

自動草刈ロボット移動位置精度安定性向上のためのネットワーク仮想化による衛星測位補正データ配信システムの設計と評価

崔 林峰[†] 神武 直彦[‡] 狼 嘉彰[‡]

慶應義塾大学 システムデザイン・マネジメント研究科[†]

1. はじめに

近年では位置情報を利用したロボットのナビゲーションの研究が行われている。特に、太陽光発電所でGPSによるナビゲーションを用いている多くの自動草刈ロボットは、位置測定精度の標準偏差が1m以上なので1m範囲の狭い道路や起伏が大きい場合、障害物にぶつかりロボットと障害物を破損する可能性がある。また、天候の影響により視界が悪い状況の場合、カメラセンサーでは検知できない、レーダーセンサーの場合、草と太陽光パネルを全部障害物として識別する問題がある。それらのセンサーに頼らず、幅が50cm以上のロボット場合、1m範囲の狭い道路においてナビゲーションを行うには50cm以下の高精度位置測位が求められる。

RTK-GNSSと、WSNの信号強度(RSSI)を用いた三角測量を併用する事で荒地走行ロボットのナビゲーションを行った事例では、移動位置精度60cm以上である[引用1]。RTK-GNSSは位置を補正している基準局からの情報を利用して高精度な位置情報を得る方法で、基準局から移動局へ補正情報をリアルタイムで転送する必要がある。



図1：太陽光発電所の例

しかし、図1示す幅1m以内の狭い場所や起伏の多い場所などでは周辺の草や樹木あるいは発電設備などの障害物により測位信号や携帯電話などの電波干渉が起き、それによりロボットと基準局の通信品質が低下する事で、高精度位置測位を維持するのが難しい。

そのため、本研究では通信品質安定化するための仮想ネットワークを介して補正データの配信を行う事で、ロボットと基準局間の通信品質を改善し、測位信号や携帯電話などの電波が遮蔽される障害物が多いエリアにおいて、RTK-GNSS(補正データを基準局から求め、通信回路を使い観測する方式)の利用範囲を広げることが目的とした。

2. SDN-RTK-GNSS 測位システム設計

高精度 RTK-GNSS を利用するためには基準局が必要である。しかし、草と樹木、太陽光パネルなどの障害物によって無線通信品質が悪化し、高精度位置測位が難しいという問題がある。RTCM(SC-104)規格による補正情報の遅延は最大でもディファレンシャルで60秒程度、RTKの場合は5秒以下が求められる。そのため草刈りロボットのリアルタイム処理には5秒当たり1回の通信が必要である。図2に提案するSDN-RTK-GNSS測位システムを示す。従来、単なるインターネット経由の場合測位信号や携帯電話などの電波が遮蔽される障害物が多いエリアにおいて、RTK-GNSS使用が難しい。今回の提案システムはSDN(ソフトウェア定義ネットワーク)を利用して通信品質を安定させることで、基準局とロボット間のリアルタイム通信を安定させる。また、障害物により基準局との通信が不安定になった際には、ネットワーク仮想化が自動的に通信経路を切り替える事で、RTK-GNSSによる高精度位置測位が維持できる。



図2：提案システムの概要図

3. プロトタイプによる評価



図3：アンテナ設置



図4：小型草刈ロボット

受信器、基準局	C94-M8P, Trimble NetR9 GNSS
移動速度	秒速(1.25m/s) 時速(3.6Km/h)
SW	U-Center, RTKLIB, SDN(OpenFlow)
無線通信	IEEE 802.11n
利用衛星	GPS, QZSS, BeiDou

表1：提案システム実験の仕様表

Design and Evaluation of Distribution System of Satellite Positioning Correction Data with Virtualization Network for Stability Improvement of Position Accuracy in Automatic Mowing Robot Movement

[†]Cui LinFeng [‡]Naohiko Kohtake [‡]Yoshiaki OHKAMI

3.1 森林エリアでのリアルタイム配信測定

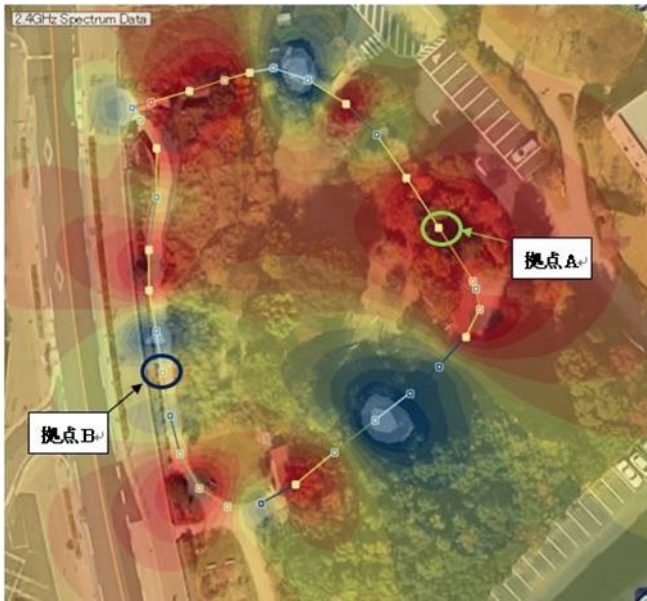


図5：ロボット移動線路周辺の2.4GHz 干渉状況

図5によると、Wi-SpyDBx を使用し通信品質を検知した結果、拠点Aのノイズ平均値は-97.7dBmで、拠点Bのノイズ平均値は-92.0dBmである。ノイズの数値は、シグナルの障害となるワイヤレスノイズの大きさを示している。この場合、数値が小さいが小さいノイズレベル-97dBmの方が-92dBmよりもノイズが少なく良好なネットワーク状態である、ということを示している。

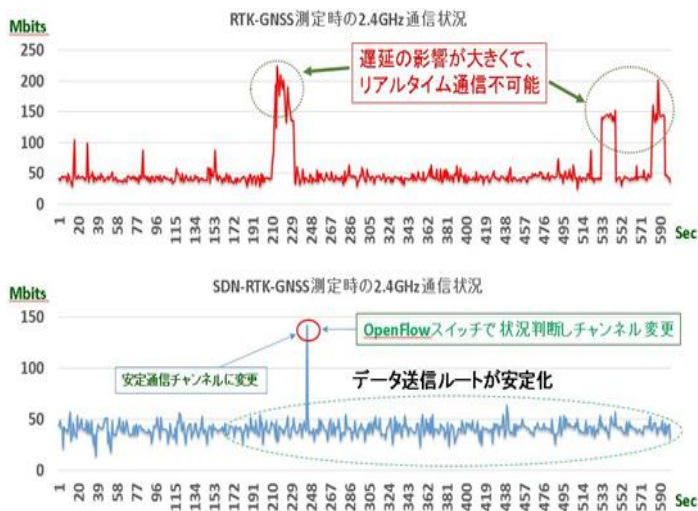


図6：2.4GHz 無線チャンネルコントロール実験

草刈りロボットは少なくとも2つのGNSS受信機を使用し、基準局とは2.4GHz無線で接続される。障害物により基準局の補正データ配信が不安定となるため測位精度が低下する例を図6に示した。SDNによるネットワーク仮想化ごとの優先制御機能を適用することにより、Active-Activeで通信チャンネル変更を可能とし、無線通信品質の向上を実現した。

3.2 測定結果とその考察



赤い線: SDN-RTK-GNSS 測位 (GPS, QZSS, BeiDou) ←ネットワーク仮想化
青い線: Network-RTK-GNSS 測位 (GPS, QZSS, BeiDou)

図7：ロボット移動位置測定試験結果

図7によると、RTK(SDNなし)は障害物による信号干渉の影響をRTKLIBでFixした結果1m-4mの誤差があるのが分かる。一方ネットワーク仮想化使ったネットワーク型RTK-GPS測位は信号干渉が起こった状況でも1cm-3cmの誤差しか発生していないSDN-RTK-GNSSを適用したロボットは基準局との無線通信が安定して、補正データを全て受信することが出来た。一方、SDNなしのRTK-GNSSは電波干渉がある場所でノイズが大きいため、ネット通信の不安定化により受信補正データが損失しているのが分かる。

4. まとめ

本論文では、周囲に電波を遮蔽する障害物がある環境における草刈ロボットのRTK-GNSSを用いた位置測位について述べた。従来、建物や樹木が存在する屋外環境において、マルチパスによる基準局の補正データ配信が不安定し、その影響によって位置測位の精度が劣化するため、経路に沿った移動ができない危険性という問題に対処するために、ネットワーク仮想化(SDN)により通信チャンネルを変更する方法を用いた衛星補正データ配信システムについて述べた。また、無線LAN(2.4GHz)を干渉環境で使用して、本仮想化技術の適用有無による通信品質を確認した。提案システムは有効に働き、信頼性の高い連続的な位置測位が可能なることを示した。本システムは草刈ロボットだけでなく、電波を遮蔽する狭い環境やまた様々な移動体へ適用可能であると考えられる。

参考文献

- [1] Reiser, D.; Paraforos, D. S.; Khan, M. T.; Griepentrog, H. W.; Vázquez Arellano, M. Autonomous field navigation, data acquisition and node location in wireless sensor networks. *Precis. Agric.* 2016, 1, 1-14.