

令和元年6月17日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01281

研究課題名（和文）多様性が求められる大規模災害時の市民への情報伝達と安否確認の一手法

研究課題名（英文）A safety confirmation system and electronic signboard under a disaster

研究代表者

武田 茂樹（takeda, shigeki）

茨城大学・理工学研究科（工学野）・教授

研究者番号：50323209

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：この研究では、近距離無線通信（NFC）およびUHFバンドの無線周波数識別（RFID）タグに基づく安否確認システムを提案している。これらのRFIDタグは内部電池を必要とせずに動作することができるので、提案された安否確認システムは、電源インフラおよび通信インフラ喪失を引き起こす大規模災害時に有効である。NFCタグとUHF帯RFIDタグ間のデータ共有の実現可能性を確認するために、NFCとUHF帯のRFIDタグ間で安否確認データを共有することを検討した。提案システムのプロトタイプを製作し、安否確認システムの実現可能性を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、NFC及びUHF帯RFIDタグを利用した大規模災害時安否確認システムについて提案している。RFIDタグは、無線によるデータ通信時に内部電源を必要としないため、大規模災害時のように、電源インフラや通信インフラを喪失した状況においてもスマートフォンやタブレット等の携帯端末を利用して、電子データ（テキスト形式）で安否情報を安否確認システムに登録することができる。提案する安否確認システムは、RFIDタグ、太陽電池、及びマイコンにより構築される安価で簡易な構成であるため、コミュニティー単位や自治会単位等の規模で、路肩等、道路に近い狭い場所にも災害時安否確認システムを設置可能である。

研究成果の概要（英文）：This research work presents the safety confirmation system based on Near Field Communication (NFC) and Ultra High Frequency (UHF) band Radio Frequency Identification (RFID) tags. Because these RFID tags can operate without the need for internal batteries, the proposed safety confirmation system is effective during large-scale disasters that cause loss of electricity and communication infrastructures. Sharing safety confirmation data between the NFC and UHF band RFID tags was studied to confirm the feasibility of the data sharing. The prototype of the proposed system was fabricated, confirming the feasibility of the proposed safety confirmation system.

研究分野：無線通信システム、アンテナシステム

キーワード：RFID NFC 安否確認 大規模災害 電子掲示板

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

本研究では、大災害時のように電源インフラや通信インフラを喪失した最悪の状況下においても、住民への情報伝達や住民の安否情報を確実に収集・確認できる、RFID (Radio Frequency IDentification) タグを利用した電子掲示板について提案する。2011年の東日本大震災以降、通信インフラの災害対応に関する研究開発が活発に行われているが、大災害時には予期せぬ事態が発生する可能性があるため、通信インフラにはより多くの多様性が求められる。

2. 研究の目的

本研究課題で提案する災害対応電子掲示板は、現在の無線技術を利用した最も災害に対してロバストなシステムである。その最大の特徴は、UHF (Ultra High Frequency) 帯 RFID タグがパッシブ型であることで、リーダー/ライターからのエネルギーにより電源が確保でき、内部電源を必要としない点である。さらに、多くの住民が有するスマートフォンに搭載される NFC (Near Field Communication) タグをユーザーインターフェースとすることについても考慮した上で、検証のためのシステムを構築する。

3. 研究の方法

本研究では、NFC 及び UHF 帯 RFID タグを利用した大規模災害時安否確認システムについて提案している。RFID タグは、無線によるデータ通信時に内部電源を必要としないため、大規模災害時のように、電源インフラや通信インフラを喪失した状況においてもスマートフォンやタブレット等の携帯端末を利用して、電子データ (テキスト形式) で安否情報を安否確認システムに登録することができる。提案する安否確認システムは、RFID タグ、太陽電池、及びマイコンによる構成される安価で簡易な構成であるため、コミュニティ単位や自治会単位の規模で、路肩等の狭い場所にも設置可能である。路肩付近に安否確認システムを設置できれば、車両やバイク等で容易、かつ迅速に住人の安否確認情報を収集できる。本研究では、電子決済等の目的で携帯端末に搭載されている NFC リーダー/ライターの機能を利用して、安否データを安否確認システムの NFC タグ内のメモリに登録する。しかし、NFC タグの通信距離は数 cm 程度と短い。これは、不特定多数の住民が、安否確認システムに他者からの干渉を気にすることなくデータを書き込む目的には非常に適している。一方、自動車やバイク等で効率的に、登録された安否確認データを収集する目的においては、この読み取り距離の短さは、データ回収の効率を低下させる。そこで本研究では、読み取り距離の長い UHF 帯 RFID タグも利用する。NFC タグや UHF 帯の RFID においては、非常に大容量のメモリと有線によるデジタルデータ用のインターフェースを持つものがある。従って、ソーラーパネルと2次電池により構成される太陽電池から得られる電源により、簡易なマイコンを利用して、NFC タグから UHF 帯 RFID タグにデータを転送することが可能である。このような仕組みを利用することで、大規模災害時の不特定多数のユーザーによるデータの書き込みと、効率的な安否確認データ回収を両立させることが可能である。安否確認システムに登録される各住民のデータは、小さなテキストデータであるため、データ転送に必要な時間は秒単位である。従って、このわずかな時間、マイコンを動作させる電源が、太陽電池から得られれば良い。

本研究では、このようなシステム構成の実現可能性を検証するため、NFC タグ、UHF 帯 RFID タグ、マイコン、太陽電池、電子ペーパーディスプレイ等、入

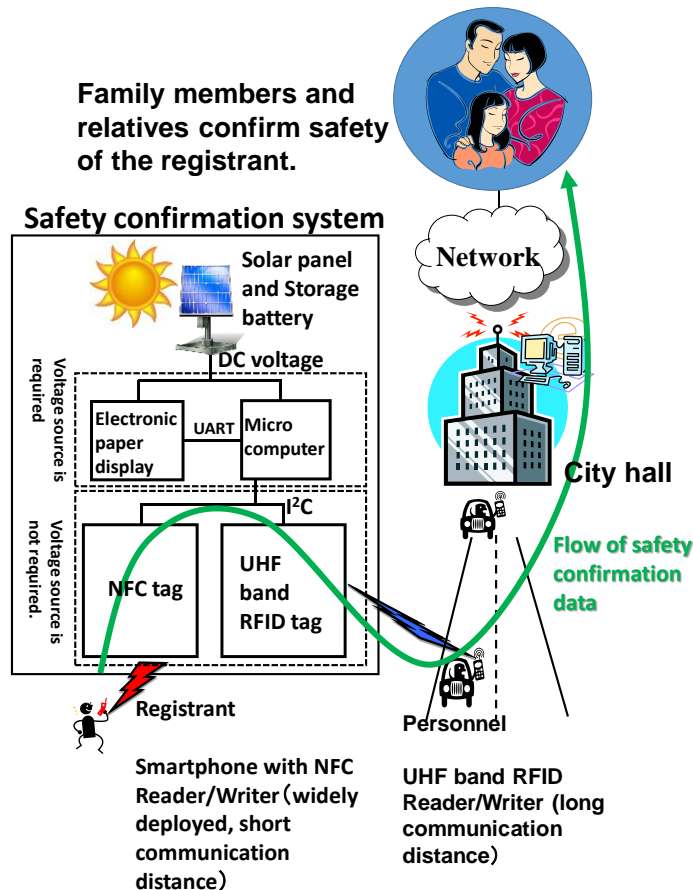


図1 災害時安否確認システム

手可能な電子部品を利用して、試作機と必要なソフトウェアを作成した。

4. 研究成果

(1) 災害時安否確認システムの意義、及び既存研究の状況

我々は、これまでに多くの大規模な地震や自然災害を経験した。これらの経験は、住民の安否を確認するために多様な方法を持つことの重要性を認識させた。大規模地震等の大規模災害発生時には、我々は電源インフラや通信インフラを喪失する可能性がある。このため、これらのインフラに頼らずに住民情報を収集し、災害情報を離れた地域に住む家族や親族に迅速に提供することが望まれる[1]。これまでに、我々は UHF 帯の RFID タグに基づく電子掲示板を提案した[2]。しかし、スマートフォンには現在、安否確認データを電子掲示板に書き込むための UHF 帯 RFID リーダライタ機能は搭載されていない。したがって、本研究では、スマートフォンで広く採用されることが予想される NFC システムを使用することにより、スマートフォンからの電子掲示板への安否確認データ書き込みを可能とする大規模災害時安否確認システムを提案する。NFC タグも UHF 帯 RFID タグと同様に内蔵電池を必要とせずデータの読み書きが可能である。

現在、NFC と UHF の両方の無線インターフェースを持つ RFID タグは、[3]により開発され、利用され始めている。この RFID タグは、NFC と UHF の RF インターフェース間でメモリを共有しているため、上記の安否確認システムに適している。しかし、この RFID タグのメモリ容量は 2080 ビットであるため、災害時安否確認データの保存する目的においてはメモリ量が大きく不足する。スマートフォンから NFC タグに書き込みソフトウェアを利用した災害時安否確認データを書き込むためには、後述するように約 256 ビットのデータが必要となる。

一方、NFC タグ IC、および UHF 帯 RFID タグ IC として、それぞれ 9K バイトおよび 8K バイトという、大規模なメモリ容量を有する半導体が提供されている[4]。さらにこれらの RFID タグ IC は、デジタルインターフェースの一つである SPI 端子を有している。これら 2 つの RFID タグを使用すると、適切な数の住民の安否確認データを登録でき、約 250 世帯の安否確認を行う

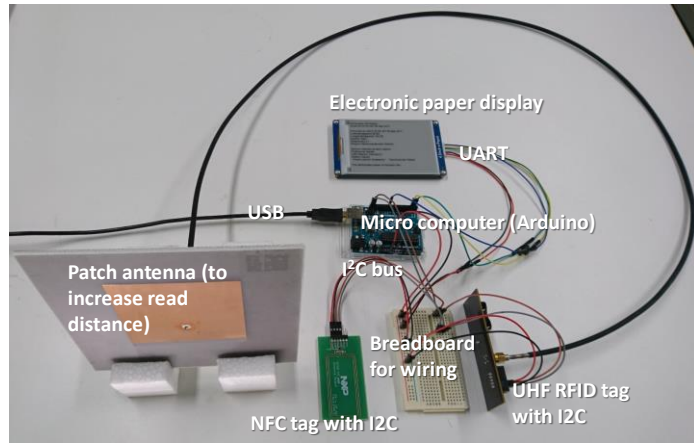


図2 試作した災害時安否確認システム

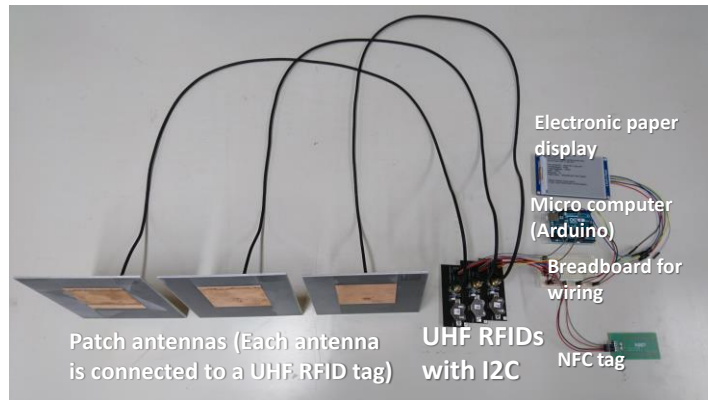


図3 試作した災害時安否確認システム (UHF帯RFIDタグを3並列で使用)

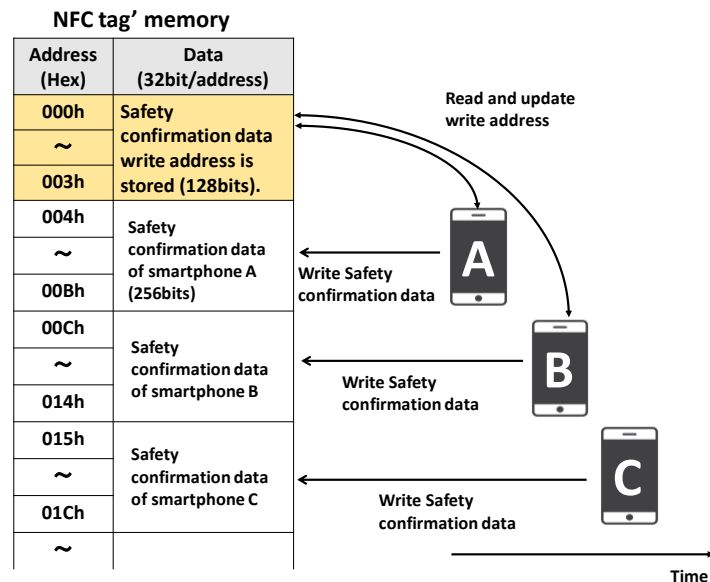


図4 NFCタグへの不特定多数のユーザーによる書き込み手順

ことができる。この世帯数は、提案された災害時安否確認システムを地域のコミュニティや自治会等の単位で実装するのに十分な性能を有している。もし、メモリ容量がさらに不足する場合は、さらなるRFID タグをデジタルインターフェースに並列接続することで、記憶容量の拡大が容易である。

この研究では、デジタルインターフェースを備えた NFC および UHF 帯の RFID タグを使用した災害時安否確認システムの実現可能性についての研究を行う。なお、検証にしようとした RFID タグは購入可能、及び電子回路制作が可能であり、またデジタルインターフェースである I2C [5][6]端子をともに有している。提案されたシステムでは、住民は、NFC タグから数 cm 以内の距離からスマートフォンを使用して安全確認データを NFC タグのメモリに書き込む。NFC タグに格納されたデータは、マイクロコンピュータによって I2C バスを介して UHF 帯 RFID タグのメモリに転送される。UHF 帯 RFID システムは読み取り距離が長いので、災害時安否確認データの回収担当者は、車から降りることなく、安否確認システムから遠く離れた位置からデータを効果的に収集できる。本研究ではこのようなシステムの実現可能性が検証されている。

- (2) NFC と UHF 帯 RFID タグを利用した災害時安否確認システムの構成

安否確認システムの基本概念を図 1 に示す。これまでに、研究代表者

らが行ってきた[2]の研究とは対照的に、NFC タグは現在多くのスマートフォンで採用されており、そのメモリの内容はマイクロコンピュータによる I2C バスへの接続を通して UHF 帯 RFID タグのメモリで共有される。I2C では、個々の I2C アドレスに基づいて複数の I2C デバイスを制御できる。マイクロコンピュータの I2C バスを使用して、NFC タグのメモリ内のデータが UHF 帯 RFID タグのメモリに転送される。電力はソーラーパネルと充電式電池によって供給され、この電力はデータが別の RFID タグに転送される時にのみ消費される。提案された方法は、登録されている安否確認データおよび登録者への指示を表示するために電子ペーパー(e ペーパー)を使用する。電子ペーパーは、新しい情報や登録者への指示が更新される場合にのみ電力を消費する。

- (3) 災害時安否確認システムの実証

図 2 は RFID タグを利用した安否確認システムのプロトタイプを示している。ここでは、UHF 帯 RFID タグとしての Impinj Monza X-8K Dura [5]、NXP NTAG I2C (NFC Forum Type 2 Tag) NFC タグ[6]、そして Waveshare 4.3-inch e-Paper[7]が採用されている。このプロトタイプでは、電圧はユニバーサルシリアルバス (USB) によって供給されている。読み取り距離を延ばす

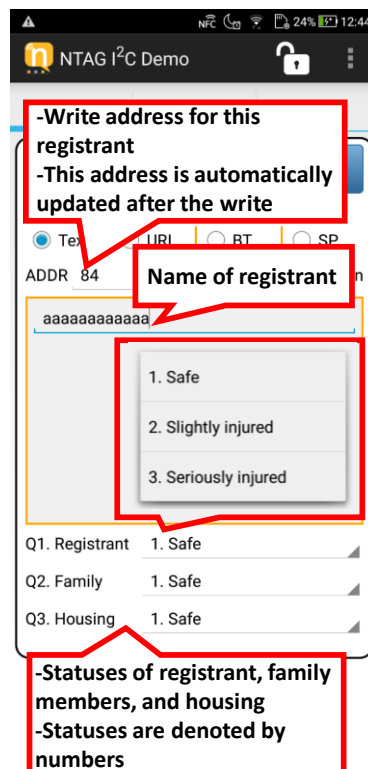


図5 スマートフィンからの災害時安否確認データの書き込みソフトウェア

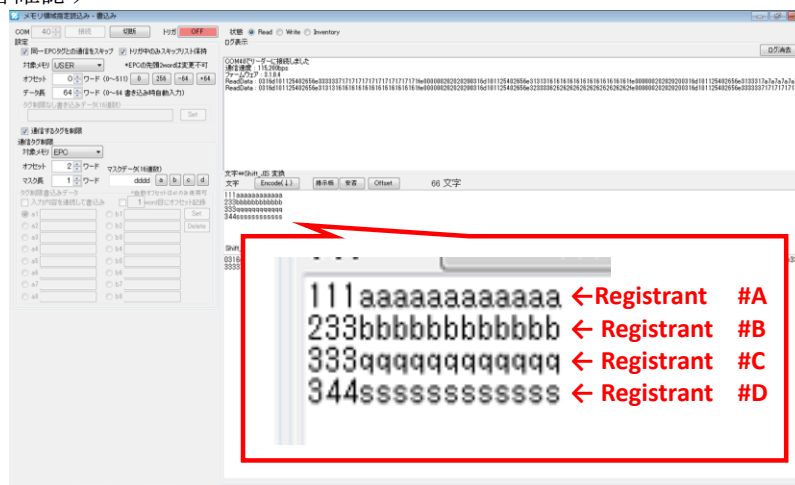


図6 UHF帯RFIDから災害時安否確認データを読み出すリーダーソフトウェア

ためにパッチアンテナが採用されており、読み取り距離は3.5 mであった。走行中の車内から災害時安否確認データ回収担当者がUHF帯のRFIDタグのデータを読み取ることをより容易にするために、読み取り距離を拡大できるバッテリーアシストパッシブ (BAP) モードの使用が有効であると考えられる。この場合、必要な電圧は太陽電池パネルによって供給されると仮定される。

UHF帯RFIDタグのメモリを拡大するために、3つのRFIDタグを並列化した場合のプロトタイプを図3に示す。

安否確認データの書き込み手順を図4に示す。不特定多数のユーザーがデータを書き込むため、上書きを回避するための手順となっている。最初の住人のスマートフォン (図4のスマートフォンA) は指定されたアドレスをまず読み取る。ここには、順次、書き込む全ユーザーの書き込みアドレスが格納されている。スマートフォンAのユーザーのデータは図4のアドレス000hから003hである。そして、図5のように、スマートフォン用のソフトウェアを用いて登録者の氏名、登録者の状態 (1. 安全、2. 軽傷、3. 重傷)、家族および住居の状態を含む安否確認データが決定される。図4に示すように、各住民の安否確認データは、事前に読み出された書き込みアドレスによって指定されたメモリ空間に書き込まれる。スマートフォン用のソフトウェアの開発には、NXPが提供するソフトウェア開発キット (SDK) を利用した。安否確認データが最初の登録者によって書き込まれた後、書き込みアドレスは最初の登録者 (図4のスマートフォンA) によって更新され、次の登録者 (図4のスマートフォンB) の書き込みアドレスとなる。ヘッダおよび終了コードを含む安否確認データ長は256ビットである。これらのコードはソフトウェアによって自動的に追加される。

NFCタグに保存された安否確認データは、Arduino Uno R3を使用したマイクロコンピュータによってUHF帯RFIDタグに転送される。この転送に必要な時間は数秒である。また転送されるデータからは、NFCタグにデータを書き込むソフトウェアで必要とされるヘッダや終端コードは、UHF帯RFIDタグにおいては不要であるため、削除されている。これにより、データ量は大幅に削減でき、UHF帯RFIDタグのメモリを有効活用できる。転送されたデータは、UHF帯RFIDリーダーによって読み取られる。図6は、SDK[8]に基づいて開発したUHF帯RFIDリーダーソフトウェアを示している。最初の4人の登録者のデータがUHF帯RFIDリーダーによって読み取られている。この結果から、ステータス番号と名前がNFCタグからUHF帯RFIDタグに転送されたことが実証された。

(4) 成果のまとめ

本研究では、NFCおよびUHF帯のRFIDタグの安否確認システムを提案、実証した。今後、広く使用されるであろうNFC搭載スマートフォンを用いて、コミュニティや自治会単位で、住民の安否確認データを書き込むことができる。RFIDタグは、内部電池を必要とせずに災害時安否確認データを保持することができる。安否確認データは、マイクロコンピュータとデジタルインタフェースバスを使用して、NFCとUHF帯のRFIDタグ間で共有される。得られた結果から、NFCタグに格納されている安否確認データがUHF帯RFIDタグに転送され、UHF帯RFIDリーダーにより抽出されたことが確認された。

なお、災害発生時には情報の改ざんなどの悪意ある行為に対する対策が必要となる。安全な読み書き操作を確実にするために、パスワード認証、暗号化技術、およびさらに高度な技術の導入が望まれる。本検討で使用されているUHF帯RFIDタグはパスワード認証とQT機能を持っている[5]。ここでQT機能は指定されたメモリ空間を隠すことができる。また本研究課題で使用されているNFCタグは、不正なデータ受信を防ぐためのパスワード確認応答機能や、パスワード認証の失敗回数を制限する機能など、不正なメモリ操作を防ぐためのパスワード保護機能を持っている[9]。これらの機能は安全なデータ交換を保証するのに効果的である。我々の開発したアプリケーションへのこれらのセキュリティ機能の実装は今後の研究課題である。

<文 献>

- [1] A. Shibayama, O. Takizawa, M. Hosokawa, T. Ichii, Y. Hisada, and M. Murakami, "A study on the information system using radio frequency identification," *Journal of social safety science*, vol. 8, pp. 135-144, Nov. 2006.
- [2] R. Miyasaka, S. Takeda, K. Kagoshima, and M. Umehira, "An electronic signboard using an UHF band RFID system for disaster management," *Trans. JSCE F3*, vol. 71, no. 2, pp. 9-17, 2016.
- [3] EM Microelectronic, "World's first fully integrated NFC/ EPC Gen2V2 dual-frequency RFID solution from EM Microelectronic," <http://www.ezwire.com/EMMicroelectronic/EM4423/EM4423.html>
- [4] Fujitsu, <http://www.fujitsu.com/jp/products/devices/semiconductor/memory/ram/lineup/#rfid>
- [5] Impinj, "Monza X-8K Dura product brief/datasheet," <https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/202756868-Monza-X-8K-Dura-Product-Brief-Datasheet>

- [6] NXP, "NTAG I²C plus Explorer Kit," <https://www.nxp.com/jp/products/identification-and-security/nfc/nfc-tags-for-electronics/ntag-ic-iplus-i-explorer-kit:OM5569-NT322E>
- [7] Waveshare, "800x600, 4.3inch e-Paper UART Module," <https://www.waveshare.com/4.3inch-e-paper.htm>
- [8] TSS, "DOTR-910J," <https://rfid.tss21.co.jp/product/dotr-900j/>
- [9] NXP, "NT3H2111¥_2211 NTAG I²C plus: NFC Forum T2T with I2C interface, password protection and energy harvesting", https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/NT3H2111¥_2211.pdf

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

S. Takeda, K. Kagoshima, and M. Umehira, "A feasibility study on the safety confirmation system using NFC and UHF band RFID tags," IEICE Transactions on Information and Systems, vol.E102-D, no.9, Sept. 2019 (採録決定) (査読有) .

〔学会発表〕 (計 4 件)

- ① **武田茂樹**, "UHF 帯 RFID に関する研究開発動向," 月刊機能材料 2019 年 5 月号.
- ② 三邊拓実, 小林有理, **武田茂樹**, 鹿子嶋憲一, 梅比良正弘, "UHF 帯 RFID と NFC タグ間のメモリ共用化に関する検討," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-15-13, Sept. 2018.
- ③ **武田茂樹**, "[チュートリアル講演] UHF 帯 RFID の特徴と最近の研究開発動向," 信学技報, SIS2017-64, pp. 41-46, March 2018.
- ④ **武田茂樹**, 小林有理, 鹿子嶋憲一, 梅比良正弘, "災害時安否確認システムのための UHF 及び 13.56MHz 帯 RFID タグの共用化に関する検討," 土木情報学シンポジウム, vol. 42, pp. 129-130, Sept. 2017.

〔その他〕

ホームページ等 <http://emwslab.dmt.ibaraki.ac.jp/lab/index.htm>

6. 研究組織

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。