

車車間通信を用い多様な通信環境を想定した道路情報共有システム A Road Information Sharing System using Vehicle-to-Vehicle Communication Considering Multiple Communication Environment

伊藤 健太[†] 平川 剛[†] 新井 義和[†] 柴田 義孝[†]
Kenta Ito[†] Go Hirakawa[†] Yoshikazu Arai[†] Yoshitaka Shibata[†]

1. はじめに

1.1 研究背景

日本は地震や土砂災害、水害、風害などの自然災害多発国である。近年では、2011年3月の東日本大震災や2014年8月の豪雨による広島市の土砂災害、2014年11月の長野県北部地震など大規模な災害が発生している。また、冬期には降雪や凍結による災害や交通障害も多発している。2012年2月の秋田県玉川温泉の雪崩死亡事故や2014年12月の大雪による徳島県西部の一部集落が孤立した被害などの被害が発生している。加えて、路面凍結や吹雪、ホワイトアウトなどによる交通障害や交通事故が日常的に発生し、深刻な社会問題となっている。

災害発生時には迅速かつ広範囲な被害状況監視が必要とされている。また、日常的な通勤通学や災害発生時における災害対応や被災地支援において、渋滞状況や路面状態、被害状況など、目的地の状況把握や目的地までの道路状況把握は重要とされている。しかし、特に災害発生時には、通信インフラの障害やネットワークの輻輳のため、情報が伝わる時間的および空間的範囲が限定されてしまう^{[1][2]}。

一方、センサデータ収集技術や無線通信技術、Delay Tolerant Networking(DTN)^{[3][4]}、Intelligent Transport System(ITS)^[5]、ビッグデータ^[6]など様々な技術が発展、高度化し、道路状況監視システムの可能性が広がっている。

1.2 研究目的

本研究では、これらの技術と複数車両を組み合わせ、多様な通信環境を考慮し、多様なセンサデータを利用した道路状況監視システム、**SODiCS**(Spatial and Temporal **O**mnidirectional **S**ensor **D**ata **D**istribution and **C**ollection **S**ystem)の設計と構築、評価を行う。本システムにより、複数センサデータを収集、選択、組み合わせた道路状況把握、監視、記録、車両間での情報共有、ウェブアプリケーションによる情報提供を実現する。特に、車両間での情報共有に焦点を当て、冬期の車両の走行速度に近いと考えられる40km/h同土(相対速度 80km/h)でのすれ違い通信を目標とする。また、車車間通信のプロトタイプを構築して実証実験を行い、車車間通信時の機能などの性能評価を行うことにより、本システムの有用性を検証する。

2. 関連技術・関連研究

2.1 Delay Tolerant Networking(DTN)

DTNは連続的なエンドツーエンドの接続を想定することができない環境に相互運用可能な通信を提供するアプローチである。現在のTCPプロトコルは、ネットワーク通信を

確立するためにエンドツーエンドの接続を必要とするが、DTNは異種ネットワークや惑星間、軍事、災害ネットワークのようなエンドツーエンドの通信が利用できない環境でも、エンドツーエンドの通信を使用できるように設計されている。

劣悪なネットワーク環境下で相互運用可能な通信を実現するために、DTNは一般にストアアンドフォワード型のルーティングを行う。各ノードは、利用可能なノードが近くに存在しない場合、送信データが格納され、利用可能なノードが近づくと、そのノードにデータをコピーする。

DTNのルーティング方式として、Epidemic Routing, Spray and Wait, Max Prop^[7]などが一般的に知られている。また、人々がデータラバとして地域間を移動しDTN機能をもたらす研究^[8]やAnt Colony Optimizationを用いた手法の提案^[9]などが研究されている。

2.2 車車間、車路間通信通信

DSRC^{[10][11][12]}とは、車両との無線通信に特化し設計され、狭い範囲での双方向通信を目的とした5.8GHz帯の電波ビーコンによる通信方式のことである。専用狭域通信や狭域通信、スポット通信と呼ばれる。アンテナの指向性と高精度なキャリアセンスにより、通信エリアを意図的にコントロールし、高速で大容量の情報を送受信可能となっている。

2.3 COMOSE

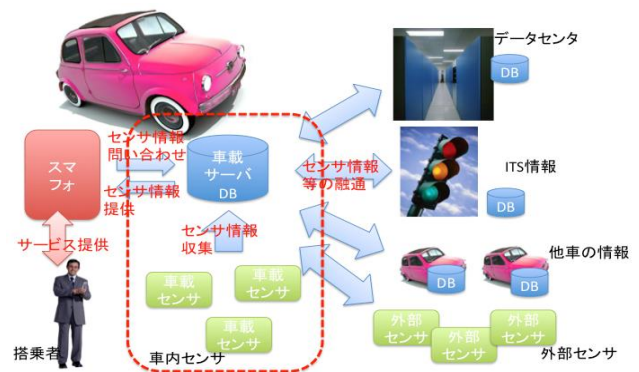


図1 COMOSE概要

COMOSE^{[13][14]}は図1に示すように、人や車、周辺環境、ITSの持つ様々な情報を車載サーバに収集し、収集したデータを用いて人や車、必要に応じて周辺環境やITSに対してサービスを提供するプラットフォームである。これを用いることにより、各種情報を用いたサービスを提供することが出来る。本研究ではこのプラットフォームの車載センサの情報を収集し、データベースに蓄積する部分を利用する。

[†] 岩手県立大学 Iwate Prefectural University

2.4 準静電界技術

準静電界(Quasi Electrostatic Field(QEF))^{[15][16]}は、電磁界を構成する磁界成分を含まない特殊な電界で、電波のように伝搬する性質がなく人や車両、物質の周りに静電気帯電のように分布する物理現象である。電波に比べて非常に小さなエネルギーで非接触通信が実現可能であり、人体や車両等の周りだけで実現する省電力型のモビリティ近傍通信や、人体や車両の準静電界の変化を捉えることで、非常に鋭敏かつ配線のいらぬ非接触センサを開発可能である。

本システムでは路面状態を取得するセンサとしてこの技術を利用する。

2.5 道路状況監視システム

道路状況監視システムの関連研究として、地震動センサ、音センサ、画像センサを用いた災害後の道路監視システム^[17]や 3 軸加速度計と GPS センサによる路面状態監視^[18]、車載スマートフォンをセンサとした道路状況監視警告アプリケーション^[19]などがある。

これらの研究では、それぞれが扱うセンサデータの数が少なく、一つのシステムで多様なセンサデータを取得し、目的に応じて適当なセンサデータを組み合わせることで提供する情報の精度や質が向上するのではないかと考える。

3. SODiCS 概要

3.1 システム概要

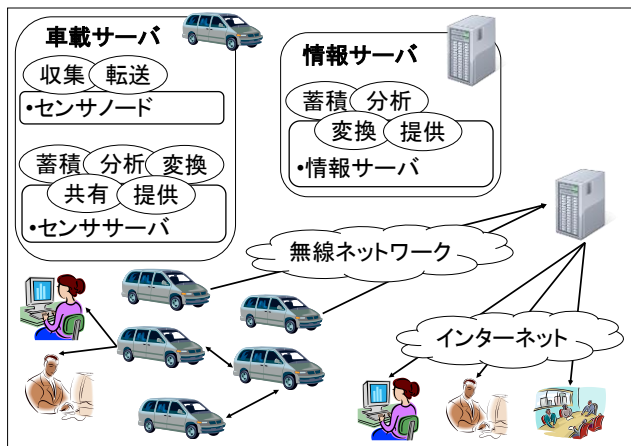


図 2 システム概要

本システムの概要を図 2 に示す。本システムは複数の車載サーバと 1 つの情報サーバから構成される。車載サーバはセンササーバとセンサノードから構成される。車載サーバの機能は、センサデータを収集すること、収集したセンサデータを蓄積すること、蓄積したセンサデータを分析すること、分析したセンサデータを提供出来る形に変換すること、変換した道路情報を他の車載サーバと共有すること、全てのセンサデータを情報サーバと共有すること、変換した道路情報を車載サーバから直接提供することである。情報サーバの機能は、共有されたセンサデータを蓄積すること、蓄積したセンサデータを分析すること、分析したセンサデータを提供出来る形に変換すること、変換した情報をウェブアプリケーションとして提供することである。

3.2 通信方法によるデータ共有の違い

本システムでは、現在、センサデータとして、気温、湿度、方向、画像、位置情報、角速度、加速度、路面温度、路面状態を取得することが出来る。路面状態に関しては、2 章 4 で述べた準静電界技術を用い、収集したデータについて解析を行い、路面状態を判断する。

本システムにおいて、車車間通信では通信リソースなどを考慮し全てのセンサデータを送信せず、センサデータを分析し変換したデータを路面凍結や路面積雪、路面スリップなどの道路注意情報として共有する。車路間通信では、収集した全てのセンサデータを情報サーバと共有する。路車間通信では、道路情報をウェブアプリケーションとして提供する。

4. システムアーキテクチャ

本システムのシステムアーキテクチャを図 3 に示す。各モジュールの構成は以下の通りである。

- In-vehicle Server
 - Sensor Node
 - ◇ Data Gathering
センサデータの周期的な収集
 - ◇ Data Transmission
センサデータをセンササーバへ転送
 - Sensor Server
 - ◇ Data Receiving
センサノードから転送されたセンサデータを受信
 - ◇ Data Storing
受信したセンサデータをデータベースへ蓄積
 - ◇ Data Analysis
蓄積したセンサデータがどのような情報を持っているか分析
 - ◇ Alert Info Generation
分析したセンサデータを用いて道路注意情報を生成
 - ◇ Connection Decision
他の車載サーバや情報サーバ間の通信接続を判断
 - ◇ Data Transmission
情報サーバへ蓄積したセンサデータを転送
 - ◇ Alert Info Transmission
他の車載サーバへ生成した道路注意情報を転送
 - ◇ Alert Info Receiving
他の車載サーバから転送された道路注意情報を受信
 - ◇ Alert Info Storing
受信した道路注意情報をデータベースへ蓄積
 - ◇ Alert Info Selection
蓄積した道路注意情報の中からユーザの目的地に合致する情報を選択
 - ◇ Alert Info Providing
選択した道路注意情報をユーザへ提供

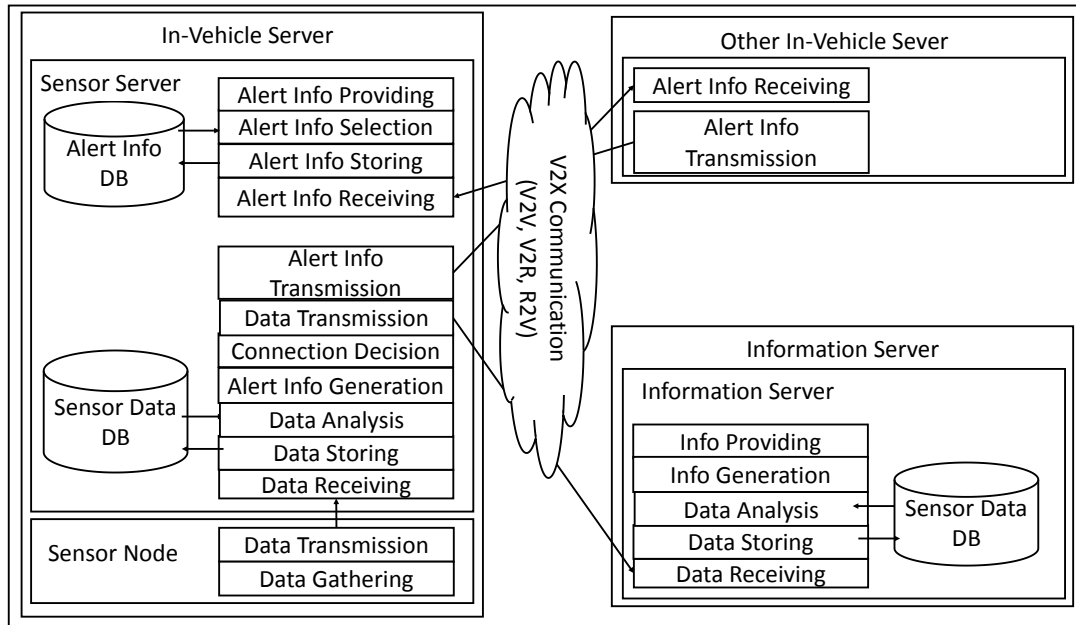


図3 システムアーキテクチャ

- Information Server
 - Information Server
 - ✧ Data Receiving
車載サーバから転送されたセンサデータを受信
 - ✧ Data Storing
受信したセンサデータをデータベースへ蓄積
 - ✧ Data Analysis
蓄積したセンサデータを分析
 - ✧ Info Generation
分析したセンサデータをユーザに提供出来る形に変換
 - ✧ Info Providing
変換したデータをウェブアプリケーションとしてユーザに提供

本システムのプロトタイプを図4に示す。今回のプロトタイプでは表1の端末を車載サーバとして使用する。

表1 車載サーバ構成

	送信側車載サーバ	受信側車載サーバ
OS	Ubuntu 12.04 LTS	Ubuntu 12.04 LTS
CPU	Intel Core i3 3217U	Intel Core i7 3667U
メモリ	8GB	8GB
ストレージ	128GB SSD	128GB SSD
WLAN	内蔵1 外付け2	内蔵1 外付け1

車載サーバから直接情報を提供するために、PHP, Apache, MySQLを使用し、車車間通信のためにJavaを使用し、画像解析と画像処理のためにOpen CVを使用する予定である。センサノードにはCOMOSEを利用する。

5. プロトタイプシステム

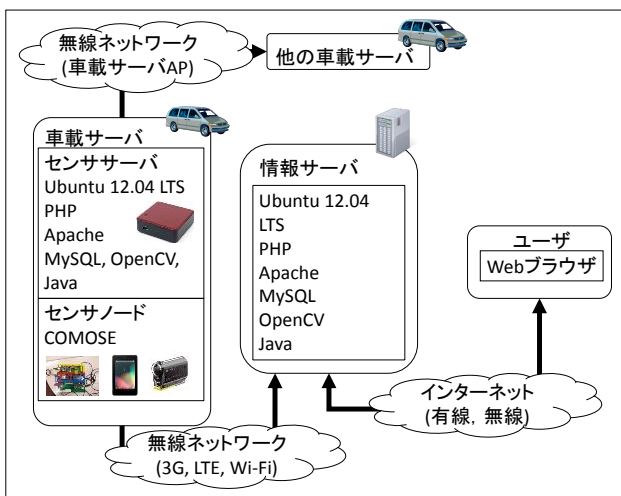


図4 プロトタイプシステム

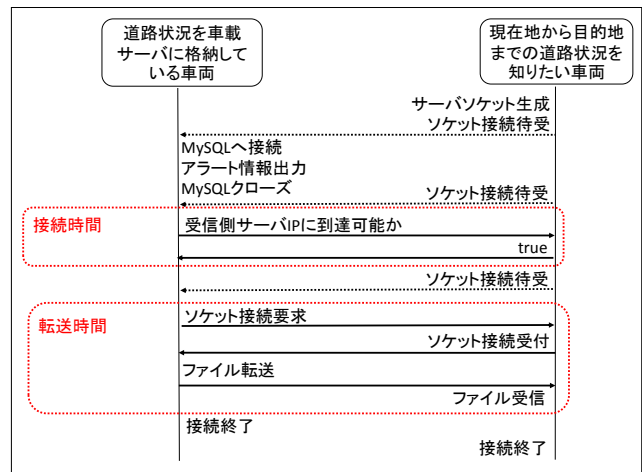


図5 ファイル転送処理

また、現在の実装における、車車間通信によるファイル転送処理を図5に示す。道路状況を車載サーバに格納している車両を送信側車載サーバ、現在地から目的地までの道路状況を知りたい車両を受信側車載サーバとする。受信側

車載サーバはサーバソケットを生成し、送信側車載サーバからのソケットを待ち受ける。送信側車載サーバは JDBC ドライバを介してセンサデータが格納されているデータベースに接続し、アラート情報をテキストファイルへ出力、データベースへの接続を終了する。この処理は一定時間ごとに更新する。この処理と平行して、送信側車載サーバは isReachable() メソッドを用い、受信側車載サーバの IP アドレスに到達可能かどうかで、受信側車載サーバに立ち上げたアクセスポイントに接続されているかどうかを判断する。受信側車載サーバに立ち上げたアクセスポイントに接続されていると判断されたら、送信側車載サーバはソケットを生成し受信側車載サーバへ接続要求を行う。受信側車載サーバは送信側車載サーバのソケット接続要求を受け付ける。そして、送信側車載サーバはソケットによるファイル転送を行う。受信側車載サーバはファイルを受信する。

6. 評価実験

6.1 実験概要

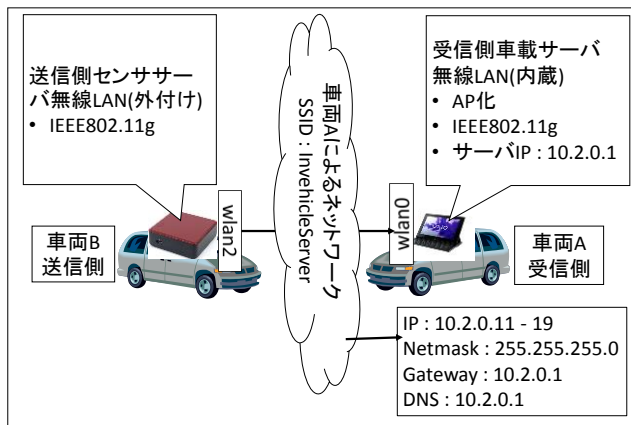


図 6 通信実験プロトタイプ

本システムの有用性を確認するために車両間通信において実証実験を行い、評価を行った。本実験のシナリオとして、ある目的地に向かっておりその道の状況を把握したい車両 A と、A の目的地の方からセンサデータを収集しながら A に接近する車両 B を想定する。B が A にセンサデータを送信する。本実験ではファイルサイズを固定し比較を行うため、センサデータの収集を行わず車両間の通信のみを行う。また、今回の実験は、現在のファイル転送フローに至るまでに行ってきた前段階の実験結果となっている。

本実験では、センササーバは車両上に搭載される。車両は送信側、受信側共に停止状態で、送信側の車両を移動し徐々に距離を離していった。転送に使用したファイルのサイズは約 8MB である。測定した内容は主に、圧縮ファイルの転送にかかった時間、ping によるパケットロス率、iperf によるスループットである。これらの項目のうち 2 つが測定出来なくなるまで距離を離していった。また、本実験における車車間通信のプロトタイプを図 6 に示す。

6.2 実験結果

本実験に用いたパラメータを表 2 に示す。また、本実験の実験結果を図 7 から図 9 に示す。

表 2 実験に用いたパラメータ

ファイルサイズ(MB)	8
ping 試行回数(回/1 試行)	50
iperf 試行時間(回/1 試行)	60
距離	ファイル転送, ping による測定, iperf による測定のうち、2 項目が測定出来なくなるまで 5m ずつ

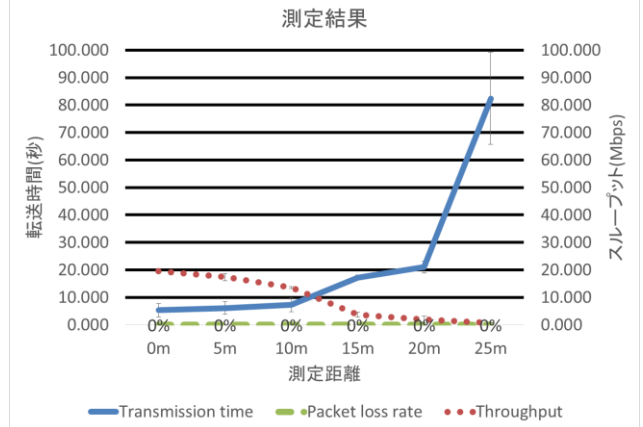


図 7 実験結果 1

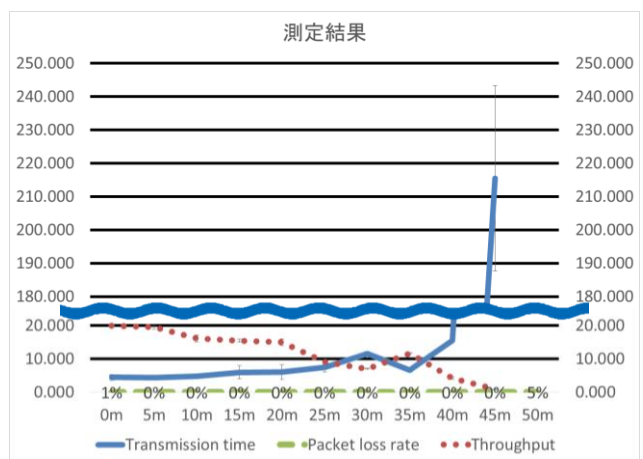


図 8 実験結果 2

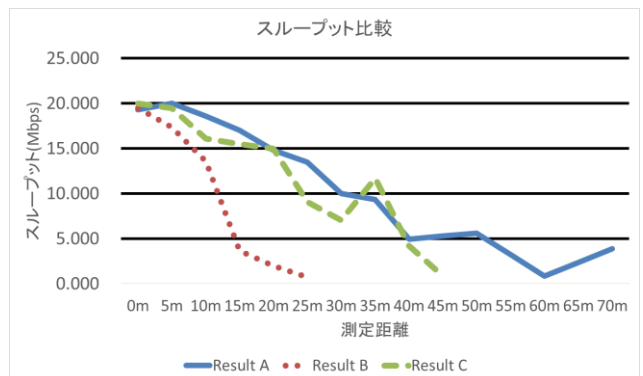


図 9 実験結果 3

6.3 考察

今回の実験では、圧縮ファイルの転送時間とスループットにある程度の相関関係が見られた。

測定結果 1 では、15m 地点でスループットが低下し、25m 以降は測定を行うことが出来なかった。測定結果 2 では、40m 地点まではある程度の速度を保ちながら圧縮ファイルを転送することが出来ていたが、45m 地点でスループットが低下し、それに伴い転送時間も急激に増加した。50m 地点では、アクセスポイントには接続されるものの、ファイル転送と iperf による計測がどちらも出来なかった。

測定結果 3 では、異なる測定日の測定距離の違いを表し、測定日によって通信可能距離が異なってくるのが分かった。例えば、通信可能距離が 45m であると仮定し、40km/h 同士ですれ違いを行うとすると、通信可能時間は約 4 秒であると仮定できる。この仮定を基にすると、現システムでは非常に小さいサイズのファイルの共有しか出来ない、またはファイル共有は難しいと考えられる。

このように、測定日によって測定結果が異なってくるので、電界強度や天候など、バックグラウンドのデータも測定しつつ実験を行っていく必要がある。

また、今回は車載サーバ内蔵の無線 LAN と小型の外付け無線 LAN 子機を IEEE802.11g に設定して使用したが、目標である 40km/h 同士でのすれ違い通信に近づくために、他の通信規格や無線 LAN 子機、アンテナなどを使用して今回の実験との違いを検討していきたい。

7. まとめと今後の課題

本稿では劣悪な通信環境における多様なセンサデータを利用した道路状況監視システムを提案し、実験を行った。様々なセンサデータを取得し、目的に応じて選択、利用する。また、道路状況や被災状況の把握や監視、記録に用いる。車車間通信の部分において、評価実験を行った。1対1の車車間通信においては、ファイル転送を行うことが確認された。

本システムを利用することによって、通常時の通勤通学や災害時の情報収集において、収集したセンサデータを元にした路面状態などの情報を提供出来る。また、車車間通信を用いることによって、インターネットに接続出来ない状況になっても車両同士で情報共有が可能である。

今後の課題として、以下の項目を挙げる。

- 目標である 40km/h 同士でのすれ違い通信を実現するための継続的な実験、その測定結果に基づいた車車間通信システムの改良
- 車車間通信、車路間通信の使用場面をはっきりとさせ、それぞれについて性能を評価
- 複数台を考慮したより実環境に適応したシステムの実装
- ある車載サーバが、自分が必要としている道路状況を持っている他の車載サーバをどのように特定するか
- DTN 機能に関する調査、検討と実装
- DSRC や IEEE802.11p など、他の通信規格との比較や組み合わせ
- 長距離無線の導入の検討

- 取得した多数のセンサデータの中から、凍結や積雪などの路面状態を表現するためにはどのような組み合わせが適切なのか考慮

参考文献

- [1] 東日本大震災マスメディアカバレッジマップ - Google ドキュメント
https://docs.google.com/document/d/1JvpLeq_hYKNENQ-hjAGqx1dmbyXdFnLKIfbL8lq-WxM/edit
- [2] 東日本大震災マスメディアカバレッジマップ
<http://media.mapping.jp/>
- [3] Home - Delay Tolerant Networking Research Group
<http://www.dtnrg.org/wiki/Home>
- [4] dtnrg
<https://sites.google.com/site/dtnresgroup/home>
- [5] ITS とは | ITS Japan
<http://www.its-jp.org/about/>
- [6] 総務省 | 平成 24 年版 情報通信白書
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc121410.html>
- [7] 鶴正人, 内田真人, 滝根哲哉, 永田晃, 松田崇弘, 巳波弘佳, 山村新也,
”DTN 技術の現状と展望”, 通信ソサイエティマガジン No.16 [春号] 2011
- [8] Hervé Ntareme and Sebastian Domancich “Security and performance aspects of Bytewalla: A Delay Tolerant Network on smartphones”, First International Workshop on Wireless Communication and Networking Technologies for Rural Enrichment
- [9] Chengjun Wang, Baokang Zhao, Wei Peng, Chunqing Wu and Zhenggu Gong, “Routing Algorithm based on Ant Colony Optimization for DTN Congestion Control”, 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS), 2012
- [10] DSRC - Wikipedia
<http://ja.wikipedia.org/wiki/DSRC>
- [11] ITS スポット(DSRC)対応車載器ポータルサイト | 早わかり ITS スポット
<http://www.dsrc-portal.jp/summary/index.html>
- [12] 総務省 | 東海総合通信局 | DSRC(狭域通信)システム
<http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/musen/its/dsrc.html>
- [13] 平川剛, Phyu Phyu Kywe, 伊藤健太, 柴田義孝, ”車載向けセンサ情報サーバプラットフォームの開発と応用”, 情報処理学会第 76 回全国大会, 3-53-3-54, 2014 年
- [14] Go Hirakawa, Phyu Phyu Kywe, Kenta Ito, and Yoshitaka Shibata, “Application of Automotive Sensor Information Server Platform to Ubiquitous Sensing System”, 17th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2014), pp. 461-464, 2014
- [15] 滝口清昭, ”準静電界技術の ITS への応用と可能性”, 社会人のための ITS 専門講座
- [16] 滝口研究室
<http://www.tagiguchilab.iis.u-tokyo.ac.jp/>
- [17] Xu-guang Sun, Xiao-ling Sun, Qiu-ge Yang, and Shu-nan Ma, “Application of Wireless Sensor Networks in Post-Disaster Road Monitoring System”, 4th International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems, pp 105-108, 2011
- [18] Kongyang Chen, Mingming Lu, Xiaopeng Fan, Migmig Wei, and Jinwu Wu, “Road Condition Monitoring Using On-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor”, 6th International ICST Conference on Communications and Networking in China (CHINACOM), pp 1032-1037, 2011
- [19] Avik Ghose, Provat Biswas, Chirabrata Bhaumik, Monika Sharma, Arpan Pal, and Abhinav Jha, “Road Condition Monitoring and Alert Application Using In-Vehicle Smartphone as Internet-Connected Sensor”, PerCom Demos 2012, Lugano, pp 489-491
- [20] Ademar Takeo Akabane, Leandro Aparecido Villas, and Edmundo Roberto Mauro Madeira, “GTO: A Broadcast Protocol for Highway Environments over Diverse Traffic Conditions”, 13th International Symposium on Network Computing and Applications, pp 37-40, 2014
- [21] Muhammad Ahsan Qureshi and Rafidah Md. Noor, “Towards Improving Vehicular Communication in Modern Vehicular

- Environment”, 11th International Conference on Frontiers of Information Technology, pp 177-182, 2013
- [22] Claudio Correa, J’o Ueyama, Rodolfo I. Meneguette, and Leandro A. Villas, “VANets: An Exploratory Evaluation in Vehicular Ad hoc Network For Urban Environment”, 13th International Symposium on Network Computing and Applications, pp 45-49, 2014
- [23] Danda B. Rawat, Bhed B. Bista, Gongjun Yan, and Stephan Olariu, “Vehicle-to-Vehicle Connectivity and Communication Framework for Vehicular Ad-Hoc Networks”, 8th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp 44-49, 2014
- [24] Seiichiro Ishikawa, Taiki Honda, Makoto Ikeda, and Leonard Barolli, “Performance Analysis of Vehicular DTN Routing under Urban Environment”, 8th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp 50-53, 2014