vol.63、No.1、2009、pp.95-97

池江竜也、田村滋基、杉浦彰彦、表情印象操作を用いた似顔絵のポジティブ強調、電子情報通信学会論文誌、査読有、Vol.J91-A、No.9、2008、pp.907-908、

[国際会議](計4件)

梶原修平、杉浦彰彦、江崎修央、Localization using ZigBee in the communication the person influences、

The 10th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium and the 5th International Symposium on Nanovision Science 7-19, Nov. 18, 2008, pp.105-106, Hamamatsu, 小林秀幸、杉浦彰彦、Estimated congestion distance system using frequency division of wireless network、The 10th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium and the 5th International Symposium on Nanovision Science 7-3, Nov. 18, 2008, pp.73-74, Hamamatsu, 梶原修平、小林秀幸、杉浦彰彦、江崎修央、Detection of Locati on for Sensor Nodes Using ZigBee in the Gymnasium、The 2008 World Congress in Computer Science, Computer Engineering, and Applied Computing, ICW4481, Jul. 17, 2008, pp.625-629, Las Vegas, 小林秀幸、杉浦彰彦、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, ICE4491, Jul. 16, 2008, pp.630-636, Las Vegas、

[学会発表](計9件)

! 石倉功規、小林秀幸、杉浦彰彦、ISM帯を使用する無線規格間における電波干渉時の通信品質保証、情報処理学会2010年全国大会、5Z-7、2010年3月11日、東京大学、
宮地祥子、杉浦彰彦、動画像符号化におけるアンカリング効果と画像内容との関係、情報処理学会2010年全国大会、5ZD-5、2010年3月11日、東京大学、
坂田敬悟、杉浦彰彦、3次元コードにおける動画像符号化用フィルタ処理の検討、情報処理学会2010年全国大会、5ZD-4、2010年3月11日、東京大学、
田中陽平、杉浦彰彦、低レート静止画圧縮時の文字認識性能品質評価、情報処理学会2010年全国大会、5ZD-1、2010年3月11日、東京大学、
篠崎健育、杉浦彰彦、米村恵一、顔表情認知を用いた被虐待診断検査システムの考察、情報処理学会2010年全国大会、3ZL-8、2010年3月10日、東京大学、
塩田健介、澁谷倫子、杉浦彰彦、肺結節検出におけるベクトル集中度フィルタの効果的利用、情報処理学会2010年全国大会、3ZL-2、2010年3月10日、東京大学、
柴田頼紀、小林秀幸、杉浦彰彦、害獣検知システムへの知的環境認識ネットワーク利用の検討、情報処理学会2010年全国大会、2ZD-9、2010年3月9日、東京大学、

澁谷倫子、杉浦彰彦、滝沢穂高、奥村俊昭、山本眞司、肺結節陰影検出システムにおけるベクトル集中度を用いた偽陽性陰影の削減、第28回日本医用画像工学会大会、OP1-06、2009年8月4日、中京大学、
篠崎健育、米村恵一、杉浦彰彦、誘導型視線走査統制を用いた表情認知時間の計測、2008信学春季全大、A-15-10、2008年3月8日、北九州学術研究都市、

[その他]

ホームページ等

<http://www.mmc.gsest.shizuoka.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉浦 彰彦 (SUGIURA AKIHIKO)
静岡大学・創造科学技術大学院・教授
研究者番号：40235867

(2) 研究分担者

白川 正知 (SHIRAKAWA MASATOMO)
豊橋技術科学大学・
未来技術流動研究センター・助手
研究者番号：10324493
(H20 - 21：連携研究者)

水野 慎士 (MIZUNO SHINZI)
豊橋技術科学大学・
情報メディア基盤センター・助手
研究者番号：20314099
(H20 - 21：連携研究者)