

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：25403  
研究種目：基盤研究(C) (一般)  
研究期間：2013～2015  
課題番号：25330109  
研究課題名(和文) 有線・無線混在時の無線センサ網向け分散ゲートウェイと秘密分散FECによる通信方式

研究課題名(英文) A Communication Method with Secret Sharing Scheme-based FEC for Distributed Gateways Between Wired and Wireless Networks in Wireless Sensor Networks

研究代表者  
河野 英太郎 (Kohno, Eitaro)  
広島市立大学・情報科学研究科・講師

研究者番号：40285432  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：無線センサ網(WSN)は多数の無線センサ端末が受信パケットの転送機能を持つ自律分散型の無線ネットワークである。唯一のシンクを置く既存のWSNのモデルでは、パケットの集中により様々な性能が低下する。本研究では、有線上の外部ユーザのアクセスに対し、分散ゲートウェイを用い、WSNの可用性等が向上する手法を提案した。また、盗聴攻撃への対抗手法とBluetoothを用いたコミュニケーション手法も提案した。

研究成果の概要(英文)：Wireless Sensor Networks (WSNs) are a kind of networks that consist of many sensor node with the packet forwarding mechanism. The existing WSN models that has the single sink node can cause the various performance degradation. In this research, we have proposed a new communication method by using distributed gateways to improve availability of WSN for external users in wired networks. We also have proposed a new countermeasure of eavesdropping attacks and a new communication method for Bluetooth-based networks.

研究分野：情報学

キーワード：無線センサ網 複数経路 分散ゲートウェイ 秘密分散FEC

## 1. 研究開始当初の背景

ネットワーク技術の急速な普及により、様々な特性の端末(以降ノード)がネットワークに接続可能となっている。また、従来は別々の技術であった有線、無線ネットワークが混在できるようになってきた。ネットワーク内の通信に主に無線を用いる無線センサネットワークやアドホックネットワークも将来的に現在より積極的に利用されると考えられる。その通信は単体のネットワーク内だけでなく、有線ネットワークを介したノードからの頻繁なアクセスも想定される。

無線を用いるネットワークは、送受信ノード間の高い結合度を想定するデータ転送方式を用いるとスループットが低下する。また無線を用いることで通信内容の盗聴などセキュリティ問題が深刻になる。無線センサネットワークは、多くの小型の無線センサノードと計測されるデータを集約する少数のシンクから構成されるネットワークであるが、無線センサネットワークでは、計測情報を収集するシンクの周辺にデータが集中しバッテリーが他のセンサ端末より早期に枯渇する問題が指摘されている。

研究代表者は、無線センサネットワークやアドホックネットワークに適用するため、秘密分散法を応用した通信データの分散転送手法を提案してきた。

通信データの分散転送手法では、従来主流とされている共有鍵暗号化方式や公開鍵暗号化方式で必須である共有鍵や秘密鍵に頼らずに秘匿性の高い通信が可能である。

## 2. 研究の目的

シンクから構成されるネットワークである。無線センサネットワークで収集されたデータは異なるユーザから利用されることが想定される。その時、従来通りの無線センサネットワーク内にのみ限られたシンクが存在するのではなく、有線・無線が混在する他の複数のネットワークを経由することで無線センサのもつシンク周辺の端末の電力枯渇問題のみならず、無線接続の不安定性に対する耐故障性、収集データの秘匿性を確保する通信方式を提案する。さらには、送信元端末と宛先端末間に強い結合性を想定せず、通信データに秘密分散法を応用した前方誤り訂正方式(FEC)を用いることにより通信帯域の不当な低減の劇的な改善が期待できる。

## 3. 研究の方法

文献[1]、[2]で要求される複数経路は、複数のゲートウェイを経由しつつ構成される必要がある。我々は、数百以上のノードを持つ大規模なセンサネットワークにおいて、スケラビリティを有しつつ相異なるゲートウェイを経由する複数経路を生成するプロトコルを設計し、シミュレーション実験により性能を評価する。また、文献[1][2]で提案されている秘密分散法をデータの前方向誤り訂正符号とみなし送受信ノード間で交換され

る制御パケット数を低減させ、利用帯域を向上させる。

- [1] E. Kohno, et al., "Improvement of assurance including security for wireless sensor networks using dispersed data transmission," Journal of Computer and System Sciences, vol.78, no.6, pp.1703-1715, Elsevier, 2012.
- [2] E. Kohno, et al., "Improvement of dependability against node capture attacks for wireless sensor networks," IEICE Transactions on Information and Systems, vol.E94-D, no.1, pp.19-26, 2011..

## 4. 研究成果

本研究では、研究期間内に次にあげる4つの手法を提案し、シミュレーション実験や実機を用いた実験を行ってその効果を確かめた。

(1) 無線センサネットワークにおけるセキュア分散データ転送による経路構築率向上のための複数ゲートウェイの選択手法

この手法は、無線センサ網におけるセキュア分散データ転送と協調し、複数のゲートウェイを選択し、それぞれのゲートウェイに対して研究成果の項目(3)でも用いるノード重複回避メッセージ再転送法を応用して経路構築を行う手法を提案した。

提案法では従来法とほぼ同程度にデータ到達率を保ったまま、高い経路構築率を実現できることが分かった。特に、位置情報が利用できる環境下では位置情報を用いてゲートウェイを選択することで高い効果が得られることが分かった。また、無線センサネットワークの利用モデルに応じて、ゲートウェイの選択手法を切り替えることで、特性を変化させることが可能であると分かった。

(2) ブルームフィルタ(Bloom Filter)と秘密分散法を用いたセキュア分散転送による送信元ノードや中継ノードのなりすまし検知手法

この手法は、無線センサネットワークにおいて、ノードIDの偽造による送信元ノードや中継ノードへのなりすましをBloom Filterを用いた認証データによって検知する手法である。送信元ノードのなりすましを検知する手法では、送信元ノードの認証情報として、送信元ノードの隣接ノードのノードアドレスを格納したBloom Filterを用いる。また、中継ノードのなりすましを検知する手法では、中継ノードの経路表を格納したBloom Filterを認証情報とすることで、パケットが正しい経路を経由したかどうかを判断する。実験結果や提案法の特徴から、提案法の可能性について考察した。

(3) 秘密分散法を用いた，転送データ窃取や盗聴攻撃への対抗手法

無線センサ網などの無線マルチホップ通信における，攻撃者の動作に基づく分類として，受動型と能動型が挙げられる．能動的な攻撃では，悪意のあるデータや改竄されたデータがネットワーク中に放出される．一方，受動的な攻撃では攻撃者はネットワークに対し何のデータも流さず，ネットワーク内のデータなどを取得するだけである．一般に，能動的な攻撃に対して受動型の攻撃は検出が難しいため，能動的な攻撃に比べ対抗手段を講じることが困難となる．

ノードキャプチャ攻撃と盗聴は，ノードやネットワーク内の情報を取得する受動型の攻撃である．

提案手法では，データの盗聴に対して，従来手法のノード素経路を構築するために用いていた制御メッセージを，構築した経路に流れるデータの無線通信範囲を通知するためのメッセージとして再定義したうえ，経路を一本ずつ構築し，二本目以降の経路が他の経路を迂回することで異なる経路の電波の重なりを削減可能な手法である．実験の結果，提案法がノードキャプチャ攻撃によるデータの窃取を抑えつつデータ到達率を向上させていることを確認した．また，データ到達率を保ちつつデータ盗聴率を削減していることを確認した．

(4) Bluetooth を用いた無線マルチホップネットワークの構成とノードの低速移動を活用できる高速データ転送手法

本提案では，無線マルチホップ通信を行うネットワークを，Bluetooth を用いて構築する手法を提案した．このネットワークを Bluetooth MANET と呼ぶ．提案手法ではデータ転送に用いる Bluetooth MANET において，端末消費電力とデータ転送に関する次の2つの課題を解決する手法を取り入れている．1つめは，移動可能な電池駆動の無線端末のために，端末電池消費を最小限に抑えて Bluetooth MANET を構築し，ネットワーク寿命を延長させる手法である．2つめは，ネットワーク内での高速な情報配信を行うためのデータ転送手法である．提案手法では，データ転送速度の高速化手法として(1)無線マルチホップ転送とDTNの蓄積転送を自律的に切り替えるデータ転送方式と，低消費電力化手法として(2)Bluetooth 4.0 から追加された Bluetooth Low Energy と従来の Classic Bluetooth を並行に用い MANET 構築する技術を提案した．

5．主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計 15 件)

Tetsuya Murakami, Eitaro Kohno, Yoshiaki Kakuda, "Radio overlapping reduced multipath routing method by utilizing control packet overhearing to counter eavesdropping on data packets for ad hoc networks," Proc. The Third International Symposium on Computing and Networking (CANDAR2015), 査読有, pp.167-173, Sapporo, Japan, Dec. 2015, doi:10.1109/CANDAR.2015.56.

Yuya Minami, Yuya Kitaura, Yuri Tsutsui, Eitaro Kohno, Shinji Inoue, Tomoyuki Ohta, and Yoshiaki Kakuda, "Implementation and evaluation of dual-purpose normal and disaster situations system based on delay and disruption tolerant Bluetooth MANETs," International Journal of Communications, Network and System Sciences, 査読有, vol.8, no.9, pp.342-357, September 2015. doi: 10.4236/ijcns.2015.89033

Eitaro Kohno, Mario Takeuchi, Anri Kimura and Yoshiaki Kakuda, "On applicability of the assurance-oriented route-split routing method for MANETs with varying node density," Journal of Machine to Machine Communications, 査読有, vol. 1, no.3, pp.273-298, September 2015. doi: 10.13052/jmcmc2246-137X.135 (June 15,2015)

Tetsuya Murakami, Toshimasa Kimura, Takahide Uemori, Eitaro Kohno, Yoshiaki Kakuda, "On notification message re-broadcasting for the node-disjoint multipath routing method in ad hoc networks to counter eavesdropping of data packets," Proc. 2015 IEEE 35th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW 2015), The Fourteenth International Workshop on Assurance in Distributed Systems and Networks (ADSN2015), 査読有, pp.11-16, Columbus, Ohio USA, June 2015. doi:10.1109/ICDCSW.2015.14.

Hiroaki Yagi, Eitaro Kohno, Yoshiaki Kakuda, "On the applicability of the tree-based group ID reassignment routing method for MANETs," Proc. 2014 IEEE 11th Intl Conf on Ubiquitous Intelligence & Computing and 2014 IEEE 11th Intl Conf on Autonomic & Trusted Computing and 2014 IEEE 14th Intl Conf on Scalable Computing and Communications and Its Associated Workshops, 査読有, pp.609-614, Denpasar, Bali, Indonesia, December 2014. DOI 10.1109/UIC-ATC-ScalCom.2014.33.

Tetsuya Murakami, Eitaro Kohno, and

Yoshiaki Kakuda, "An adaptivity-enhanced multipath routing method for secure dispersed data transfer method in ad hoc networks with varying node density," Proc. 2014 IEEE 11th Intl Conf on Ubiquitous Intelligence & Computing and 2014 IEEE 11th Intl Conf on Autonomic & Trusted Computing and 2014 IEEE 14th Intl Conf on Scalable Computing and Communications and Its Associated Workshops, 査読有, pp. 621-626, 2012. doi: 10.1109/UIC-ATC.2012.85

Tetsuya Murakami, Eitaro Kohno, and Yoshiaki Kakuda, "An adaptivity-enhanced multipath routing method for secure dispersed data transfer method in ad hoc networks with varying node density," Proc. 2014 IEEE 11th Intl Conf on Ubiquitous Intelligence & Computing and 2014 IEEE 11th Intl Conf on Autonomic & Trusted Computing and 2014 IEEE 14th Intl Conf on Scalable Computing and Communications and Its Associated Workshops, 査読有, pp.502-509, Denpasar, Bali, Indonesia, December 2014. DOI 10.1109/UIC-ATC-ScalCom.2014.16.

Yuya Minami, Yuya Kitaura, Eitaro Kohno, Shinji Inoue, Tomoyuki Ohta, Yoshiaki Kakuda, "Delay- and disruption-tolerant bluetooth MANET-based dual-purpose systems for normal and disaster situations," Proc. 2014 IEEE 11th Intl Conf on Ubiquitous Intelligence & Computing and 2014 IEEE 11th Intl Conf on Autonomic & Trusted Computing and 2014 IEEE 14th Intl Conf on Scalable Computing and Communications and Its Associated Workshops, 査読有, pp.615-619, Denpasar, Bali, Indonesia, December 2014. DOI 10.1109/UIC-ATC-ScalCom.2014.34.

Eitaro Kohno, Anri Kimura, and Yoshiaki Kakuda, "On parameters for the secure dispersed data transfer scheme using a multipath routing method," Proc. 34th International Conference on Distributed Computing Systems Workshop (ICDCSW 2014), The Thirteenth International Workshop on Assurance in Distributed Systems and Networks (ADSN2014), 査読有, pp.140-145, June 2014. doi:10.1109/ICDCSW.2014.15.

Yuya Kitaura, Yuya Minami, Eitaro Kohno and Yoshiaki Kakuda, "A self-organized approach for the communication method to adapt connectivity of terminals in Bluetooth MANETs," Proc. 17th IEEE Symposium on Object/Component/Service-oriented Real-time Distributed

Computing(ISORC2014), 5th IEEE Workshop on Self-Organized Real-Time Systems (SORT2014), 査読有, pp.342-347, Reno, NV, USA, June 2014. DOI 10.1109/ISORC.2014.20.

Hiroaki Yagi, Eitaro Kohno and Yoshiaki Kakuda, "Tree structured group ID-based routing method for mobile ad hoc networks," Proc. NexComm 2014, The Thirteenth International Conference on Networks (ICN 2014), 査読有, pp.33-37, Nice, France, February 2014.

Takahide Uemori, Eitaro Kohno and Yoshiaki Kakuda, "Experimental evaluation of the effects with backtrack search and notification messages in the node-disjoint multipath scheme for secure dispersed data transfer method," Proc. Seventh International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2014), 査読有, pp.89-90, Singapore, January 2014.

Eitaro Kohno, Mario Takeuchi, Anri Kimura and Yoshiaki Kakuda, "An assurance oriented route-split routing for MANET with non-uniform node density," Proc. 8th International Conference on Broadband Communications and Biomedical Applications (IB2COM2013), 査読有, pp.66-71, Guilin, China, Dec. 2013.

Takahide Uemori, Eitaro Kohno and Yoshiaki Kakuda, "A node-disjoint multipath scheme for secure dispersed data transfer in ad hoc networks," Proc. First International Symposium on Computing and Networking (CANDAR'13), 6th International Workshop on Autonomous Self-Organizing Networks (ASON'13), 査読有, pp.441-447, Ehime, Japan, Dec. 2013. DOI 10.1109/CANDAR.2013.78

Noriaki Tanabe, Eitaro Kohno, and Yoshiaki Kakuda, "A path authenticating method using bloom filters against impersonation attacks on relaying nodes for wireless sensor networks," Proc. 33rd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW2013), the Twelfth International Workshop on Assurance in Distributed Systems and Networks (ADSN2013), 査読有, pp.357-361, Philadelphia, PA, USA, July 2013.

〔学会発表〕(計 22 件)

谷 隆磨, 河野英太郎, 角田良明, "無線センサネットワークにおけるセキュア分散データ転送による複数ゲートウェイの活用に関する実験的考察," 2016年電子情報通信学会 総合大会, 九州

大学 伊都キャンパス (福岡県), BS-2-8, pp.-, Mar. 2016. (2016年3月17日).  
梶川伸廣, 河野英太郎, 角田良明, "Android 端末による Bluetooth Low Energy を用いた MANET 構築におけるデータ分割転送技術の実装と評価," 2016年電子情報通信学会 総合大会, 九州大学 伊都キャンパス (福岡県), BS-2-7, pp.-, Mar. 2016. (2016年3月17日).  
南 雄也, 梶川伸廣, 河野英太郎, 角田良明, "遅延・切断耐性 Bluetooth MANET における高可用性を持つコネクション確立手法," 電子情報通信学会 ICM 研究会, 沖縄県青年会館 (沖縄県那覇市), 信学技報, vol. 115, no. 507, ICM2015-54, pp. 67-71, Mar. 2016. (2016年3月10-11日).  
村上龍馬, 河野英太郎, 角田良明, Björn Scheuermann, "群衆による端末密集ネットワークにおける Bluetooth MANET のパフォーマンスの実験的評価," 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会, 宮崎シーガイア (宮崎県宮崎市), 信学技報, vol. 115, no. 483, NS2015-233, pp. 375-380, Mar. 2016. (2016年3月3-4日).  
南 雄也, 梶川伸廣, 河野英太郎, 井上伸二, 大田知行, 角田良明, "[技術展示]遅延・切断耐性 Bluetooth MANET の省電力化を目指したネットワーク構築手法," 電子情報通信学会 知的環境とセンサネットワーク研究会, 箱根湯本温泉の旅館 ホテルおかだ (神奈川県足柄下郡箱根町), 信学技報, vol. 115, no. 437, ASN2015-79, pp. 7-8, Jan. 2016. (2016年1月28-29日).  
南 雄也, 北浦優也, 梶川伸廣, 河野英太郎, 角田良明, "遅延・切断耐性 Bluetooth MANET における端末間接続状態に適応したデータ転送手法の設計と評価," 電子情報通信学会 2015年第1回アシユアランスシステム研究会, 電気通信大学 (東京都), pp.21-28, Sept. 2015. (2015年9月7日).  
河野英太郎, 谷 隆磨, 角田良明, "複数ゲートウェイをもつ無線センサネットワーク利用モデルの提案," 電子情報通信学会 第7回ネットワークソフトウェア研究会, 旭川市ときわ市民ホール (北海道旭川市), pp.31-32, June 2015. (2015年6月5日).  
村上哲哉, 河野英太郎, 角田良明, "ノード密度が変化するアドホックネットワークへの適用性を考慮したセキュア分散データ転送のための複数経路制御手法," 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会, 沖縄コンベンションセンタ (沖縄県宜野湾市), 信学技報, vol. 114, no. 477, NS2014-177, pp. 7-12, Mar. 2015. (2015年3月2日~3

日).  
北浦優也, 南 雄也, 筒井悠吏, 河野英太郎, 大田知行, 井上伸二, 角田良明, "[技術展示]遅延・切断耐性 Bluetooth MANET のための端末同士の接続状態に適応する転送方式," 知的環境とセンサネットワーク研究会, 南紀白浜温泉 むさし (和歌山県西牟婁郡), 信学技報, vol. 114, no. 418, ASN2014-130, pp. 119-124, Jan. 2015. (2015年1月26-27日).  
村上龍馬, 河野英太郎, 角田良明, "Bluetooth MANET におけるペアリング動作によるグループ構成に関する実験的評価," 電子情報通信学会 アシユアランスシステム研究会, 岡山大学 津山キャンパス (岡山県岡山市), pp.35-40, Nov. 2014. (2014年11月25日).  
村上龍馬, 藤井直也, 河野英太郎, 角田良明, "Bluetooth MANET における端末グループの形成に関する実験的評価," 第16回 IEEE 広島支部学生シンポジウム, 広島市立大学 (広島県広島市), B-32, 4pages, Nov. 2014. (2014年11月15,16日).  
北浦優也, 河野英太郎, 角田良明, "Android 端末を用いた遅延・切断耐性を有する Bluetooth MANET システムの実証実験," 第16回 IEEE 広島支部学生シンポジウム, 広島市立大学 (広島県広島市), pp.-, Nov. 2014. (2014年11月15,16日).  
村上哲哉, 河野英太郎, 角田良明, "[ポスター講演]セキュア分散データ転送を想定したノード密度が異なるアドホックネットワークへの適応性を向上する複数経路制御手法," 電子情報通信学会 知的環境とセンサネットワーク研究会, 東京大学駒場IIキャンパスAn棟2階 コンベンションホール (東京都目黒区), 電子情報通信学会技術報告, vol. IEICE-114, no.65, ASN2014-27, pp.91-96, May. 2014. (2014年5月29,30日).  
Tetsuya Murakami, Eitaro Kohno, and Yoshiaki Kakuda, "Design and evaluation of the enhanced multipath routing method to adapt varied node density for secure dispersed data transfer in ad hoc networks," 電子情報通信学会 2014年総合大会, (新潟県新潟市) BS-1-21, pp.S-40-S-41, Mar. 2014. (2014年3月18-21日).  
村上哲哉, 河野英太郎, 角田良明, "ノード密度の異なるアドホックネットワークに対する適応性の向上を目指すセキュア分散データ転送のための複数経路制御手法," 電子情報通信学会 アシユアランスシステム研究会, pp.23-28,

Dec. 2013. (2013年12月24日)  
北浦優也, 河野英太郎, 角田良明, “ 端末相互の接続状態に適応する Bluetooth MANET 向け通信方式の設計と実験的評価,” 電子情報通信学会 アシユアランスシステム研究会, pp.29-34, Dec. 2013. (2013年12月24日)

村上哲哉, 河野英太郎, 角田良明, “ 静的なアドホックネットワークにおけるノード密度の変化への追従を目指すセキュア分散データ転送のための複数経路制御方式,” 第15回 IEEE 広島支部学生シンポジウム, 鳥取大学 (鳥取県鳥取市), pp.174-177, Nov. 2013. (2013年11月16, 17日).

北浦優也, 河野英太郎, 角田良明, “ Android 端末を用いた遅延・切断耐性を有する Bluetooth MANET システムの実証実験,” 第15回 IEEE 広島支部学生シンポジウム, 鳥取大学 (鳥取県鳥取市), pp.203-206, Nov. 2013. (2013年11月16, 17日).

田辺法輝, 河野英太郎, 角田良明, “ ワイヤレスセンサネットワークにおける BloomFilter を用いた経路認証と偽陽性の影響について,” 電子情報通信学会 ディペンダブルコンピューティング研究会, 電子情報通信学会 技術研究報告 DC2013-23, pp.13-18, 機械振興会館 (東京都港区), Oct. 2012. (2013年10月24日).

上森孝英, 河野英太郎, 角田良明, “ アドホックネットワークにおけるセキュア分散転送を想定したノード素な複数経路構築手法の評価,” 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会, 北海道大学(北海道札幌市北区), NS2013-96, pp.37-42, Oct. 2013. (2013年10月17-18日).

21 田辺法輝, 河野英太郎, 角田良明, “ 無線センサネットワークにおける Bloom Filter を用いた経路認証に関する実験的評価,” 電子情報通信学会 2013年ソサイエティ大会, 福岡工業大学 (福岡県福岡市), BS-4-8, pp.S-11-S-12, Sept. 2013. (2012年9月17-20日).

22 上森孝英, 河野英太郎, 角田良明, “ 重複回避メッセージを用いたアドホックネットワークのためのノード素な複数経路構築手法の実験的評価,” 電子情報通信学会 2013年第1回アシユアランスシステム研究会, 首都大学東京 秋葉原サテライトキャンパス (東京都千代田区), pp.15-21, May 2013. (2013年5月17日).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 2 件)

名称: 情報処理装置および情報処理方法  
発明者: 南 雄也, 梶川伸廣, 河野英太郎, 角田良明

権利者: 広島市立大学

種類: 特許

番号: 特願 2016-038570

出願年月日: 平成 28 年 3 月 1 日

国内外の別: 国内

名称: モバイルアドホックネットワークアーキテクチャー及びモバイルアドホックネットワークアーキテクチャーの通信方法

発明者: 北浦優也, 河野英太郎, 角田良明

権利者: 広島市立大学

種類: 特許

番号: 特願 2013-260280

出願年月日: 平成 25 年 12 月 17 日

国内外の別: 国内

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河野英太郎 (KOHNO EITARO)

広島市立大学・大学院情報科学研究科・講師

研究者番号: 40285432

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

角田良明 (KAKUDA YOSHIAKI)

広島市立大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号: 40233671

大田知行 (OHTA TOMOYUKI)

広島市立大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号: 90347617

井上伸二 (INOUE SHINJI)

広島市立大学・大学院情報科学研究科・助教

研究者番号: 50264932