

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03231

研究課題名（和文）ソフトウェア定義光ファイバ無線を用いたワイヤレスアクセスネットワークの基礎的研究

研究課題名（英文）A Study on Software Defined Radio over Fiber for Wireless Access Networks

研究代表者

猿渡 俊介（Saruwatari, Shunsuke）

大阪大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：50507811

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：将来のネットワークは、自動車の遠隔操作や遠隔手術など、より高品質な無線ネットワークを必要とする多くのサービスを実現するために、大容量、低遅延、柔軟性を兼ね備えたネットワーク技術が求められている。これらの要件に対応するため、本研究ではSD-RoF（Software-Defined Radio over Fiber）を実現した。SD-RoFとは、光と無線を低コストで密結合させたアーキテクチャであり、エラスティックワイヤレスサービスとエラスティック双方向パススルーの2つの機能を提供する。本研究では、SD-RoFの設計と実装のプロトタイプ化を行って有効性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、今後登場しうる拡張現実・仮想現実を実現する動画配信技術、センサネットワーク、コネクテッドカー、遠隔医療、遠隔からの生体モニタリング、遠隔からの自動車の制御、3次元ホログラム映像伝送など、多様なアプリケーションを実現するためのワイヤレスアクセスネットワーク技術である。多様なアプリケーションに対応するためには、柔軟性と高い性能を兼ね備える必要がある。本プロジェクト期間内では、電気処理回路と光処理回路を密に連携させることで性能と柔軟性を両立する技術の創成に成功した。学術的には、ソフトウェアによる柔軟さとハードウェアによる性能の境界線に挑戦した研究であると位置付けられる。

研究成果の概要（英文）：Future networks will require network technologies that combine high capacity, low latency, and flexibility to enable many services that require higher quality wireless networks, such as teleoperation of automobiles and tele-surgery. To address these requirements, this research has realized SD-RoF (Software-Defined Radio over Fiber), an architecture that tightly couples optical and wireless at low cost. SD-RoF is a combination of elastic wireless services and elastic bidirectional passthrough. In this study, the design and implementation of SD-RoF were prototyped and validated.

研究分野：ワイヤレスネットワーク

キーワード：SDN RoF 無線通信 光ファイバ伝送 SDR

1. 研究開始当初の背景

無線通信技術の発展に伴って、Twitter や Instagram などのソーシャルネットワークサービス、YouTube や Netflix などのビデオ配信サービスなど世界中のどこからでもアクセスできるようになった。さらに、4K/8K 映像配信、拡張現実、仮想現実を実現する動画配信技術、センサネットワーク、コネクテッドカー、遠隔医療、遠隔からの生体モニタリングなど、多様なアプリケーションがワイヤレスネットワークで実現されることが予想される。加えて、将来登場することが期待される遠隔手術、遠隔からの自動車の制御、3次元プログラム映像伝送など、現在のワイヤレスネットワーク技術ではまだ未解決の課題が残るアプリケーションも数多く存在する。未来のネットワークでは、多様なアプリケーションに対応可能な柔軟性を備える必要がある。

2. 研究の目的

これまで、柔軟なネットワークを構築するために、ネットワーク機能仮想化 (NFV) やソフトウェア定義ネットワーク (SDN) が盛んに議論されてきた。今後、NFV/SDN が発展するにつれて、汎用のネットワーク機器上でエンドユーザーに対して柔軟なネットワークサービスを提供できるようになることが期待される。一方で、今後予想される大容量コンテンツの伝送を考えた場合、単に柔軟なネットワークを提供するだけでは不十分である。例として、3D 映像を用いた遠隔手術について考える。リアルタイム 3D 映像のデータレート要求は 137Mbps~1600Mbps、遅延要求は 150ms 以下、ジッター要求は 3~30ms である。触覚フィードバックに必要なデータレートは 128~400Kbps、遅延要件は 3~10ms 以下、ジッター要件は 2ms 以下である。映像と触覚フィードバックの同期を考慮すると、映像伝送のデータレート要件と触覚フィードバックの遅延・ジッター要件を同時に満たせることが望ましい。ネットワーク機器の性能を上げたりネットワーク機器の高性能化やエッジコンピューティング技術による遅延の抑制が考えられるが、コスト増や柔軟性の低下といった問題がある。理想的には、大容量、低遅延、柔軟性を兼ね備えたネットワークを低コストで実現することが求められる。このような観点から、本研究では、広帯域性、低遅延性、プロトコルフリーの 3 つを実現することを目的とする。

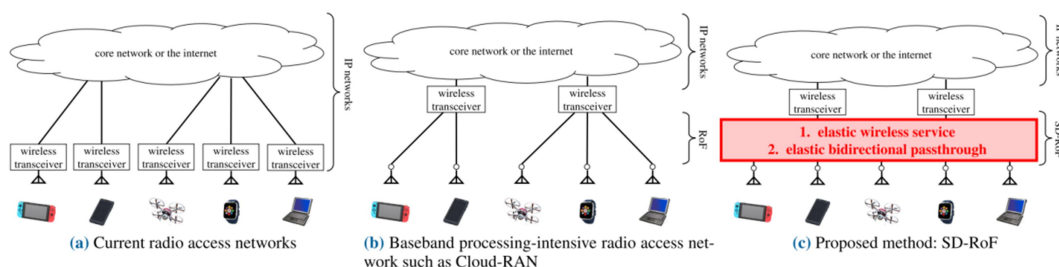


図 1 既存技術と提案技術の比較

3. 研究の方法

以上のような観点から、本研究では、SD-RoF (Software-defined Radio over Fiber) アーキテクチャを提案した。SD-RoF では、光技術と無線技術を緊密に連携させることで大容量、低遅延、プロトコルフリーの Wireless Access Networks を提供する。図 1 に既存の Wireless Access Networks と提案した SD-RoF の違いを示す。図 1 (a) は、既存の Wireless Access Networks を示している。IP を利用してネットワークを構築し、端末と通信するために基地局として動作する無線トランシーバがエッジに配置されている。近年では、無線通信の柔軟性を高めるために、図 1 (b) に示す C-RAN (Cloud Radio Access Network) のように無線トランシーバを集中管理する Radio Access Networks が研究されている。なお、本研究では Radio Access Networks と Wireless Access Networks を区別している点に注意されたい、Radio Access Networks は主に携帯電話網で使用されている用語であるのに対して、SD-RoF の対象は携帯電話網はもとより、WiFi、Bluetooth、ZigBee などをも含んでいることからより広い意味で Wireless Access Networks という用語を使っている。SD-RoF では、C-RAN において無線トランシーバを統合した Radio Access Networks をさらに拡張したものであると位置づけることができる。具体的には、図 1 (c) に示すように、ベースバンド処理集中型無線アクセスネットワークの RoF 部のネットワーク化により、アンテナと無線トランシーバの関係をソフトウェアで柔軟に制御することを実現する。

4. 研究成果

SD-RoF は、現在の IP ベースの無線アクセスネットワークを、光スイッチと電気スイッチを組み合わせたソフトウェア定義の RoF ネットワークに置き換える。SD-RoF は、エラスティックワイヤレスサービスとエラスティック双方向パススルーという 2つの機能を提供する。エラスティックワイヤレスサービスは、ユーザーがいつでもどこでも必要なワイヤレスサービスにアクセスできるようにするものである。エラスティック双方向パススルーは、離れた場所にある 2 点を RoF を介して電波で接続し、各拠点の機器間で双方向の無線通信を可能にする。

図 2 に SD-RoF のアーキテクチャを示す。SD-RoF 動作は、ユーザが SD-RoF コントローラに所望の無線サービスを要求したときに開始される。この要求は、SD-RoF ネットワーク内の制御チャネルを用いて行われる。サービス要求を受信した SD-RoF は、制御コマンドを無線トランシーバ、SD-RoF スイッチ、SD-RoF エッジに送信して無線サービスを構築する。

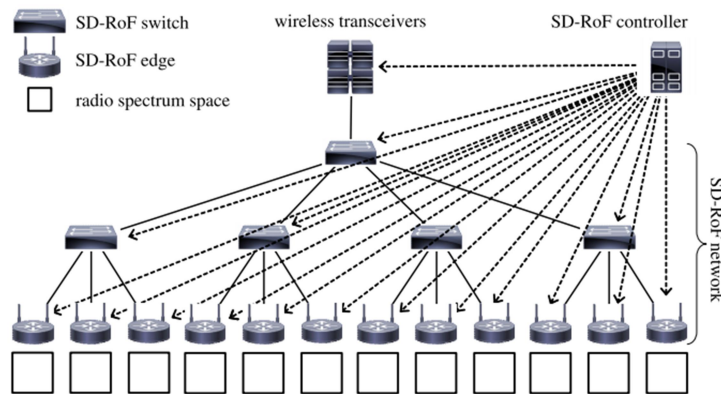


図 2 SD-RoF アーキテクチャ

図 3 は、SD-RoF で実現できるエラスティックワイヤレスサービスの一例である。図 3 では、SD-RoF エッジが SD-RoF ネットワークを介して無線トランシーバと通信し、無線スペクトル空間 α に対して無線通信サービスを提供する様子を示している。SD-RoF コントローラからの制御コマンドに基づき、無線トランシーバと SD-RoF エッジ α との間に RoF パスが確立される。これにより、ユーザは必要な無線サービスをいつでもどこでも瞬時に享受することができる。

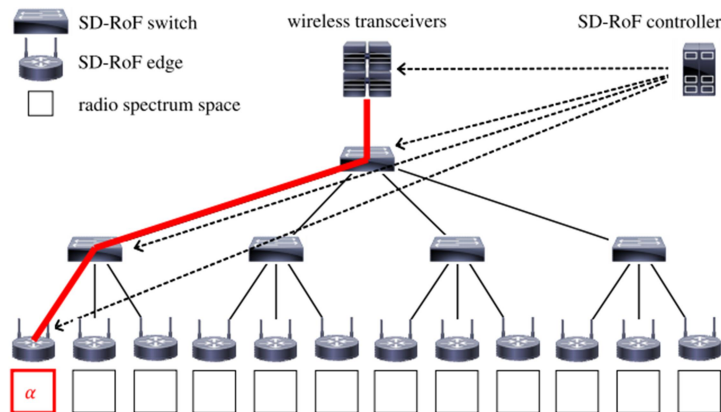


図 3 エラスティックワイヤレスサービス

図 4 は、エラスティック双方向パススルーの例である。エラスティック双方向パススルーでは、SD-RoF ネットワークを介して複数の電波スペクトル空間を接続し、あたかも異なる電波スペクトル空間にある機器同士が直接通信しているように見せるものである。図 4 では、電波スペクトル空間 α と β が SD-RoF ネットワークで接続されている。SD-RoF では、3 つ以上の電波スペクトル空間を接続することもできる。また、相互に接続された電波スペクトル空間は電波で直接通信できるため、数 GHz の RoF アナログ帯域で広帯域伝送を実現できる。さらに、IP ネットワーク経由で接続していた場合と比較して、接続に必要な伝送遅延や処理遅延を低減することもできる。

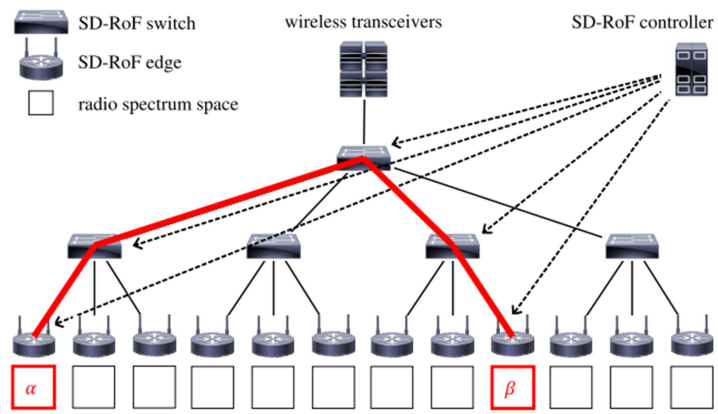


図 4 エラスティック双方向パススルー

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takumasa Ishioka, Kazuki Aiura, Ryota Shiina, Tatsuya Fukui, Tomohiro Taniguchi, Satochi Narikawa, Katsuya Minami, Kazuhiro Kizaki, Takuya Fujihashi, Takashi Watanabe, Shunsuke Saruwatari	4. 巻 9
2. 論文標題 Design and Prototype Implementation of Software-Defined Radio Over Fiber	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 72793 ~ 72807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Igarashi Koji, Kawabata Yasuhiro, Urakawa Naoki	4. 巻 28
2. 論文標題 Measuring complex field waveforms of quadrature amplitude modulation optical signals using a spectrally slicing-and-synthesizing coherent optical spectrum analyzer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 21560 ~ 21560
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.396874	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 Beppu Shohei, Igarashi Koji, Kikuta Masahiro, Soma Daiki, Nagai Tomoyuki, Saito Yasuo, Takahashi Hidenori, Tsuritani Takehiro, Morita Itsuro, Suzuki Masatoshi	4. 巻 28
2. 論文標題 Weakly coupled 10-mode-division multiplexed transmission over 48-km few-mode fibers with real-time coherent MIMO receivers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 19655 ~ 19655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.395415	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 Koji Igarashi, Gen Kawabata	4. 巻 467
2. 論文標題 Statistics of mode couplings induced by concatenated multiple connections in weakly-coupled few-mode fibers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optical Communications	6. 最初と最後の頁 125685-125685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optcom.2020.125685	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 猿渡 俊介, 渡辺 尚	4. 巻 101-4
2. 論文標題 全二重無線通信の実用化に向けた課題と可能性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌	6. 最初と最後の頁 387-393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Noboru OSAWA, Shinsuke IBI, Koji IGARASHI, Seiichi SAMPEI	4. 巻 E102-B
2. 論文標題 EXIT Chart-Aided Design of LDPC Codes for Pilot-Assisted Direct Detection with Turbo Equalizer for Optical Fiber Short-Reach Transmissions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1301 ~ 1312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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40件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 相浦 一樹, 福井 達也, 成川 聖, 南 勝也, 椎名 亮太, 石岡 卓将, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 ソフトウェア定義光ファイバ無線を用いた複数電波空間の 相互接続に関する一検討
3. 学会等名 マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOM2020)シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Igarashi
2. 発表標題 Recent Progress of Real-time Space Division Multiplexed Techniques in Optical Fiber Transmission
3. 学会等名 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC2020), (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Kiwata, M. Kikuta, M. Shigihara, and K. Igarashi
2. 発表標題 Ultra-long-time (0.8 s) characterization of laser phase noise with high temporal resolution (800 ps) based on heterodyne reception with FPGA data acquisition
3. 学会等名 46th European Conference on Optical Communication (ECOC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Igarashi, S. Beppu, M. Kikuta, D. Soma, Y. Saito, and T. Tsuritani
2. 発表標題 Real-Time Implementation of Adaptive MIMO Equalization with Fast Carrier-Phase Tracking
3. 学会等名 Signal Processing to Photonics Communications (SPPCom2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Kiwata, M. Kikuta, M. Shigihara, and K. Igarashi
2. 発表標題 High-speed (800 ps) and ultra-long-period (0.8 sec) characterization of laser phase noise by heterodyne detection with FPGA-implemented data acquisition
3. 学会等名 Signal Processing to Photonics Communications (SPPCom2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 五十嵐浩司
2. 発表標題 光スペクトル分割合成コヒーレント光スペクトラムアナライザを用いた広帯域光複素電界振幅波形測定
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富田健介, 衣斐信介, 高橋拓海, 岩井誠人
2. 発表標題 パイロット汚染環境におけるソフトウェア無線機を用いた帯域内全二重通信の自己干渉キャンセラに関する一検討
3. 学会等名 信学技報
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東出朋之, 衣斐信介, 高橋拓海, 岩井誠人
2. 発表標題 有相関MIMO通信路行列のベクトル量子化に基づく秘密鍵共有方式に関する一検討
3. 学会等名 信学技報
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三原拓也, 衣斐信介, 高橋拓海, 岩井誠人
2. 発表標題 LoRa変調における繰り返し信号検出のための対数尤度比に関する一検討
3. 学会等名 信学技報
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木山滉介, 衣斐信介, 高橋拓海, 岩井誠人
2. 発表標題 GNSS位置推定における大規模ダイバースチ信号処理に関する一検討
3. 学会等名 信学技報
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富田健介, 衣斐信介, 高橋拓海, 岩井誠人
2. 発表標題 パイロット汚染環境における帯域内全二重通信における差動符号化に基づく自己干渉キャンセラの一検討
3. 学会等名 信学技報
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 若林祐克, 衣斐信介, 高橋拓海, 岩井誠人
2. 発表標題 光・無線統合通信路におけるDLDCを用いた一括信号処理に関する一検討
3. 学会等名 信学技報
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Igarashi, N. Urakawa
2. 発表標題 Constellation Monitor of QPSK Optical Signals Based on Spectrally-sliced Coherent Optical Spectrum Analyzers
3. 学会等名 Optoelectronics and Communications Conference (OECC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 G. Kawabata, K. Igarashi,
2. 発表標題 Numerical Evaluation of Modal Crosstalk Statistics in Multiple Connectors of Weakly-coupled 10-mode Fibers
3. 学会等名 Optoelectronics and Communications Conference (OECC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kawabata, N. Urakawa, K. Kinoshita, K. Igarashi
2. 発表標題 Spectrally Slicing Coherent Optical Spectrum Analyzer for Measuring Complex Field Waveforms of Optical QAM Signals
3. 学会等名 Conference on Optical Fiber Communication (OFC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Igarashi, S. Beppu, M. Kikuta, Y. Saito, D. Soma, T. Tsuritani
2. 発表標題 Real-time Optical Coherent MIMO Receiver in Weakly-coupled Ten-mode Multiplexed Transmissio
3. 学会等名 European Conference on Optical Communication (ECOC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川畑 巖, 五十嵐 浩司
2. 発表標題 弱結合10モードファイバの多段接続におけるモード間結合の統計的性質
3. 学会等名 電子情報通信学会・光通信システム(OCS)研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Zhiyuan, K. Igarashi
2. 発表標題 Degradation of Achievable Information Rate due to Phase Noise in Optical Coherent Systems
3. 学会等名 電子情報通信学会・光通信システム(OCS)研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 五十嵐 浩司
2. 発表標題 コヒーレント光受信における更新遅延を有するMIMO適応等化の性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会・光通信システム(OCS)研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川端 康人, 五十嵐 浩司
2. 発表標題 QAM光信号の複素電界振幅波形測定に対するスペクトル分割合成法の性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会・光通信システム(OCS)研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 五十嵐 浩司, 別府 翔平, 菊田 将弘, 永井 智之, 齋藤 靖夫, 相馬 大樹 釣谷 剛宏
2. 発表標題 弱結合10モード多重伝送用実時間MIMO光受信器
3. 学会等名 電子情報通信学会・光通信システム(OCS)研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seiji Tanaka, Takumi Takahashi, Shinsuke Ibi, Koji Igarashi, Seiichi Sampei
2. 発表標題 Channel Compensation and CPR for PDM System Based on Channel Hardening Effect
3. 学会等名 Asia Communications and Photonics Conference (ACP2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠井 太智, 衣斐 信介, 岩井 誠人, 笹岡 秀一
2. 発表標題 大規模MIMOシステムにおける独立成分分析を用いたチャネル推定に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会・無線通信システム(RCS)研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀧川 将弘, 衣斐 信介, 三瓶 政一
2. 発表標題 MU-MIMOにおける独立成分分析を用いた繰り返し周波数オフセット推定に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会・無線通信システム(RCS)研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石岡 卓将, 福井 達也, 成川 聖, 桐原 誉人, 南 勝也, 池田 智, 椎名 亮太, 木下 和彦, 木崎 一廣, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 無線通信における低遅延性と広帯域性を実現するソフトウェア定義光ファイバ無線に関する検討
3. 学会等名 情報処理学会・マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2019)シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相浦 一樹, 福井 達也, 成川 聖, 南 勝也, 椎名 亮太, 石岡 卓将, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 ソフトウェア定義光ファイバ無線のスループット性能及び拠点相互接続性について
3. 学会等名 情報処理学会・全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相浦 一樹, 福井 達也, 成川 聖, 桐原 誉人, 池田 智, 南 勝也, 石岡 卓将, 藤橋 卓也, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 SD-RoFに対する電気合波回路導入による複数電波空間の相互接続に関する基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会・ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 猿渡 俊介
2. 発表標題 5Gの技術動向と予想される社会
3. 学会等名 「大阪・関西IoT活用推進フォーラム」第12回例会 ～「5Gで実現するデジタル変革と予想される未来社会」～ (主催: 大阪商工会議所) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 猿渡 俊介
2. 発表標題 5GのアプリケーションとIoT
3. 学会等名 大阪大学生産技術研究会×日刊工業新聞・特別勉強会「5Gから6Gへ 通信革命がもたらす未来のビジョン ～我々のビジネスや生活はどう変わるか～」(主催: 一般社団法人生産技術振興協会、日刊工業新聞産業人クラブ) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 電脳空間, 物理空間, 電波空間
3. 学会等名 電子情報通信学会・無線通信システム(RCS)研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石岡 卓将, 渡辺 尚, 猿渡 俊介, 木崎 一廣, 小林 真, 木下 和彦, 福井 達也, 成川 聖, 桐原 誉人, 南 勝也, 池田 智
2. 発表標題 振幅遅延制御回路を用いたRoFによるIoT通信エリア拡張技術に関する検証
3. 学会等名 情報処理学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 猿渡 俊介
2. 発表標題 電波の新しい使い方: 通信・センシング・エネルギー
3. 学会等名 「電波利用促進セミナー」の開催～2030年代に向けた電波利用の将来像について～ (主催: 総務省近畿総合通信局) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 猿渡 俊介
2. 発表標題 AI・Bigdata・CHI・IoT are Interesting?
3. 学会等名 日本学術会議公開シンポジウム That's Interesting: ICT研究はどこに向かうのか (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石岡 卓将, 福井 達也, 成川 聖, 桐原 誉人, 南 勝也, 池田 智, 木下 和彦, 小林 真, 木崎 一廣, 猿渡 俊介, 渡辺 尚
2. 発表標題 振幅遅延制御回路を用いたRoFによるIoT通信エリア拡張技術の実現性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川畑 巖, 五十嵐 浩司
2. 発表標題 数モードファイバ接続におけるモード間結合抑圧の ためのコア径最適化
3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告, 光通信システム研究 会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川端 康大, 五十嵐 浩司
2. 発表標題 超高QAM光信号のデジタルコヒーレント受信に おけるアナログ・デジタル変換器のダイナミックレンジに対する信号振幅 最適化
3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告, 光通信システム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浦川 直樹, 五十嵐 浩司
2. 発表標題 擬似ランダムQPSK光信号のコンステレーション測 定に対するスペクトル合成コヒーレント受信器の性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告, 光通信システム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中 誠二, 大澤 昇, 衣斐 信介, 五十嵐 浩司, 三瓶 政一
2. 発表標題 偏波多重を適用した光ファイバ通信システムにおける大システム極限を利用した位相雑音除去と通信路補償に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告, 光通信システム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 衣斐信介
2. 発表標題 工学的視点から見たシャノン限界
3. 学会等名 OCS Summer School (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中 誠二, 大澤 昇, 衣斐 信介, 三瓶 政一
2. 発表標題 Radio over Fiberを用いた上りリンクにおける大システム極限を利用した信号検出に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019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
研究 分担者	衣斐 信介 (Ibi Shinsuke) (10448087)	同志社大学・理工学部・教授 (34310)	
研究 分担者	五十嵐 浩司 (Igarashi Koji) (80436534)	大阪大学・工学研究科・准教授 (14401)	

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
---------	---------