

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	(甲)乙第 号	氏 名	森 康祐
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 寺岡 文男
	副査	慶應義塾大学教授	博士(工学) 重野 寛
		慶應義塾大学准教授	博士(情報理工学) 金子 晋丈
		慶應義塾大学教授	Ph. D. 春山 真一郎
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>修士(工学)森康祐君提出の学位請求論文は「Tracking and Fast Handover Mechanisms Using Station Identification for Ground-to-Train Free-Space Optical Communication (地上列車間自由空間光通信における装置識別を用いた追尾と高速ハンドオーバー手法)」と題し全6章から構成される。</p> <p>近年、高速列車内でのインターネット利用への要望が高まっている。列車内では携帯電話などが利用可能だが、高速列車内に設置したWi-Fi通信によるインターネットへのブロードバンド通信を乗客に提供することが望ましい。漏洩同軸ケーブル、Wi-Fi、WiMAX、LTE-Rなど既存の地上列車間通信技術のスループットが数十Mbpsであるのに対し、新幹線1編成あたりに必要なスループットは2030年には11~35Gbpsに達すると推測される。移動体との通信にミリ波を利用する研究でも、現状ではスループットが10Gbps以下である。このような高スループットの地上列車間通信の要求に応えるため、自由空間光通信技術が注目されている。地上列車間光通信では、列車に搭載された移動局と線路沿いに設置された地上局は互いを追尾しながら通信し、列車の走行により移動局は通信相手となる地上局を切り替える(ハンドオーバー)ことが要求される。</p> <p>第1章は本論文の序章であり、本研究の背景、目的、貢献についてまとめている。</p> <p>第2章は自由空間光通信の関連研究と地上列車間光通信システムの既存研究であるLaserTrainComm2012(LTC12)についてまとめている。LTC12はビーコン光とミラーアクチュエータを用いて通信相手を追尾する。時速60kmでLayer-2ハンドオーバー時間は約40msであった。</p> <p>第3章はLaserTrainComm2014(LTC14)のシステム開発について述べている。LTC14はカメラの画像認識による粗追尾とQPD(Quadrant Photo Diode)による精追尾で高速かつ高精度なトラッキングを実現する。その結果、時速60kmでのハンドオーバー時間は約21msとなった。しかしLTC14はミラーアクチュエータのアナログ制御による不安定なトラッキング、大型ミラーの慣性によるハンドオーバー時のオーバーシュート、基地局ごとの識別ができないなどの課題があった。</p> <p>第4章は100Mbpsの通信装置を搭載したLaserTrainComm2022(LTC22)のシステム開発について述べている。LTC22ではミラーアクチュエータをデジタル制御することで追尾精度とハンドオーバー速度を向上させた。また大型ミラーを送信用と受信用の小型ミラーに分離することでハンドオーバー直後の通信品質を安定化させた。基地局を識別するために2PPM(Pulse Position Modulation)により装置IDをビーコン光に符号化した。広視野と狭視野の画像を同時に取得できるデュアルポートカメラを用いて粗追尾と精追尾を行った。車両用テストコースで基地局を30m間隔で設置し、Layer-2ハンドオーバー時間とハンドオーバー時のTCPスループットを測定した。時速40kmで走行した場合、ハンドオーバー時間は約1msだった。TCPスループットはハンドオーバー前後で約94Mbps、ハンドオーバー時のみ75~77Mbpsに低下した。</p> <p>第5章は将来10Gbpsの通信装置を採用し、基地局を300m間隔で設置する前提でLTC22の実際の列車環境への適性について検討している。ハンドオーバー間隔は実環境と本論文の実験でほぼ変わらないことを示している。またハンドオーバー前に装置IDの復調に要する時間、追尾が停止するが、リニアモーターカーの速度500km/hであっても通信切断が発生しないことを示している。</p> <p>第6章は本論文の結論であり、論文を総括するとともに地上列車間自由空間光通信システムの必要要件と本論文での貢献について述べている。</p> <p>以上、本論文は地上列車間光通信システムの開発と屋外での計測を通してLTC22が安定した追尾、高速ハンドオーバー、通信装置の識別が可能であることを明らかにした。以上の貢献は工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学(英語)についても十分な学力を有することを確認した。		