

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：25403

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2021

課題番号：19K24352

研究課題名（和文）干渉除去技術を用いた高信頼低遅延無線ネットワーク構築に関する研究

研究課題名（英文）Research on construction of reliable low-latency wireless networks using interference cancellation

研究代表者

小林 真（Kobayashi, Makoto）

広島市立大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：00843509

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：実空間と仮想空間とを融合するための正確かつ迅速に情報をやりとりができる無線ネットワークの実現が求められている。申請者は、屋外環境において実空間と柔軟な仮想空間とを融合することで、人間にとって快適・安全な空間の実現を目指して本研究に取り組んだ。干渉除去技術を用いる事で、無線ネットワークの低遅延と高信頼性に寄与する基礎的な仕組みを構築して、性能が向上することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

既存のISMバンドを用いた無線センサネットワークによる実空間と仮想空間融合の取り組みでは、信頼性が低く遅延が大きいという問題があった。具体的には、これまでの無線ネットワークの研究では、干渉除去技術などの各種無線物理層技術が個別に単一ネットワークの大容量化のみを目指して検討されてきた。しかしながら、実際の環境では、容量の問題だけではなく、外来の干渉波による信頼性の低下や、遅延の増大が問題となる。本研究では、コストの観点から携帯電話網を用いる事ができないISMバンドを用いた無線ネットワークにおいて、高信頼・低遅延性を実現する無線ネットワークの構築の一助となる結果をえた。

研究成果の概要（英文）：There is a need for wireless networks that can exchange information accurately and quickly in order to integrate real and virtual spaces. The applicant has conducted this research with the aim of realizing a comfortable and safe space for humans by merging real space and flexible virtual space in an outdoor environment. We have developed a fundamental mechanism that contributes to low latency and high reliability of wireless networks by using interference cancellation techniques, and have shown that it improves the performance of wireless networks.

研究分野：無線ネットワーク

キーワード：無線ネットワーク 電波

### 1. 研究開始当初の背景

実空間と仮想空間とを融合するための正確かつ迅速に情報をやりとりができる無線ネットワークの実現が求められている[3]。具体的には、土砂災害の恐れがある箇所では危険を迅速・正確に察知することや、工場における制御ネットワークを実現する無線ネットワークが求められている。これまでの無線ネットワークの研究では、干渉除去技術[1]などの、各種無線物理層技術が個別に単一无線通信の大容量化のみを目指して検討されてきた。例えば干渉除去技術では、発生する干渉を予想して逆位相の波を生成する事で干渉を除去して容量の増大を実現してきた。しかしながら、実際の環境では、容量の問題だけではなく、外来の干渉波による信頼性の低下や、遅延の増大が問題となる(図1)。本研究では、コストの観点から携帯電話網を用いる事ができないISMバンドを用いた無線ネットワークにおいて、高信頼・低遅延性を実現する無線ネットワークの構築を目指す。

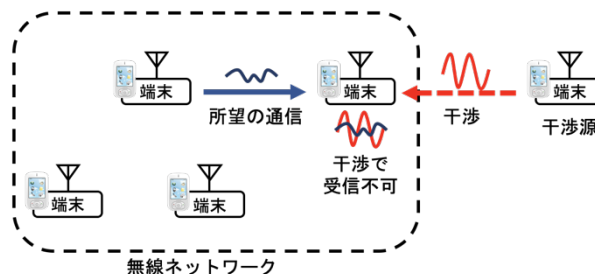


図1: 外来干渉の影響

### 2. 研究の目的

私は、実空間と柔軟な仮想空間とを融合することで、人間にとって快適・安全な空間の実現を目指している。既存のISMバンド無線ネットワークによる実空間と仮想空間融合の取り組みでは、信頼性が低く遅延が大きという問題があった。本研究では、実空間と仮想空間の密な融合に向けて、高信頼・低遅延無線ネットワークの実現を目的とする。具体的には、干渉除去技術とBackscatter技術を制御することで、高信頼・低遅延伝送を実現するための自己干渉・外来干渉除去を用いた複数端末連携型無線ネットワークを設計・構築する。

方法: 本研究では、干渉除去技術[1]とBackscatter技術[2]を用いて自己干渉除去による低遅延無線通信と、外来干渉除去による高信頼無線ネットワークを設計する。さらに複数端末を連携するスケジューリング手法を設計して、2つの手法を融合する。まず、設計した手法を確率点過程などで理論的に基礎的特性を評価する。次に、得られた基礎的特性を用いて設計手法を改善して、シミュレーションにより性能評価する。さらに、手法の性能について実機実験を行って詳細に性能評価する。最終的には、広島市内の土砂災害の恐れがある斜面の無線モニタリングネットワーク等において実証実験を行う。

[1] D. Bharadia, et al., "Full duplex radios," in Proc. ACM SIGCOMM, Hong Kong, 2013, pp. 375-386. [2] B. Kellogg, et al. "Passive Wi-Fi: Bringing Low Power to Wi-Fi Transmissions," in Proc. USENIX NSDI, 2016. [3] 岩淵匡史他"5G高信頼・低遅延通信(URLLC)の屋外実験," NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, vol. 26, no. 1, pp. 16-24, 2018.

### 3. 研究の方法

#### (1) 地中の電波伝搬特性の評価

地中に埋めた無線機から、地上の無線機に対して送信を行った際の受信電力を長期的に測定した。地中の土壌水分量を同時に測定することで、地中の土壌水分量の変化が電波伝搬に与える影響について評価した。

VHF 耐に

#### (2) 高信頼ネットワークを実現するための送信スケジューリング手法の設計

コンピュータシミュレーションを用いて、土砂災害センシングにおけるセンサ端末の送信スケジューリング手法について設計して評価した。具体的には、土砂災害の危険性が高まっている時により頻繁に情報を伝送できる手法を設計した。

#### (3) 自己干渉除去技術を用いた無線ネットワークを構築するために必要な伝送レート制御

自己干渉除去技術を用いた無線ネットワークにおける伝送レート制御手法についてコンピュータシミュレーションを用いて評価した。提案手法では、ダウンリンクがより高い伝送レートを用いる事の特徴としている。

### 4. 研究成果

(1) 電波伝搬環境に関する測定、送信を、自己干渉除去を用いた通信における伝送レート制御に関する研究を行った。電波伝搬環境測定では、地中の電波伝搬の特性について計測を行った。農業や土砂災害検知のためのセンシングのために地中との高信頼な無線ネットワークの構築するための基礎的なデータを取得する事ができた。評価の結果地中の土壌水分量が増加するに伴って、受信電力が低くなる傾向を把握した。成果の一部は論文誌に投稿して、さらに国内学

会で発表を行った。

(2) 高信頼ネットワークを実現するための送信スケジュールに関する研究では、センシングする内容に応じた適応的な送信制御を行う手法を設計した。実空間の情報を仮想空間に取り込むために重要な研究であると考えている。評価の結果、既存の手法に比べて、危険時の送信遅延を低減することを示した。本研究の一部も、論文誌に投稿して、国内学会での発表を行った。現在国際会議への採録を目指して研究を継続している。

(3) 自己干渉除去を用いた通信における伝送レート制御に関する研究では、低遅延な無線ネットワークを実現するために自己干渉除去技術を用いた無線ネットワークを構築するために必要な伝送レート制御について設計した。当該研究は、論文誌に再投稿したものの、採録には至らなかった。現在査読で指摘された内容を踏まえて、研究を推進している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 小林 真、増長 遥、新 浩一、西 正博	4. 巻 J104-B
2. 論文標題 電波環境におけるVHF帯ノイズと湿度の関係	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B 通信	6. 最初と最後の頁 471 ~ 480
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14923/transcomj.2020PEP0012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡本 真美、小林 真、新 浩一、西 正博	4. 巻 J104-B
2. 論文標題 電波減衰による土壌水分量推定を目指した地中における920MHz帯電波の伝搬特性に関する調査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B 通信	6. 最初と最後の頁 921 ~ 923
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14923/transcomj.2021APL0003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Mami Okamoto, Makoto Kobayashi, Koichi Shin, and Masahiro Nishi
2. 発表標題 A preliminary experiment on relationship between soil moisture and attenuation constant of 920 MHz band radio waves
3. 学会等名 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP'20) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tsugunosuke Horita, Makoto Kobayashi, Koichi Shin, and Masahiro Nishi
2. 発表標題 A study on indoor human moving route estimation using several receivers of 920 MHz band radio waves
3. 学会等名 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP'20) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出原 聡, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 土砂災害前兆現象検知のためのLPWAを用いたセンサシステムにおける送信スケジュール手法の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス(SeMI)研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 裕太, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 土砂災害センサネットワークのための920MHz帯伝搬特性の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平 晴太郎, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 時災害放送における電波伝搬特性の基礎的調査
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤 諒一, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 無人航空機を用いた電波での被災者検知に向けた920MHz帯電波伝搬特性に関する一調査
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井 一哉, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 VHF帯における雷発生にともなう電磁ノイズ変動の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本 真美, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 土壌水分量と920MHz帯電波の減衰定数に関する基礎実験
3. 学会等名 71回 電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 真美, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 920MHz帯電波を用いた土壌水分量の推定手法の基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 増長 遥, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 電波環境におけるVHF帯ノイズと湿度の関係の基礎調査
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀田 禎之介, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 920MHz帯無線を用いたヒト室内移動経路推定手法の基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 出原 聡, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 土砂災害前兆検知のためのLPWA送信スケジュールの基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀田 禎之介, 小林 真, 新 浩一, 西 正博
2. 発表標題 ウェアレット変換による複数の920MHz帯無線端末を用いた屋内在室不在判定手法の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会安全・安心な生活とICT( ICTSSL)研究会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------