

準静電界センシングによる路面状態推定技術を利用した交通問題対策の研究開発（142302010）

研究代表者

新井 義和 岩手県立大学

Yoshikazu ARAI Iwate Prefectural University

研究分担者

須田 義大[†] 滝口 清昭[†] 柴田 義孝^{††} 内田 法彦^{†††}

Yoshihiro SUDA[†] Kiyooki TAKIGUCHI[†] Yoshitaka SHIBATA^{††} Noriki UCHIDA^{†††}

[†]東京大学 ^{††}岩手県立大学 ^{†††}福岡工業大学

[†]The University of Tokyo ^{††}Iwate Prefectural University ^{†††}Fukuoka Institute of Technology

研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

概要

本研究開発では、凍結や積雪にともなう事故や渋滞等の交通問題を、路面状態を周辺環境に依らず正確に把握し、多くの車から情報を収集することにより、ドライバーへの様々なレベルでの注意喚起を行うことにより抑止するシステムを提案する。具体的には、第一に凍結を含む路面をセンシングする準静電界センサを開発するとともに、そこから得られた情報に基づいて路面状態を推定する。第二に、準静電界センサを含む各種車載センサからの情報を収集し、車々間で共有するための複数の手段を提供する。第三に、収集した情報をドライバーに提示するアプリケーションを提供する。以上の観点からシステムを開発する。結果として、一般車両の交通事故防止はもちろん、官公庁の緊急車両（救急車・消防車等）や地域住民の足であるバス・タクシーなどの業務利用への適用も可能とし、地域の安全に貢献することを目指す。

1. まえがき

近年、道路環境の発展を遂げた東北地方では自動車の利用が増加しており、さらに冬期は路面凍結や積雪などによって徒歩や自転車・バイクによる移動が困難なため、自動車への依存度が上昇する。一方で、凍結路面に対してはスタッドレスタイヤが普及しているが、非常に滑りやすい状況に変わらない。本研究開発では、凍結や積雪にともなう事故や渋滞等の交通問題を、路面状態を周辺環境に依らず正確に把握・収集し、ドライバーへ注意喚起することにより抑止する手法を確立し、実用化することを目的とする。

2. 研究開発内容及び成果

本研究開発では、3 つのサブテーマに分かれ研究開発を行った。以下にその詳細を示す。

2.1. 準静電界センサと路面状態推定アルゴリズムの構築

積雪や凍結時の路面状態の把握を目的として、準静電界センサユニットを開発した。準静電界センシング技術ではタイヤ自体にセンサデバイス類を取り付けることなくタイヤと路面間で生じる電気的作用を車体上でセンシングすることで、路面状態に応じた電位変化から路面状態を推定することを特徴とする。これらを踏まえ、既存のセンサを基盤として、特に移動体環境での測定に対応可能となるように小型改良に加え、データ計測用制御 PC とデータロガー間の無線化を実現する準静電界センサを開発した。

一方、路面状態推定アルゴリズムの構築にあたりシミュレーション基礎モデルを検討した。タイヤと路面間の接触、摩擦で発生した電荷で生じる電界は、タイヤと車体を伝達媒体とする準静電界となる（図 1）。準静電界は、対象となるタイヤと路面間に加えて、車体と外部空間、すなわち外部との相互作用によって変化する。外部空間は主に空気中の湿度に相当し、電気抵抗としてモデル化できる。シミュレーションの結果、タイヤと路面間の電気抵抗の増加に伴い、振幅値が増加し、一方、湿度増加に伴い、振幅値が減少する傾向がみられ、これらは実測値と一致した。

また、タイヤと路面間の電気抵抗と湿度をパラメータと

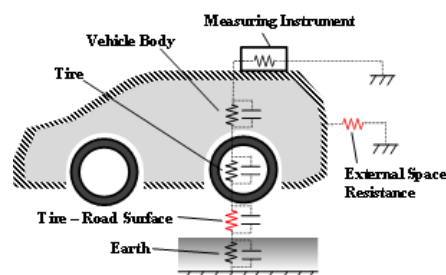


図 1：準静電界伝達部モデル

したシミュレーションから路面状態を推定する手法を検討した。乾燥路、湿潤路、積雪路、凍結路の 4 つの各路面状態で計測したデータから停止時との電圧比を求め、同比を基に判定基準を定めた。結果として、乾燥路、湿潤路、凍結路で 100%、積雪路では 60% の適合率が得られた。

2.2. 時空間センサデータ収集と車車間通信による情報共有

個々の車両の車載センサから取得した情報を互いに共有することを目的とし、2 つの観点から開発を行った。

2.2.1. センサデータ収集による情報共有

車載の各種センサからのデータを plug and play 機能により統一したデータフォーマットで取得および収集するセンササーバならびにそれらのセンサデータを時空間系列で蓄積する車載サーバを構築した。また、すれ違いによる車車間通信では Wi-Fi を利用し、plug and play 機能により通信可能距離内に到達した時点で自動的に接続をハンドシェイクし、画像データ転送を行い、すれ違い際に通信を終了するプロトコルを開発した。この結果、相対速度 40km/h で車両同士の最大通信距離 60m において、目標の約 0.5Mbps 以上のスループットでデータ伝送が可能となった。走行中の路車間通信においては、Wi-Fi のみでは通信可能距離が 60m 程度と限定されることから、長距離通信が必要不可欠である。そこで長距離通信かつ大転送データ総量を実現するために、920MHz 無線と Wi-Fi (2.4GHz) を組み合わせて併用する。この場合、長距離通信において各車載サーバの UUID、Wi-Fi の SSID、Key、

Authentication、Socket ID、各車載システムのセンサ DB のメタデータを事前に交換する。そして車両同士が Wi-Fi 接続可能になり、通信接続が確立するとすぐにデータ通信を開始することができる。一般道で、車路間通信実験を行った結果、2 波長通信の方が、Wi-Fi 通信よりも約 50% 以上の総データ転送量を転送できた。

車車間通信における DTN 方式のデータ伝達率と遅延に関する性能向上を目指して、POI (Point of Interest) を考慮したデータ優先機能とノード優先機能について検証を行った。この POI 機能は、主に冬季の路面状況に関するデータを想定し、送信側の車両を中心に一定距離内の路面データを優先させ、送受信を行う。POI 機能を追加したシミュレーションツールで提案手法の評価を行った結果、対象範囲が送信元車両から 5km 内のデータを 90% 程度と高い伝達率で伝送でき、目標最大通信距離 200m、通信速度 2Mbps を満たすことが確認された。しかしながら、通信有効距離が性能向上に大きく起因するため、指向性アンテナを用いる方法を検討が課題となった。これに対して、複数素子の位相を変更して動的に指向性を変更するアダプティブ・アレイ・アンテナ (AAA) を導入した。実装したプロトタイプシステムを電磁波測定室で評価した結果、各素子への電圧差 10V で、指向性が 30°程度変化すること、受信利得が -65dB から -57dB 程度まで向上することが分かった。

2.2.2. 局所的通信システム

車両同士の追走、並走、すれ違いのように短距離の物理的な隣接関係がある車両間の通信手段として、局所的通信システムを実現する。本通信システムでは周囲の全方向へ信号を送受信するために送受信機を回転する。受信機の 1 回転を基準として信号のパルス幅を定める場合、受信機は複数の送信機からの信号を 1 パルスずつ並列に受信する。同戦略では、回転に用いるモータの物理的制約に起因して通信速度と空間分解能がトレードオフの関係にあることを確認した。試作機の構築にあたっては、システムの簡略化・小型化を目指して一つのモータで送受信機をそれぞれ異なる速度で回転させるために減速機を導入した。加えて、送信信号のフレーム構造の短縮の観点から通信速度の高速化を試みた。すなわち、信号を多重化するために 4 種類の周波数の搬送波を送信信号のデータ部に重畳することとし、その信号を受信した際のデコード手法を検討した。結果として 5.3 bps の通信速度を実現した。

2.3. センサネットワークから情報を取得しドライバーに通知するアプリケーションの開発及び実証実験の実施

準静電界センサを用いて収集したセンサデータを元に判定した路面状態情報を、路肩サーバや他車と共有することにより収集し、地図上へプロットする機能ならびに端末上で閲覧する機能をスマートフォンアプリとして実現した。データの収集機能においては、データの送受信対象を注目領域に限定することにより送受信データ量を削減するとともに、必要に応じて選択的に情報を収集することができる。車載サーバならびにタブレット端末を実際の車両に搭載し、実際のセンサデータを用いて 1000 点の路面凍結情報を収集し、路肩サーバとの通信により路面状態情報の授受を行い、ドライバーに警告を発することが可能であることを実証実験を通じて確認した。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本システムの実用化を目指すための社会実装として盛岡市と宮古市間を結ぶ国道 106 号線を定期運行する岩手県北バスの路線バスおよび停留所に本システムを搭載お

よび設置して、“寒冷地域道路状況データ交換サービスシステム”の構築を予定している。これにより国道 106 号全域にわたるリアルタイムでの道路状況ビッグデータを収集・交換・共有することによる寒冷地の低温、凍結、降雪、ホワイトアウト等による安全運転障害の課題を解決する。

これにより、波及効果として以下が期待される。

- ①道路全域に渡って連続的に道路状況を集積でき、対向車より提供される凍結、圧雪などの危険個所のリアルタイム情報によって安全走行が促され、交通事故が減少する。
- ②路線バスが撮影した土砂崩れ、河川氾濫などの画像が防災機関などへほぼリアルタイムで提供することが可能となり、迅速かつ的確な事故・災害対策に対応できる。
- ③東北・北海道のみならず、同様の気候・課題を持つ全国の寒冷地域や北欧等の世界の寒冷地域に展開できる。

4. むすび

本研究開発では、凍結や圧雪を代表とする路面状態の情報を収集し、リアルタイムでドライバーに警告を発するシステムの開発を目標として、準静電界センサ、データ収集・共有システム、ドライバーへの提示アプリケーションの 3 つの観点から開発を進めた。それらを統合し、実証実験を行うことで提案システムの有効性を示した。今後は路線バスにおける実用実験を通して実用化を目指していく。

【誌上発表リスト】

- [1]Yoshitaka Shibata, Noriki Uchida, “Dealy Tolerant Network for Disaster Information Transmission in Challenged Network”, IEICE Transaction in Communication, Vol. E100-B, No. 1, pp.11-16, (January 2017)
- [2]Shinya Kitada, Goshi Sato, Yoshitaka Shibata, “A DTN Based Multi-hop Network for Disaster Information Transmission by Smart Devices”, Intelligent Data-Centric Systems: Sensor Collected Intelligence, Elsevier, pp. 53-65, (January 2017)
- [3]Noriki Uchida, Kenta Ito, Tomoyuki Ishida, Yoshitaka Shibata. “Adaptive Array Antenna Control Methods with Delay Tolerant Networking for the Winter Road Surveillance System”, Journal of Internet Services and Information Security, Volume 7, Issue 1, pp. 2-13, (February 2017)

【申請特許リスト】

- [1]柴田義孝、路側通信装置、日本、平成 29 年 3 月 29 日
- [2]柴田義孝、車載通信装置、日本、平成 29 年 3 月 29 日
- [3]柴田義孝、車載クラウドレット、日本、平成 29 年 3 月 29 日

【受賞リスト】

- [1]Kenta Ito, The Best Paper Award at the IEEE International Workshop on Disaster and Emergency Network Systems (IWDENS2015), “A Road Condition Monitoring System Using Various Sensor Data in Challenged Communication Network Environment”, March 26, 2015
- [2]Noriki Uchida, Go Hirakawa, Tomoyuki Ishida, Yoshikazu Arai, Yoshitaka Shibata, IMIS2015 The Best Paper Award, “IEEE802.11 based Vehicle-to-Vehicle Delay Tolerant Networks for Road Surveillance System in Local Areas”, July 8, 2015
- [3]Masaki Otomo, Yoshitaka Shibata, The Best Paper Award, “Mobile Cloud Computing for Vehicle Servers with Delay Tolerant Network Protocol”, April 23, 2016