

Title	嗜好解析に基づくトラフィック予測及び統合環境認知によるユーザセントリック無線通信
Sub Title	User centric wireless communications by traffic prediction based on preference analysis and integrated environment recognition
Author	大槻, 知明(Otsuki, Tomoaki) 藤井, 威生( Fujii, Takeo)
Publisher	
Publication year	2018
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2017. )
JaLC DOI	
Abstract	<p>本研究では、ユーザ嗜好及び行動解析及び空間や時間の様々な粒度におけるデータベースに基づくトラフィック予測と、無線・有線・サーバー等の統合的な環境認知推定に基づき通信リソースを統合的に割り当てることで、高いユーザ体感品質(QoE : Quality of Experience)及び物理層レベルで安全性を提供可能なユーザセントリック無線通信について研究した。そして、その有効性を理論解析・シミュレーション、及び電波伝搬に基づく実験で実証した。</p> <p>In this research we proposed a user centric wireless communication systems that can provide high QoE (Quality of Experience) and high-level of physical layer security for user. Our proposed method is based on analysis of user preference and behavior analysis, and database based traffic prediction for various granularities of space and time. We validated the effectiveness of our algorithm by theoretical analysis, computer simulation, and experiments based on radio wave propagation.</p>
Notes	研究種目：基盤研究(B)(一般) 研究期間：2015～2017 課題番号：15H04010 研究分野：情報通信工学
Genre	Research Paper
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_15H04010seika">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_15H04010seika</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

平成 30 年 5 月 30 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04010

研究課題名(和文) 嗜好解析に基づくトラフィック予測及び統合環境認知によるユーザセントリック無線通信

研究課題名(英文) User Centric Wireless Communications by Traffic Prediction based on Preference Analysis and Integrated Environment Recognition

研究代表者

大槻 知明(OTSUKI, TOMOAKI)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授

研究者番号：10277288

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ユーザ嗜好及び行動解析及び空間や時間の様々な粒度におけるデータベースに基づくトラフィック予測と、無線・有線・サーバー等の統合的な環境認知推定に基づき通信リソースを統合的に割り当てることで、高いユーザ体感品質(QoE: Quality of Experience)及び物理層レベルで安全性を提供可能なユーザセントリック無線通信について研究した。そして、その有効性を理論解析・シミュレーション、及び電波伝搬に基づく実験で実証した。

研究成果の概要(英文)：In this research we proposed a user centric wireless communication systems that can provide high QoE (Quality of Experience) and high-level of physical layer security for user. Our proposed method is based on analysis of user preference and behavior analysis, and database based traffic prediction for various granularities of space and time. We validated the effectiveness of our algorithm by theoretical analysis, computer simulation, and experiments based on radio wave propagation.

研究分野：情報通信工学

キーワード：ユーザ嗜好 データベース 物理層セキュリティ QoE リソース割当

## 1. 研究開始当初の背景

スマートフォンの急速な普及に伴い、様々なコンテンツをモバイル環境で利用するユーザが急増している。これに伴い、我が国のモバイルトラフィック量は、年率2倍以上で急増しており、将来的な周波数資源の不足が懸念されている。

モバイル環境で、高い QoE (Quality of Experience) を提供するためには、周波数利用効率の改善や適切な通信リソース割り当てが必要である。

周波数利用効率の改善法として、非常に多くの送受信アンテナを用いる大規模 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) や超多値変調技術などが、国内外で検討されている。しかし、これらの技術を用いた周波数利用効率の改善だけでは、モバイルトラフィックの急増に追いつかないと予想されている。また、大電力の基地局がカバーするセル内に、複数の小電力基地局を設置することで空間的な周波数利用効率を改善する手法があり、将来のセルラ通信では必須の技術と言われている。しかし、そのような環境では基地局間の距離が短くなり干渉が大きくなるため、より適切な基地局の設置・通信リソース割り当てが必要である。さらに、ユーザの QoE の適切な定義・評価方法も研究段階である。

## 2. 研究の目的

本研究では、ユーザ嗜好及び行動解析及び空間や時間の様々な粒度におけるデータベースに基づくトラフィック予測と、無線・有線・サーバー等の統合的な環境認知推定に基づき通信リソースを統合的に割り当てることで、高いユーザ体感品質 (QoE: Quality of Experience) 及び物理層レベルで安全性を提供可能なユーザセントリック無線通信を実現することを目的とする。そして、その有効性を理論解析・シミュレーション、及び電波伝搬に基づく実験で実証することを目的とする。

## 3. 研究の方法

申請者らのこれまでの研究を発展させ、ユーザ嗜好及び行動解析に基づくトラフィック予測及び統合環境認知に基づくユーザセントリック無線通信の実現及び新たなトラフィックエンジニアリングの構築を目指し、以下の課題に取り組む。

課題1: ユーザ嗜好及び行動解析に基づくトラフィック予測の研究

課題2: 学習アルゴリズム及びデータベース連携環境認知技術の研究

課題3: ユーザ嗜好及び行動解析に基づくト

ラフィック予測及び統合環境認知に基づくユーザセントリック無線通信の研究

課題1では、ユーザのコンテンツ要求や SNS での書き込み等を解析によりユーザの嗜好・行動を把握し、それに基づきトラフィック予測精度を上げることを目指す。そして、実施内容を「副課題 1-1: ユーザ嗜好及び行動解析の研究」及び「副課題 1-2: ユーザ嗜好及び行動解析に基づくトラフィック予測の研究」の2段階に分類し、以下のように検討を進める。

### 課題 1-1 ユーザ嗜好及び行動解析の研究

ユーザのコンテンツ要求や SNS での書き込み等を解析し、ユーザの行動・嗜好を把握する。まずは、Twitter のつぶやきから、トピックに対するユーザの嗜好を高精度に抽出する。また、ユーザの嗜好・行動の識別精度を上げるために、他の SNS やブログ等への書き込みも利用する。本検討は、実際のオンラインデータに対して、機械学習を用いて行う。

### 課題 1-2 ユーザ嗜好及び行動解析に基づくトラフィック予測の研究

課題 1-1 で得られるユーザの行動・嗜好に関する情報と、実際の通信要求をデータベースに保存する。そしてそれに基づき、日常や種々のイベント発生時の通信要求を予測する。予測精度を評価し、それを用いてデータベースの更新・予測精度の改善を行う。

### 課題 2: 学習アルゴリズム及びデータベース連携環境認知技術の研究

課題2では、データベースと連携した学習アルゴリズムに基づき、周波数の使用状況や伝搬状況などの無線環境を認知し、トラフィック予測と環境認知に基づき通信リソースを統合的に割り当てることを目指す。そして、実施内容を「副課題 2-1: 学習アルゴリズムを用いた環境認知技術の検討」及び「副課題 2-2: 学習アルゴリズム及びデータベース連携環境認知技術の研究」の2段階に分類し、以下のように検討を進める。

### 課題 2-1: 学習アルゴリズムを用いた環境認知技術の検討

学習アルゴリズムを用いた環境認知技術について検討する。特に、環境認知の要素技術となる、センシング及び環境変化検出について検討する。無線環境の認知のため、スペクトラムセンシングを用いて観測した情報を統計化し、データベースへ蓄積する技術について検討する。特に限られた観測データから信頼性の高いデータベースを構築するため、データベースに保存する統計化情報を学習

アルゴリズムに基づき更新する手法を検討する。

#### 課題 2-2：学習アルゴリズム及びデータベース連携環境認知技術の研究

研究分担者が、コグニティブ無線の周波数共用技術として提案している階層型データベースを発展させ、課題 1 で検討するトラヒック予測を、分単位から日単位及び極小セルからマクロセルまでの様々な時間・空間粒度のレベルで変動するトラヒック予測に適したものとする。加えて瞬時的なセンシング結果と統計的に記録されているデータベース情報を参照し、より高精度に環境を認知する。ここでは、課題 2-1 で検討した無線環境のみでなく、上位レイヤの情報としてパケット量、使用中のアプリケーションの種類なども解析活用対象とする。

#### 課題 3：ユーザ嗜好及び行動解析に基づくトラヒック予測及び統合環境認知に基づくユーザセントリック無線通信の研究

課題 3 では、課題 1 及び 2 の成果に基づき、ユーザ嗜好及び行動解析に基づくトラヒック予測及び統合環境認知に基づくユーザセントリック無線通信について検討する。そして、実施内容を無線通信に適した QoE 評価法の研究に基づき検討を進める。トラヒック予測及び通信リソース割り当てに用いるよう、単にスループットだけでなく、ユーザの QoE を SNS などから抽出し、それも考慮した QoE 評価法について検討する。

#### 4. 研究成果

まず嗜好解析に用いるツールの一つ及び準備として、Twitter を対象として、皮肉から真の意味を推定するパターンベースのアルゴリズムを開発した。そして、開発したアルゴリズムを、実際の tweet を対象にした実験を行い、その有効性を確認した。また、Twitter などを対象として、マルチクラスの感情を高い精度で抽出するアルゴリズムを開発した。さらに、解析ツールとして、機械学習に基づく方法と深層学習に基づく方法の両方の方法について開発・検討した。

周波数共用のためのスペクトラム環境を把握する手法の一つとして、観測に基づくスペクトラムデータベースについて検討したデータベースでは、通信端末から受信電力情報の観測結果を集め、平均受信電力などの統計値を計算して空間をメッシュ化されたポイント毎に保存する。メッシュサイズは小さく設定することで、スペクトラム情報の局在性を正確に把握することが可能となり精度が向上する。一方、メッシュサイズを小さくすると、ストレージ容量が急激に増加してしま

う。そこで、本研究ではスペクトラムデータベースのデータ精度を大きく犠牲にすることなく、ストレージ容量を低減させる手法として、k-means 法および GMM(Gaussian Mixture Model)法に基づくメッシュのクラス化を検討した。結果として、メッシュ数よりクラスタ数が少なくなることで、データベースに保存する総データサイズを同じ面積で比較して圧縮することが可能となる。本提案の有効性を確認するため、東京都お台場地区で観測した路車間通信向け信号を車載器で観測した位置毎の受信電力データを用いて、シミュレーションにより有効性を評価した。通信パラメータは 760MHz 帯を用いて、OFDM の 10MHz の信号を用いた。本提案手法は、クラスタサイズを 500 個程度準備することで、1m メッシュよりも 10%少ないストレージ容量が達成でき、かつ平均二乗誤差(RMSE: Root Mean Square Error)値は 1m メッシュの特性とほぼ同等の特性を得られることを確認した。これにより、クラスタ化が無線通信状態のデータベース化の容量低減に寄与することがわかり、将来の無線環境認識の手法として無線環境のデータベース化が有効な手段となりうることを示した。

無線ネットワーク内のなりすましによる情報漏洩対策として、なりすましの可能性のある中継局を想定した、情報漏洩を抑制する無線通信方式を確立する。その結果、安全性の向上と無線ネットワークへの加入手続きを簡易化する利便性の向上を両立する。

中継局への情報漏洩を抑制する無線通信方式の確立と中継局による無線制御の乗っ取りを前提とした制御法の確立した。

高効率な情報交換技術として、人工雑音とマルチアンテナシステムによるヌルステアリングに注目した。人工雑音の放射は受信品質を低く落とすことができ、盗聴者による復調が困難になるが、正規通信局の復調も困難になる。そこで、中継局におけるマルチアンテナシステムにおけるヌル形成法を適用した。提案法では、通信路状態情報(CSI)の対称性を利用することで、複数地点にヌルを鏡像的に生成できる。この特徴を人工雑音の除去に利用することで、正規通信局に限定して受信品質の向上を可能にした。計算機シミュレーションの結果、従来法と比較して、安全に伝送できる情報容量の拡大を可能にした。

次に、CSI の偽装による無線制御技術の乗っ取り対策を検討した。CSI は、電力及び変復調方式の決定するための環境認識情報であり、中継局から通知される。よって、中継局は真の CSI から異なる CSI を通知する偽装により、無線制御をかく乱し、情報を搾取する可能性がある。そこで、中継局の情報漏洩量を最大化する最適化問題を確立し、CSI の偽装方法を明らかにした。そして、中継局の

CSI 偽装法と正規通信局による対策法が相互に自律的で各目的量を最大化するゲームとしてモデル化できることに注目し、ナッシュ均衡点に基づく、自律制御安定状態での安全性を明らかにした。

#### 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 13 件)

H. Watanabe, B. Mondher, and T. Ohtsuki, "Hate Speech on Twitter: A Pragmatic Approach to Collect Hateful and Offensive Expressions and Perform Hate Speech Detection," IEEE Access, pp. 13825-13835, Vol. 6, Issue 1, Dec. 2018 (査読有)

Rei Hasegawa, Keita Katagiri, Koya Sato, and Takeo Fujii, "Low storage, but highly accurate measurement-based spectrum database via mesh clustering," IEICE Trans. Commun, 2018 年 (DOI:10.1587/transcom.2017NEP0007) (採択決定)(査読有)

T. Ohtsuki, "(Invited Paper) Superposed Multicarrier Transmission," ITE Transactions on Media Technology and Applications, Vol. 6, issue, pp. 91-97, 2017 (査読有)

B. Mondher and T. Ohtsuki, "A Pattern-Based Approach for Multi-Class Sentiment Analysis in Twitter," IEEE Access, vol. 5, pp. 20617-20639, Aug. 2017 (査読有)

S. Iwata, T. Ohtsuki, and P.Y. Kam, "A Lower Bound on Secrecy Capacity for MIMO Wiretap Channel Aided by a Cooperative Jammer with Channel Estimation Error," IEEE Access, vol. 5, pp. 4636-4645, Mar. 2017 (査読有)

[学会発表](計 39 件)

Y. Qi and T. Ohtsuki, "QoE-aware Video Streaming Transmission Optimization Method for Playout Threshold Adjustment in LTE," IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2018-Spring), Porto, Portugal, June 5, 2018.

H. Echigo and T. Ohtsuki, "Graph Coloring-based Pilot Reuse with AOA and Distance in D2D Underlay Massive MIMO," IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2018-Spring), Porto, Portugal, June 4, 2018.

T. Noguchi, O. Takyu, T. Fujii, T. Ohtsuki, F. Sasamori, and S. Handa, "Transmit Control for Secure Information Sharing in Untrusted Relay with Two Antennas," in proc IEEE IC01N 2018, 5 pages, Jan.10-12, 2018

T. Noguchi, O. Takyu, T. Fujii, T. Ohtsuki, F. Sasamori, and S. Handa, "Secure Information Sharing with Mirroring Null Steering through Untrusted Relay with Two Antennas," 2018 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS 2018), Anaheim, CA, pp. 203-205, Jan 15-18, 2018

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者

大槻 知明 (OTSUKI Tomoaki)  
慶應義塾大学・理工学部・教授  
研究者番号: 10277288

(2)研究分担者

藤井 威生 (FUJII Takeo)

電気通信大学・先端ワイヤレス・コミュニ  
ケーション研究センター・教授  
研究者番号： 10327710