

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03424

研究課題名（和文）車両IoTにおけるフェデレーテッド・ラーニングを用いた協調型情報処理基盤

研究課題名（英文）Collaborative information processing platform for vehicular IoT based on federated learning

研究代表者

策力 木格（Wu, Celimuge）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：90596230

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：車両IoT情報処理基盤における処理量の増加と品質向上を同時に実現するために、本研究では、フェデレーテッド・ラーニング（Federated Learning: FL）手法に基づき、複雑で多様な動的環境にも対応できる車両間協調と自己進化型制御手法を提案した。既存のFLを高性能化させるため、以下の4つの基盤技術の研究を行った：(1) 深層強化学習ベースのFL情報処理技術、(2) ファジィ論理を用いた事前学習技術、(3) 学習クライアント選択とモデル技術、(4) 自律分散環境におけるブロックチェーンを用いたFL技術。シミュレーション評価および実車両を用いた実験を含む多様な実証を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、深層強化学習とFLの組み合わせによる通信・計算・ストレージ資源の共同最適化を実現し、車両間協調で各車両の行動改善を行う手法に関する議論を行った。FLを用いた車両IoT情報処理基盤は独創的な研究であり、車両IoTにおける協調知能の実現にとって重要な一歩である。本研究で提案した手法は、高効率かつ高性能な車両IoT情報処理基盤を実現するための重要な技術であり、今後は、協調型自動運転などの高度な連携協調システムにおける活用が期待される。

研究成果の概要（英文）：In order to realize cooperative autonomous driving, etc., a highly efficient and high-performance vehicle IoT information processing infrastructure technology is required. In this study, we proposed a vehicle-to-vehicle cooperation and self-evolving control method based on the federated learning (FL) method that can handle complex and diverse dynamic environments. In order to improve the performance of existing FL, we conducted research on the following four technologies: (1) deep reinforcement learning-based FL technology, (2) pre-learning technology using fuzzy logic, and (3) learning client selection and model aggregation technology, (4) FL technology using blockchain in an autonomous decentralized environment. We conducted computer simulations and real-world experiments to evaluate the proposed approach.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：車両IoT フェデレーテッド・ラーニング 協調型情報処理基盤技術

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

より高度な協調型自動運転を実現するためには、広域情報を参照し、複数車両のカメラ等のセンサデータを利用して、より正確な判断を行う車両 IoT 情報処理基盤が必要となる。しかし、車両の移動、有限の通信資源、通信トラヒックの多様化により、車両間協調に必要な無線資源の最適配分は困難となる。計算量の大きい作業を実時間処理するためには、他の車両や路側装置 (RSU) などに計算タスクをオフロードする必要も出てくる (この RSU はセルラ無線機を含めた通信インフラの総称である)。例えば、複数の車両のカメラデータを統合し、より正確な道路状況の認識を行う時、すべてのカメラデータを一箇所に集めて処理したほうが高い精度を達成できるものの、ネットワーク帯域制限により現実的ではない。各車両の計算能力・負荷状況もタスク配分に考慮する必要がある。また、車両に一部のコンテンツをキャッシュしておくことで、全体通信量及びコンテンツ取得遅延の削減が可能であるが、各端末のストレージ制限やシステム複雑度を考慮すると、キャッシュ判断も困難である。

よって、実際の情報処理性能の最適化問題は、複雑な動的環境における通信・計算・ストレージ資源の共同最適化であり、簡単な数式モデルでは解決されない。車両 IoT 情報処理基盤の設計には、下記 2 点の課題が存在する： 複雑な状況において環境を観測しながら行動改善を行う自己進化型制御の実現； 他の車両の知見を活用し、自分の行動を最適化する協調知能の実現である。課題 1 では、状態の複雑性、行動の多様性、情報の不完全さを考慮した学習仕組みの設計が必要である。課題 2 においては、ネットワーク帯域制限を考慮した車両間での情報共有を達成する必要がある。そのため、大量の生データではなくそこから得られた知見を共有する方式を検討する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、フェデレーテッド・ラーニング (Federated Learning: FL) を用いた車両 IoT 情報処理基盤の研究・開発を行う。各車両は深層強化学習を用いて、通信・計算・ストレージ資源の共同最適化を行い、環境からのフィードバックを観測し、タスク処理行動を改善していく方式を用いる (課題 1 を解決)。このタスク処理行動とは、他の車両へのタスクオフロード、コンテンツのキャッシュなどを含める。RSU またはクラウドサーバが FL 統合サーバとなり、グローバル学習モデル (深層強化学習モデル) を初期化し、車両学習クライアントに配布する。各クライアントは自分のセンサデータを元に一定時間学習を行った後、得られた知見を統合サーバにアップロードする。統合サーバが多数のクライアントからの知見に基づいてモデル集約を行い、更新されたモデルを全車両に配布することで、車両間の知見交換が実現される (課題 2 を解決)。このように、FL を用いて環境の多様化と変化に適応しながら最適な資源配分を実現し、車両 IoT における処理量の増加と品質向上を同時に達成する。

3. 研究の方法

表 1 に示す四つの研究項目を実施する。項目 1 は深層強化学習ベースの FL を用いた情報処理基盤の設計を行い、項目 2 はファジィ論理を用いた事前学習手法で FL の収束の加速化を目指す。項目 3 では車両環境における FL の効率を改善し、項目 4 ではブロックチェーンの導入により、自律分散環境における FL を実現する。

表 1 研究目的と研究項目 (提案技術)

番	研究目的	研究項目：本研究で提案する技術
1	ネットワーク帯域制限を意識した車両間の協調を実現し、複雑な環境における高効率な自己進化型制御を確立する。	深層強化学習ベースの FL を用いた情報処理基盤：FL を用いて複数の車両の知見を活用し、各車両における制御を改善する。深層強化学習モデルを用いて各車両における自己進化型制御を実現する。
2	事前学習のための学習データを構築し、学習モデルの収束を加速化する。	ファジィ論理を用いた事前学習：ファジィ論理を用いて様々な環境においてすべき行動のデータを作成し、そのデータを用いた FL モデルの事前学習を行う。
3	最適なグローバルモデルを構築するためには、車両の状況を考慮した学習クライアントの選択と学習結果の集約を行う。	学習クライアント選択とモデル集約：車両の移動、車両能力、周囲状況をファジィ論理で統合させ総合判断を実施し、学習クライアントの選択と学習結果に対する重み付けを行う。
4	中央制御サーバがない環境における FL 方式の設計を行う。	自律分散環境におけるブロックチェーンの導入：車両クラスタリングとブロックチェーンの連携で実現する。

#### 4. 研究成果

##### 【研究項目 1】深層強化学習ベースの FL を用いた情報処理基盤

研究は、FL を用いて、多数の車両の知見を活用し、各車両の行動の最適化を行った。まず、RSU 等中央制御サーバが存在する場合における FL の設計を行った。RSU が統合サーバになり、学習を行う車両クライアントに初期グローバルモデルを配布した。その後、各クライアントが自分のデータ（感知できる環境）を用いてモデルの学習を行った。一定時間学習後、学習結果（深層強化学習パラメータ）を学習統合サーバにアップロードし、統合サーバが各クライアントからの結果の集約を行った。このステップを繰り返すことで、各クライアントにおける知見がグローバルモデルに反映され、それを利用することで各車両が自分の行動を改善できた。

##### 【研究項目 2】ファジィ論理を用いた事前学習

車両 IoT の高信頼性要求を満たすために、FL の収束を加速させる取り組みが重要である。本項目では、ファジィ論理を用いて様々な環境における行動データを作成し、そのデータを用いた FL モデルの事前学習を行った。事前学習は統合サーバ（またはクラウド）にて行われた。エージェントが直面する状況に応じて、ファジィ論理ですべき行動を選定し、それを正解とみなし、深層強化学習モデルのトレーニングを行った。様々な環境においてこの操作を繰り返すことで、初期のグローバルモデルを構築した。ファジィ論理は単純なメンバシップ関数、ファジィルールで専門家の経験を表現できるため、様々な環境における妥当な資源配分案を柔軟かつ自動的に生成できた。このような事前学習を行うことで、FL の収束を大幅に加速化し、複雑な動的環境における最適な資源配分モデルを早期に達成した。ファジィ論理を用いた方式の性能を十分評価しながら、メンバシップ関数などのパラメータの影響を明らかにした。

##### 【研究項目 3】学習クライアント選択とモデル集約

全車両を FL クライアントとして利用することは大量の通信・計算資源を必要とするため、不要かつ不可能である。本項目では、効率的な学習クライアントの選択とそれに合わせたモデル集約手法を提案する。車両の移動、計算能力、感知能力、通信能力、周辺環境をファジィ論理で統合評価し、学習クライアントとしての適応値を決定する。その適応値に合わせて、車両を学習クライアントに選定可否、および選定した場合のモデルパラメータ（深層強化学習のパラメータ）をアップロードする頻度を定める。ファジィ論理は人間の思考と似たような近似的な推論を扱うことが可能であり、複数の指標を柔軟に考慮できるため、複雑な動的環境における学習クライアントへの評価をより正確にした。図 1（左）は本研究で開発した FL のプロトタイプシステムである。図 1（右）は提案手法と既存手法の比較である[1]。提案手法がよりよい端末をクライアントとして選択できるため、学習の効率が著しく向上したことが分る。

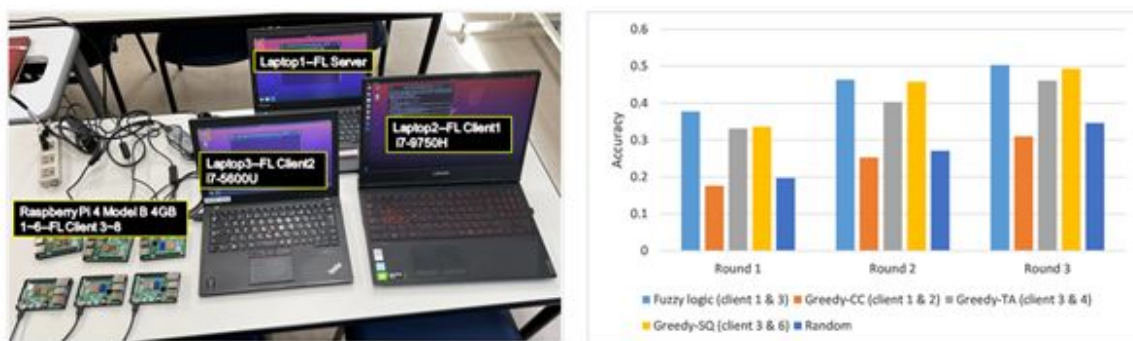


図 1 FL を用いたクライアント選択ともモデル集約（左：開発したプロトタイプ；右：既存手法との比較）。

##### 【研究項目 4】自律分散環境におけるブロックチェーンの導入

RSU などの中央制御サーバが存在しない自律分散車両 IoT 環境にて FL を行う方法を提案した。自律分散的に車両のクラスタリングを行い、クラスタヘッド車両が統合サーバとなり、FL を管理する手法を用いた。車両間で位置情報、移動速度などの情報を含むビーコンメッセージを定期的に交換した。この情報を使って、各車両がファジィ論理により車間分布、移動状況、信号強度を統合化し、周辺車両のクラスタヘッドとしての適合性を計算し、適合性が一番高い車両を学習統合サーバとした。自律分散評価の信頼性、一貫性を保つためには、ブロックチェーン技術

を利用して、クラスタヘッドの選択結果に対する車両間の合意を達成した。ブロックチェーン技術と車両クラスタリングの組み合わせで、自律分散環境における FL を実現した。

#### 参考文献

- [1] Zhaoyang Du, Celimuge Wu, Yoshinaga Tutomu, Lei Zhong, and Yusheng Ji, “On-device Federated Learning with Fuzzy Logic based Client Selection,” Proc. ACM 2022 International Conference on Research in Adaptive and Convergent Systems (ACM RACS), 7 pages, Oct. 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 21件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Wu Jiale, Wu Celimuge, Lin Yangfei, Yoshinaga Tsutomu, Zhong Lei, Chen Xianfu, Ji Yusheng	4. 巻 -
2. 論文標題 Semantic segmentation-based semantic communication system for image transmission	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Digital Communications and Networks	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dcan.2023.02.006	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 該当する
1. 著者名 Liwen Niu, Xianfu Chen, Ning Zhang, Dong Zhu, Rui Yin, Celimuge Wu, and Yangjie Cao	4. 巻 10
2. 論文標題 Multi-Agent Meta-Reinforcement Learning for Optimized Task Scheduling in Heterogeneous Edge Computing Systems	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Internet of Things Journal	6. 最初と最後の頁 10519-10531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JIOT.2023.3241222	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 該当する
1. 著者名 Xing An, Celimuge Wu, Yangfei Lin, Min Lin, Tsutomu Yoshinaga, and Yusheng Ji	4. 巻 4
2. 論文標題 Multi-Robot Systems and Cooperative Object Transport: Communications, Platforms, and Challenges	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Open Journal of the Computer Society	6. 最初と最後の頁 23-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/OJCS.2023.3238324	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 該当する
1. 著者名 Sedeng Danba, Jingjing Bao, Guorong Han, Siri Guleng, and Celimuge Wu	4. 巻 22
2. 論文標題 Toward Collaborative Intelligence in IoV Systems: Recent Advances and Open Issues	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 1-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s22186995	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 該当する

1. 著者名 Jiantao Yuan, Qiqi Xiao, Rui Yin, Wei Qi, Celimuge Wu, and Xianfu Chen	4. 巻 27
2. 論文標題 Unlicensed Assisted Ultra-Reliable and Low-Latency Communications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mobile Networks and Applications	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11036-022-02003-8	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 該当する

1. 著者名 Wei Gao, Celimuge Wu, Lei Zhong, and Kok-Lim Alvin Yau	4. 巻 24
2. 論文標題 Communication Resources Management based on Spectrum Sensing for Vehicle Platooning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Intelligent Transportation System	6. 最初と最後の頁 2251-2264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TITS.2022.3148230	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 該当する

1. 著者名 Fahao Chen, Peng Li, Toshiaki Miyazaki, and Celimuge Wu	4. 巻 33
2. 論文標題 FedGraph: Federated Graph Learning with Intelligent Sampling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems	6. 最初と最後の頁 1775-1786
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPDS.2021.3125565	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 Wei gao, Chunrong Peng, Wugedele Bao, and Celimuge Wu	4. 巻 2021
2. 論文標題 Communication Energy Optimization of Electric Vehicle Platoon on Curved Road	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 EURASIP Journal on Advances in Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13634-021-00814-7	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 該当する

1. 著者名 Rui Yin, Xin Zhou, Wei Qi, Celimuge Wu, and Yunlong Cai	4. 巻 2021
2. 論文標題 Grouping-based Channel Estimation and Tracking for Millimeter Wave Massive MIMO Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Wireless Communications and Mobile Computing	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2021/2922359	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 該当する

1. 著者名 Wugedele Bao, Celimuge Wu, Siri Guleng, Jiefang Zhang, Kok-Lim Alvin Yau, and Yusheng Ji	4. 巻 18
2. 論文標題 Edge Computing-Based Joint Client Selection and Networking Scheme for Federated Learning in Vehicular IoT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 China Communications	6. 最初と最後の頁 39-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/JCC.2021.06.004	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 該当する

1. 著者名 Xianfu Chen, Celimuge Wu, Zhi Liu, Ning Zhang, and Yusheng Ji	4. 巻 28
2. 論文標題 Computation Offloading in Beyond 5G Networks: A Distributed Learning Framework and Applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Wireless Communications	6. 最初と最後の頁 56-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MWC.001.2000296	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 該当する

1. 著者名 Luomeng Chao, Celimuge Wu, Tsutomu Yoshinaga, Wugedele Bao, and Yusheng Ji	4. 巻 21
2. 論文標題 A Brief Review of Multipath TCP for Vehicular Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 1-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21082793	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 該当する

1. 著者名 Rui Yin, Zheyi Wu, Shengli Liu, Celimuge Wu, Jiantao Yuan, and Xianfu Chen	4. 巻 8
2. 論文標題 Decentralized Radio Resource Adaptation in D2D-U Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Internet of Things Journal	6. 最初と最後の頁 1155-1165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JIOT.2020.3016019	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 該当する

1. 著者名 Jingjing Bao, Celimuge Wu, Yangfei Lin, Lei Zhong, Xianfu Chen, and Rui Yin	4. 巻 13
2. 論文標題 A scalable approach to optimize traffic signal control with federated reinforcement learning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-46074-3	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 該当する

1. 著者名 Rui Yin, Tingli Wang, Jiantao Yuan, Xianfu Chen, Celimuge Wu, and Yusheng Ji	4. 巻 Early Access
2. 論文標題 An Energy-Efficient Deep Mutual Learning System Based on D2D-U Communications	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Wireless Communications	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TWC.2023.3344637	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 該当する

1. 著者名 Chao Chen, Bohang Jiang, Shengli Liu, Chuanhuang Li, Celimuge Wu, and Rui Yin	4. 巻 73
2. 論文標題 Efficient Federated Learning in Resource-Constrained Edge Intelligence Networks Using Model Compression	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Vehicular Technology	6. 最初と最後の頁 2643-2655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVT.2023.3318080	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 該当する



1. 著者名 Axida Shan, Xiumei Fan, Xianfu Chen, Yusheng Ji, and Celimuge Wu	4. 巻 10
2. 論文標題 A Reinforcement Learning-Based Incentive Scheme for Multi-Hop Communications in Vehicular Networks	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking	6. 最初と最後の頁 335-347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCCN.2023.3316644	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 該当する

1. 著者名 Jingyi Wu, Tianheng Xu, Ting Zhou, Xianfu Chen, Honglin Hu, and Celimuge Wu	4. 巻 10
2. 論文標題 Adaptive NOMA-based Spectrum Sensing for Uplink IoT Networks	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking	6. 最初と最後の頁 138-149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCCN.2023.3315455	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 該当する

1. 著者名 Ying Ju, Guoxue Zou, Haowen Bai, Lei Liu, Qingqi Pei, Celimuge Wu, and Sattam Al Otaibi	4. 巻 69
2. 論文標題 Random Beam Switching: A Physical Layer Key Generation Approach to Safeguard mmWave Electronic Devices	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Consumer Electronics	6. 最初と最後の頁 594-607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCE.2023.3273125	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 該当する

1. 著者名 Ying Gao, Qingqing Wu, Wen Chen, Celimuge Wu, Derrick Wing Kwan Ng, and Naofal Al-Dhahir	4. 巻 23
2. 論文標題 Exploiting Intelligent Reflecting Surfaces for Interference Channels with SWIPT	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Wireless Communications	6. 最初と最後の頁 4442-4458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TWC.2023.3318795	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 該当する

1. 著者名 Yapeng Zhao, Qingqing Wu, Wen Chen, Celimuge Wu, and H. Vincent Poor	4. 巻 71
2. 論文標題 Performance-Oriented Design for Intelligent Reflecting Surface-Assisted Federated Learning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 5228-5243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCOMM.2023.3283799	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 該当する

1. 著者名 Guangji Chen, Qingqing Wu, Celimuge Wu, Mengnan Jian, Yijian Chen, and Wen Chen	4. 巻 12
2. 論文標題 Static IRS Meets Distributed MIMO: A New Architecture for Dynamic Beamforming	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Wireless Communications Letters	6. 最初と最後の頁 1866-1870
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LWC.2023.3296879	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 該当する

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 29件)

1. 発表者名 Yineng Shen, Jiantao Yuan, Xianfu Chen, Celimuge Wu, and Rui Yin
2. 発表標題 Storage-aware Joint User Scheduling and Spectrum Allocation for Federated Learning
3. 学会等名 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Xiao Lu, Jiantao Yuan, Chao Chen, Xianfu Chen, Celimuge Wu, and Rui Yin
2. 発表標題 Energy-Efficient User Association and Resource Allocation for Decentralized Mutual Learning
3. 学会等名 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Yangfei Lin, Celimuge Wu, Yusheng Ji, Jie Li and Zhi Liu
2 . 発表標題 Blockchain Based Secure Outsourcing Data Integrity Auditing for Internet of Things in Cloud-edge Environment
3 . 学会等名 The 18th International Conference on Mobility, Sensing and Networking (MSN 2022) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Zhaoyang Du, Celimuge Wu, , Lei Zhong, and Yoshinaga Tutomu
2 . 発表標題 On-device Federated Learning with Fuzzy Logic based Client Selection
3 . 学会等名 Proc. ACM 2022 International Conference on Research in Adaptive and Convergent Systems (ACM RACS) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Yalong Li, Celimuge Wu, Yoshinaga Tutomu, Lei Zhong, and Yusheng Ji
2 . 発表標題 A Communication-Efficient Distributed Machine Learning Scheme in Vehicular Network
3 . 学会等名 Proc. ACM 2022 International Conference on Research in Adaptive and Convergent Systems (ACM RACS) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Fahao Chen, Peng Li, Celimuge Wu, and Song Guo
2 . 発表標題 Hare: Exploiting Inter-job and Intra-job Parallelism of Distributed Machine Learning on Heterogeneous GPUs
3 . 学会等名 The 31st International ACM Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 Celimuge Wu
2. 発表標題 Communication Efficient Federated Learning for Vehicular IoT
3. 学会等名 IEEE International Conference on Smart Applications, Communications and Networking (SmartNets) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Celimuge Wu
2. 発表標題 Toward Efficient Federated Learning for Internet of Vehicles
3. 学会等名 IEEE 2nd International Conference on Intelligent Traffic Systems and Smart City (ITSSC 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Celimuge Wu
2. 発表標題 Toward Efficient Federated Learning for Internet of Vehicles
3. 学会等名 International Conference on Emerging Technologies for Communications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoyuki Ito, Takashi Oshiba, Kozo Satoda, and Tutomu Murase
2. 発表標題 PathRakeTCP: Available Bandwidth Estimation Using Multiple TCP Connections for Passing through Firewalls
3. 学会等名 2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kota Makino, Takeshi Hirai, and Tutomu Murase
2. 発表標題 Mobility Control of Avoiding Interference for Autonomous Mobile Robot Ad Hoc Networks
3. 学会等名 2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yudai Shibuya, Yohei Hasegawa, Hiroyasu Obata, and Tutomu Murase
2. 発表標題 AP Cooperative Mobility Control for Public Mesh Network
3. 学会等名 2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jiquan Xie, Takeshi Hirai, Yulan Gao, and Tutomu Murase
2. 発表標題 Optimal dynamic power allocation based on multiuser cooperative mobility for energy efficiency
3. 学会等名 IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Fahao Chen, Peng Li and Celimuge Wu
2. 発表標題 On-Camera Content Filtering for Real-Time Video Analytics
3. 学会等名 The 19th IEEE International Conference on Smart City (SmartCity-2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yineng Shen, Rui Yin, Huawei Zhu, Xianfu Chen, and Celimuge Wu
2. 発表標題 Resource Management in MEC based Muti-Robot Cooperation Systems
3. 学会等名 2021 International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ganggui Wang, Celimuge Wu, Tsutomu Yoshinaga, Wugedele Bao, and Rui Yin
2. 発表標題 Deep Reinforcement Learning Based Mode Selection for Coexistence of D2D-U and Wi-Fi
3. 学会等名 2021 International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Liwen Niu, Yangjie Cao, Celimuge Wu, Rui Yin, and Xianfu Chen
2. 発表標題 Performance Optimization in Heterogeneous WiFi and Cellular Mobile Edge Computing Systems
3. 学会等名 IEEE GLOBECOM ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Xiao Lu, Rui Yin, Chao Chen, Xianfu Chen, and Celimuge Wu
2. 発表標題 Distributed Resource Management for Licensed and Unlicensed Integrated Mobile Edge Computing
3. 学会等名 IEEE GLOBECOM ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qiqi Xiao, Jiantao Yuan, Rui Yin, Wei Qi, Celimuge Wu, Xianfu Chen
2. 発表標題 Unlicensed Assisted Ultra-reliable and Low-latency Transmission
3. 学会等名 11th EAI International Conference on Mobile Networks and Management ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yue Ren, Celimuge Wu, Tsutomu Yoshinaga, and Wugedele Bao
2. 発表標題 A Fuzzy Logic Controller for Greenhouse Temperature Regulation System Based on Edge Computing
3. 学会等名 11th EAI International Conference on Mobile Networks and Management ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hongyang Lai, Zhuocheng Yang, Jinhao Li, Celimuge Wu, and Wugedele Bao
2. 発表標題 A Distributed Computation Offloading Strategy for Edge Computing based on Deep Reinforcement Learning
3. 学会等名 11th EAI International Conference on Mobile Networks and Management ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zheyi Wu, Jiantao Yuan, Rui Yin, Xianfu Chen, Celimuge Wu
2. 発表標題 Distributed Resource Allocation for Maximizing Energy Efficiency in D2D-U Enabled NR Network
3. 学会等名 IEEE VTC2021-Fall ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhaoyang Du, Ganggui Wang, Narisu Cha, Celimuge Wu, Tsutomu Yoshinaga, and Rui Yin
2. 発表標題 UAV-empowered Vehicular Networking Scheme for Federated Learning in Delay Tolerant Environments
3. 学会等名 The 24th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaya Harada, Zhaoyang Du, Celimuge Wu, Tsutomu Yoshinaga, Wugedele Bao, and Yusheng Ji
2. 発表標題 Integrating autonomous decentralized communication and edge computing for real-time control in IoT system
3. 学会等名 The 7th Euro-China Conference on Intelligent Data Analysis and Applications (ECC-2021) ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fahao Chen, Peng Li, and Celimuge Wu
2. 発表標題 DGC: Training Dynamic Graphs with Spatio-Temporal Non-Uniformity using Graph Partitioning by Chunks
3. 学会等名 ACM SIGMOD 2024 ( 国際学会 )
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Jiale Wu, Celimuge Wu, Yangfei Lin, Jingjing Bao, Zhaoyang Du, Lei Zhong, Xianfu Chen, Yusheng Ji
2. 発表標題 Semantic Communication for Efficient Image Transmission Tasks based on Masked Autoencoders
3. 学会等名 IEEE VTC2023-Fall ( 国際学会 )
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 Yalong Li, Celimuge Wu, Zhaoyang Du, Lei Zhong, and Tsutomu Yoshinaga
2. 発表標題 Communication-Efficient Federated Learning for UAV Networks with Knowledge Distillation and Transfer Learning
3. 学会等名 IEEE GLOBECOM 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Suheng Tian, Ying Ju, Mingjie Yang, Lei Liu, Jie Feng, Qingqi Pei, Mian Ahmad Jan, and Celimuge Wu
2. 発表標題 Blockage-Based Cooperative Jamming for Secure Terahertz Transmissions in Indoor Networks
3. 学会等名 IEEE VTC2023-Fall (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yue Ren, Celimuge Wu, Yangfei Lin, Zhaoyang Du, and Masato Yoshimi
2. 発表標題 Fuzzy Logic-Based Packet Scheduling for MPQUIC in Multi-Access Networks
3. 学会等名 IEEE GLOBECOM 2023(Workshops) (国際学会)
4. 発表年 2023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	村瀬 勉 (Murase Tutomu)  (10530941)	名古屋大学・情報基盤センター・教授   (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	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	李 鵬 (李鵬)  (Li Peng)  (30735915)	会津大学・コンピュータ理工学部・上級准教授    (21602)	
研究分担者	計 宇生  (Ji Yusheng)  (80225333)	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授    (62615)	

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			
フィンランド	VTT Technical Research Centre of Finland			
中国	Zhejiang University City College	Zhengzhou University	上海交通大学	他1機関
米国	University of Texas at Dallas	Princeton University		