

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06121

研究課題名(和文)UWBと路車間通信を併用した歩行者安全支援システムの研究

研究課題名(英文)A study on Safety Assistance System for Pedestrians using UWB and Road-to-Vehicle Communication

研究代表者

伊丹 誠 (Itami, Makoto)

東京理科大学・基礎工学部電子応用工学科・教授

研究者番号：70212983

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、UWB(Ultra Wide Band)通信を使用して交差点における歩行者の測位を行い、収集された測位情報を専用狭域通信(DSRC: Dedicated Short Range Communication)を用いて交差点に進入する車両に通知することで歩行者の安全支援を行うシステムを提案し、歩行者の測位精度向上のための諸検討を行った。測位アルゴリズムの最適化を行うことによって、マルチパスによって生じる測位誤差を軽減し、交差点内の多数の歩行者の高精度な同時追跡が可能であることが確認された。

研究成果の概要(英文)：In this research, the safety assistance system that performs positioning for pedestrians in the crossings using UWB (Ultra Wide Band) communication and transmits the collected position information to the vehicles entering the crossing using the dedicated short range communication (DSRC) is proposed and the schemes to improve the accuracy of positioning for pedestrians are studied. By performing optimization of positioning algorithm, it was confirmed that the positioning error caused by multi-path propagation is reduced and simultaneous and precise tracking of many pedestrians can be achieved by the proposed scheme.

研究分野：情報通信工学

キーワード：ITS UWB 歩車間通信 路車間通信 高精度測位 安全運転支援

1. 研究開始当初の背景

近年車両の安全性の向上や種々の ITS 技術の導入に伴い、交通事故による死者数は減少する傾向にあるが、いまだ多くの交通事故死者・負傷者が発生しているのが現状である。そのため、さらに高度な ITS 技術の導入によりさらに死者・負傷者数を減らすことが現在重要な課題となっており、そのための ITS 技術の研究・開発が広く行われている。とりわけ、近年の交通事故死者・負傷者数のうちで歩行者の占める割合が大きくなっており、国の交通事故死者数年間目標 2500 人以下を実現するためには、歩行者の安全を支援するための ITS システムの開発が重要な課題である。現在路車間・車車間通信を用いた安全運転支援システムの実用化がなされつつあるが、これらは歩行者との通信は想定はなされておらず、歩行者の安全を支援するための無線通信システムの開発が必須であると考えられる。本研究は、以上の背景に基づき、現在開発・実用化が進められている路車間・車車間通信システムに UWB(Ultra Wide Band)通信方式を併用することによって歩行者の安全を支援するシステムを実現することを目的として研究を行う。

2. 研究の目的

ITS(Intelligent Transport Systems)において安全な交通環境を実現するための技術は最も重要な研究開発課題の一つであり、実用化を目指して世界的に広く研究・開発が行われている。その中で、歩行者の安全を確保するための無線通信技術が近年重要な開発課題の一つとなっている。従来の研究開発においては車両同士の安全を確保するための無線通信技術は広く研究・開発が行われ実用化が始まりつつあるが、歩行者と車両間の安全確保のための無線通信技術には車両間のものとは異なるアプローチが必要となる。本研究では、UWB 通信方式と 700MHz 帯 ITS 無線通信方式を併用し、安全にかかわる情報を歩行者と車両との間で伝達することによって、歩行者と車両間の重大な事故を事前に回避することを目的とする安全支援システムの研究を行う。

3. 研究の方法

本研究では交差点内における歩行者に対する測位を、図 1 に示すように交差点の信号機に設置した基地局と歩行者間の無線通信によって行う。測位手順としては、基地局と歩行者間の距離を TOA 方式により推定し、得られた測距データに対して最小二乗法を用いることで測位が行われる。

測距誤差が大きい場合、最小二乗法を用いる際に測距誤差が測位に影響し、本来の歩行者の位置に収束せずに測位精度が悪化する。

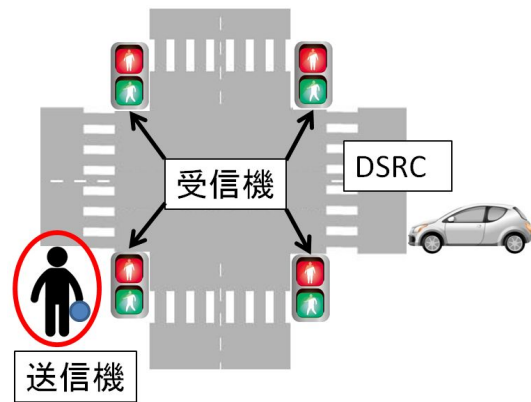


図 1 システムモデル

そこで本論文では、測距誤差を軽減するために判定閾値の最適化を行う測距方式を提案し、測距精度を評価した。また、本システムにおいて交差点に設置する基地局の数と、歩行者の数を変化させたときの歩行者に対する測位精度と測位成功率を評価した。

4. 研究成果

4.1 判定閾値の最適化による測距シミュレーション

測距を行うにあたって受信信号の相関値のピークを検出する際、マルチパスや雑音の影響によりピークが複数検出される。従来方式では相関値の最大値が検出されたタイミングで測距を行っていたが、真の位置よりも後ろに存在するピークを検出してしまい測距精度が低下した。この問題の解決策として適切な検出閾値を設定し、閾値を最初に超えた相関値を検出するタイミングで測距を行う測距方式を提案した。図 2 に示す通り、測距シミュレーションを行って検討した結果、検出閾値の最適値は 0.14 であることが確認された。閾値を 0.14 にした提案方式と従来

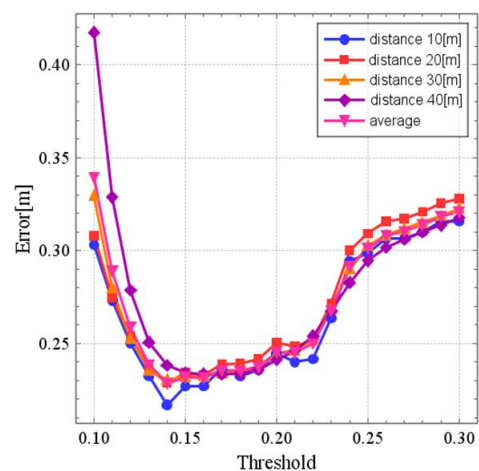


図 2 閾値に対する測距誤差

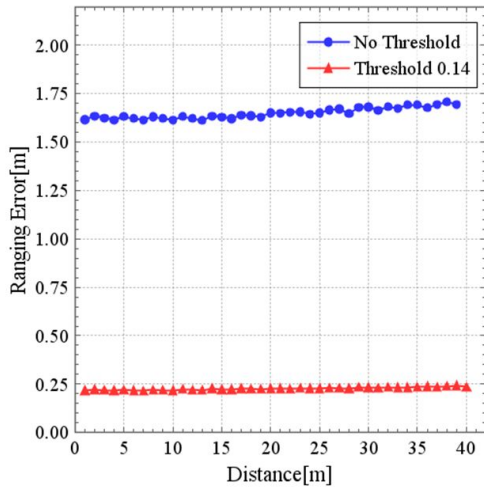


図3 検出閾値の有無による測距誤差の比較

方式の測距シミュレーション結果を図3に示す。図3から明らかなように、従来方式の測距において生じていた1.6[m]以上の測距誤差を提案方式の測距では大幅に軽減できているため、最適な閾値を設定して測距を行うことでマルチパスが影響で生じる測距誤差を軽減できることが示された。

4.2 交差点内における歩行者位置推定システム

図1の歩行者位置推定システムの概要について以下に示す。歩行者はIEEE.802.15.4aの基本パルスであるRRCPを送信できる端末を持っているものとし、端末はRRCPを一定間隔で発信する。また、信号を受信する4つの基地局を歩行者用信号機に設置した。送信パケットは、測距用の信号であるPreambleと、歩行者を識別するための信号であるデータパケットで構成される。基地局では送信波形に対応したテンプレート波形を用意して

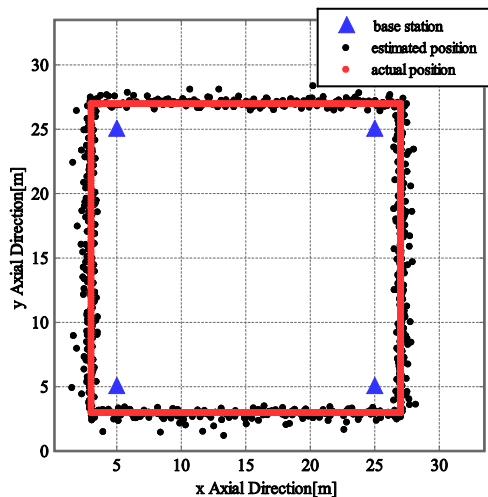


図4 1人の歩行者のみが存在する場合の測位結果

Matched Filterで相関をとり、相関値のピークが最適Thresholdを超えるタイミングを検出して測距を行う。各基地局と歩行者間の推定距離から、最小二乗法を用いた測位手法にしたがって測位を行う。

本システムの基本特性を評価するために、交差点内に歩行者が1人存在する状況下で測位シミュレーションを行った。その結果を図4に示す。

図4は歩行者を座標(3, 3, 0.8)から交差点を1周させ、0.1[s]ごとに測位したときの結果である。図4より、歩行者の実際の位置と歩行者の推定位置の多くは一致している。したがって本システムを用いることで、交差点内に歩行者が1人存在する状況下では、歩行者の位置を追える精度で測位可能であることが確認された。

実際の交差点では歩行者は複数人存在し、本システムを利用することが考えられるため、交差点内に複数の歩行者が存在する状況下でのシミュレーションを行った。複数の歩行者の送信タイミングを制御するために、アクセス制御にSlotted ALOHA方式を用いた。Slotted ALOHA方式は他の送信端末の通信状況を考慮せずに信号の送信を開始するが、一定間隔でタイムスロットを設けて送信タイミングを制御する方式である。

また、交差点に設置した基地局が4つの場合では測位に必要な測距データ数を取得できる確率が低く、測位成功率が低下する。そこで車両用信号機に基地局を4つ設置し、交差点内の基地局8つを用いて測位を行った。設置基地局が4つの場合と8つの場合における、測位誤差と測位成功率の比較の結果を図5、図6に示す。

図5より設置基地局を8つにすることで、交差点内の歩行者が増えた際も高確率で測位可能であることが示された。また、図6より歩行者が4000人の際も平均測位誤差は42[cm]以内であることから、歩行者の軌跡を追うには十分な精度であることが確認された。

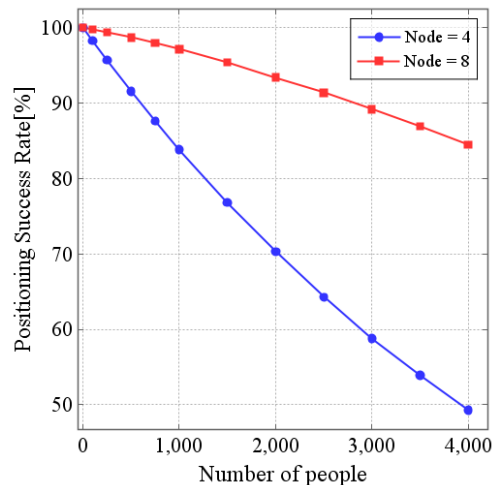


図5 測位成功率の比較

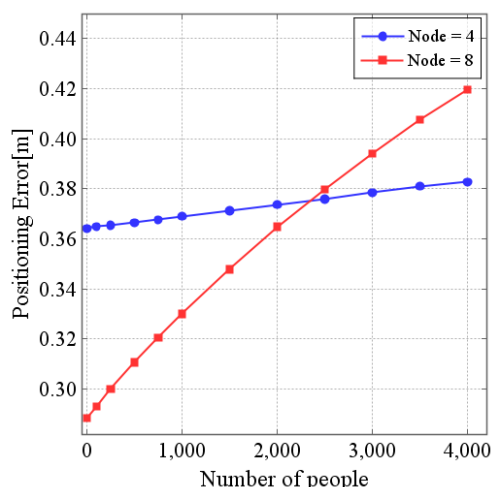


図6 測位誤差の比較

4.3 まとめ

UWB を用いた交差点内における歩行者位置推定システムにおいて、測位精度と測位成功率の特性評価を行った。測位の前段階である測距において、提案方式である Threshold を用いた測距を行うことで精度の高い測距が可能となった。精度の高い測距結果を用いて歩行者に対する測定を行うことで、歩行者の軌跡を追うことが可能であることが示された。また、交差点内に設置する基地局を増やすことで、高確率で測位を行うことが可能であることが示された。本方式によって交差点における多数の歩行者の移動経路を性格に即位することが可能であり、歩行者の安全支援のための情報収集の方式として、提案方式の可能性が見出された。今後は車両の挙動までも含めた方式の評価を行い、実用を目指した研究を進めていく計画である。

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)

Kazuki Kobayashi, Yuki Ebihara, Akira Nakamura, Kohei Ohno, Makoto Itami, Performance Comparison of Spreading codes for DS/SS-IVC Based on Location Oriented Code Allocation, ITS World Congress 2018, 査読有, 2018, 1-8
 Naoto Shimada, Akira Nakamura, Kohei Ohno, Makoto Itami, A Study on UWB Positioning System at the crossing, ITS World Congress 2017, 査読有, 2017, 1-8
 Reiki Kusakari, Akira Nakamura, Kohei Ohno, Makoto Itami, Improving Performance of Positioning in DS/SS-IVC based on Location Oriented PN Code Allocation, The 14th International Conference on ITS

Telecommunications(ITST), 査読有, 2015,1-4,DOI:10.1109/ITST.2015.7377402

Reiki Kusakari, Akira Nakamura, Kohei Ohno, Makoto Itami, A Study on Positioning Error Correction of DS/SS-IVC based on Location Oriented PN Code, 2015 14th International Conference on ITS Telecommunications, 査読有, 2015, 65-69

Allocation, 2015 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES), 査読有, 2015, 25-30,DOI:10.1109/ICVES.2015.7396888

Kazuki Kobayashi, Reiki Kusakari, Akira Nakamura, Kohei Ohno, Makoto Itami, Performance evaluation of DS/SS-IVC Scheme based on Location Oriented Hadamard Code Allocation, 23rd ITS World Congress, 査読有, AP-TP0453, 2016, 1-12

Yuka Kawashima, Arira Nakamura, Kohei Ohno, Makoto Itami, Analysis of Packet Collision in Parking Navigation System, 23rd ITS World Congress, 査読有, AP-TP0452, 2016, 1-12

[学会発表](計3件)

島田直人, 中村聡, 大野光平, 伊丹誠, 交差点内におけるUWBを用いた歩行者位置推定システムに関する研究, 電子情報通信学会 I T S 研究会, 2016

小林和樹, 草刈嶺希, 中村聡, 大野光平, 伊丹誠, アダマール符号を路上割り当てに用いた DS/SS-IVC の特性評価, 電子情報通信学会 I T S 研究会, 2016

川島由佳, 中村聡, 大野光平, 伊丹誠, ZigBee ネットワークを用いた駐車場内ナビゲーションシステムにおけるパケット衝突の影響の解析, 電子情報通信学会 I T S 研究会, 2016

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊丹 誠(イタミ マコト)
 東京理科大学・
 基礎工学部電子応用工学科・教授
 研究者番号: 70212983