

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：82401

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14162

研究課題名(和文) Adaptive Machine Learning Algorithms for mmWave Communications in Beyond 5G and 6G Systems

研究課題名(英文) Adaptive Machine Learning Algorithms for mmWave Communications in Beyond 5G and 6G Systems

研究代表者

Hashima Sherief (Hashima, Sherief)

国立研究開発法人理化学研究所・革新知能統合研究センター・研究員

研究者番号：00865462

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：このプロジェクトでは、オンライン学習アルゴリズムを使用して、さまざまな無線通信シナリオの数学的定式化をモデル化しました。これらのシナリオにさまざまな種類のマルチアームバンディットを適用し、エネルギーを考慮するように変更しました。利用されたバンディットソリューションは、適切な選択と独自の学習ポリシーにより、さまざまな設定でほぼ最適なパフォーマンスと高速な収束率を示しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

The project contributes to fulfilling the requirements of advanced communication technology(6G) with effective energy aware performance. The project also has social impact in disaster relief as it ensured reliable communications in challenging environments. Also, it contributes to autonomous vehicles

研究成果の概要(英文)：In this project, we modeled mathematical formulations for different wireless communication scenarios using online learning algorithms including Neighborhood discovery and selection in millimeter wave D2D communications, Gateway UAV selection in disaster area scenario, RIS aided mmWave Communications, UAV mounted RIS, Multiband wireless networks, V2X over the air updates, and V2X metaverse content updates. We leveraged various types of multi armed bandits to these scenarios and modified it to be energy aware. The Utilized Bandit solutions showed near optimal performance and fast convergence rate in various settings due to proper selection and their unique learning policy. As a proof of concept we conducted experimental setup to mimic the scenario of over the air updates using smart road side units.

研究分野：Wireless Communications

キーワード：D2D Communications millimeter Wave (mmWave) Radio frequency (RF) Multi-armed bandit (MAB) Metaverse Thompson sampling (TS) UAV V2X communications

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、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1 . 研究開始当初の背景 (Initial Background of the research)

Building a smart and self-decision-making wireless communication system is considered as one of the main objectives of future beyond 5G (B5G) and 6G. One of the targets is to overcome the high dynamicity and channel impairments of the millimeter wave (mmWave) communications. Direct applications of the current machine learning (ML) based solutions cannot withstand, where the main difficulty comes from the adversarial and combinatorial nature of mmWaves caused by blocking of narrow beams. In this project, we develop formulations and algorithms that overcome the obstacles to increase the expected average throughput and reduce the latency of B5G/6G communications. This project is motivated by combinatorial/adaptive online prediction techniques that are theoretically guaranteed to perform robustly for adversarial environments. Hence, applicable future promising wireless applications like V2X, wearable devices, etc. become true.

2 . 研究の目的 (Research Objective)

Employing ML in wireless communications is in its infancy and have a big concern to be an enabler for B5G/6G by making the communication networks more intelligent self-decision-making systems. Current research directions tackle small problems using typical ML algorithms that cannot efficiently address the high dynamicity and ultra-high-density features of B5G/6G. The existing ML algorithms are applied without considering the adversarial mmWave environment, such as path blocking and spatial transmissions coming from beamforming. Moreover, deep learning-based solutions utilize continuous optimization that increases the system overhead. Also, these solutions require an incredible offline-learning phase, making it unsuitable for future mmWave B5G/6G applications. However, discrete optimization techniques will be more suitable to cope with the mmWave nature, especially for multi-hop transmission scenarios.

Specifically, we drive new formulations and develop new ML techniques that consider those unique mmWave characteristics. The newly developed ML algorithms are expected to overcome mmWave challenges in different B5G and 6G scenarios such as device to device (D2D), single and multi-hop mmWave cooperative relaying, UAV communications, multiband channel assignment, and cooperative communications too.

3 . 研究の方法 (Research Methodology)

The unique nature of mmWaves represents the bottleneck for efficient and reliable future B5G/6G communications. The NDS problem of mmWave D2D especially for mobile

scenarios as high-speed trains and V2X applications is severe due to the dynamic adversarial blockage environment. Besides, the shortest path multi objective optimization in mmWave D2D is NP Hard problem that needs unique combinatorial algorithms. Moreover, the multiband channel (mmWave, WIFI, visible light communication) assignment of D2D communication pairs to obtain maximum data rates and QoS. The mmWave relay problems need special online algorithms such as sleeping bandits. A smart procedure is to merge both wireless communications and ML theory experts i.e., the two teams, to overcome this bottleneck and bring future mmWave applications to reality.

4 . 研究成果 (Research Results)

Our research delivered tangible benefits, including:

- **Enhanced Performance:** MAB-driven techniques enabled B5G/6G networks to dynamically adapt to changing conditions, leading to lower latency, and improved overall quality of service.
- **Energy Efficiency:** By intelligently managing resources and modifying the MAB schemes, networks can operate with reduced energy consumption, extending device battery life.
- **Innovation:** The integration between online learning schemes and B5G/6G opened the doors to new applications and metaverse services, over-the-air updates for smart vehicles, etc.
- **Robustness and fast convergence:** AI-enabled self-optimization and self-healing mechanisms will make B5G/6G networks more resilient against failures and external disruptions and highly converge to optimal solutions.
- **Research outcomes for different B5G/6G scenarios:** Our solutions included different B5G/6G scenarios and use cases, including Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), Softwarization of 6G networks using Bandits, Reconfigurable intelligent surfaces (RIS), UAV-mounted RIS, Relay probing, Hybrid RF/VLC communications, Metaverse Content Update, millimeter Wave (mmWave) Concurrent Beamforming, Millimeter Wave (mmWave) device-to-device (D2D) neighbor discovery and selection, Wireless sensor networks, and Vehicle classification using seismic data.

Some of our results are published in highly top conferences (IEEE Globecom, IEEE PIMRC) and journals (IEEE Network, IEEE IOT Journal, IEEE TVT Journal, IEEE Systems journal, etc.)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 16件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Hashima Sherief, Hatano Kohei, Takimoto Eiji, Mohamed Ehab Mahmoud	4. 巻 12
2. 論文標題 Budgeted Thompson Sampling for IRS Enabled WiGig Relaying	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Electronics	6. 最初と最後の頁 1146 ~ 1146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics12051146	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 Hashima Sherief, M. Fouda Mostafa, Hatano Kohei, Kasban Hany, Mohamed Ehab Mahmoud	4. 巻 14
2. 論文標題 Dual objective bandit for best channel selection in hybrid band wireless systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing	6. 最初と最後の頁 4115 ~ 4125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12652-022-04475-8	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 Hashesh Amira O., Hashima Sherief, Zaki Rokaia M., Fouda Mostafa M., Hatano Kohei, Eldien Adly S. Tag	4. 巻 10
2. 論文標題 AI-Enabled UAV Communications: Challenges and Future Directions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 92048 ~ 92066
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3202956	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 Hashima Sherief, Hatano Kohei, Fouda Mostafa M., Fadlullah Zubair M., Mohamed Ehab Mahmoud	4. 巻 11
2. 論文標題 Cost-Aware Bandits for Efficient Channel Selection in Hybrid Band Networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electronics	6. 最初と最後の頁 1782 ~ 1782
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics11111782	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 Mohamed Ehab Mahmoud, Hashima Sherief, Hatano Kohei	4. 巻 11
2. 論文標題 Energy Aware Multiarmed Bandit for Millimeter Wave-Based UAV Mounted RIS Networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Wireless Communications Letters	6. 最初と最後の頁 1293 ~ 1297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LWC.2022.3164939	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 Mohamed Ehab Mahmoud, Hashima Sherief, Hatano Kohei, Fouda Mostafa M.	4. 巻 10
2. 論文標題 Cost-Effective MAB Approaches for Reconfigurable Intelligent Surface Aided Millimeter Wave Relaying	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 81642 ~ 81653
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3195303	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 Mohamed Ehab Mahmoud, Hashima Sherief, Hatano Kohei, Takimoto Eiji, Abdel-Nasser Mohamed	4. 巻 11
2. 論文標題 Load Balancing Multi-Player MAB Approaches for RIS-Aided mmWave User Association	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 15816 ~ 15830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2023.3244781	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 Hashima Sherief, Hatano Kohei, Mohamed Ehab Mahmoud	4. 巻 1
2. 論文標題 Advanced MAB Schemes for WiGig-Aided Aerial Mounted RIS Wireless Networks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 CCNC Conference, Lasvegas, USA	6. 最初と最後の頁 469 ~ 472
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CCNC51644.2023.10060437	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 Hashima Sherief, Hatano Kohei, Mohamed Ehab Mahmoud	4. 巻 12
2. 論文標題 Comparison of Energy Aware and Cost Subsidy Multi Armed Bandit Solutions for Supreme Channel Election in Hybrid Band Systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 10th International Japan-Africa Conference on Electronics, Communications, and Computations (JAC-ECC), Alexandria, Egypt	6. 最初と最後の頁 10 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JAC-ECC56395.2022.10043887	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 Hashima Sherief, Fouda Mostafa M., Sakib Sadman, Fadlullah Zubair Md, Hatano Kohei, Mohamed Ehab Mahmoud, Shen Xuemin	4. 巻 9
2. 論文標題 Energy-Aware Hybrid RF-VLC Multi-Band Selection in D2D Communication: A Stochastic Multi-Armed Bandit Approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Internet of Things Journal	6. 最初と最後の頁 18002 ~ 18014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JIOT.2022.3162135	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 Fouda Mostafa, Hashima Sherief, Sakib Sadman, Fadlullah Zubair, Hatano Kohie, Shen Xuemin	4. 巻 71
2. 論文標題 Optimal Channel Selection in Hybrid RF/VLC Networks: A Multi-Armed Bandit Approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Vehicular Technology	6. 最初と最後の頁 6853 ~ 6858
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVT.2022.3163078	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 Hashima Sherief, Fouda Mostafa M., Fadlullah Zubair Md, Mohamed Ehab Mahmoud, Hatano Kohei	4. 巻 1
2. 論文標題 Improved UCB-based Energy-Efficient Channel Selection in Hybrid-Band Wireless Communication	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Global communication conference Madrid, Spain	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/GLOBECOM46510.2021.9685996	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 Hashima Sherief, Mohamed Ehab Mahmoud, Hatano Kohei, Takimoto Eiji	4. 巻 1
2. 論文標題 WiGig Wireless Sensor Selection Using Sophisticated Multi Armed Bandit Schemes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE ICMU conference Tokyo, Japan	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/ICMU50196.2021.9638849	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 Mohamed Ehab Mahmoud, Hashima Sherief, Hatano Kohei, Fouda Mostafa M., Fadlullah Zubair Md	4. 巻 70
2. 論文標題 Sleeping Contextual/Non-Contextual Thompson Sampling MAB for mmWave D2D Two-Hop Relay Probing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Vehicular Technology	6. 最初と最後の頁 12101 ~ 12112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVT.2021.3116223	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 Mohamed Ehab Mahmoud, Hashima Sherief, Hatano Kohei, Aldossari Saud Alhajaj, Zareei Mahdi, Rihan Mohamed	4. 巻 10
2. 論文標題 Two-Hop Relay Probing in WiGig Device-to-Device Networks Using Sleeping Contextual Bandits	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Wireless Communications Letters	6. 最初と最後の頁 1581 ~ 1585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LWC.2021.3074972	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 Hashima Sherief, Hatano Kohei, Kasban Hany, Mahmoud Mohamed Ehab	4. 巻 21
2. 論文標題 Wi-Fi Assisted Contextual Multi-Armed Bandit for Neighbor Discovery and Selection in Millimeter Wave Device to Device Communications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 2835 ~ 2835
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21082835	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 Hashima Sherief, Fadlullah Zubair Md, Fouda Mostafa M., Mohamed Ehab Mahmoud, Hatano Kohei, ElHalawany Basem M., Guizani Mohsen	4. 巻 37
2. 論文標題 On Softwarization of Intelligence in 6G Networks for Ultra-Fast Optimal Policy Selection: Challenges and Opportunities	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Network	6. 最初と最後の頁 190 ~ 197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MNET.103.2100587	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 Mohamed Ehab Mahmoud, Hashima Sherief, Hatano Kohei, Khallaf Haithem S.	4. 巻 12
2. 論文標題 LEO-Assisted Aerial Deployment in Post-Disaster Scenarios Using a Combinatorial Bandit and Genetic Algorithmic Approach	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Electronics	6. 最初と最後の頁 4964 ~ 4964
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics12244964	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 Hosny Ramez, Hashima Sherief, Mohamed Ehab Mahmoud, Zaki Rokaia M., ElHalawany Basem M.	4. 巻 7
2. 論文標題 Budgeted Bandits for Power Allocation and Trajectory Planning in UAV-NOMA Aided Networks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Drones	6. 最初と最後の頁 518 ~ 518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/drones7080518	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 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Sherief Hashima
2. 発表標題 Comparison of Energy Aware and Cost Subsidy Multi Armed Bandit Solutions for Supreme Channel Election in Hybrid Band Systems
3. 学会等名 10th International Japan-Africa Conference on Electronics, Communications, and Computations (JAC-ECC), Alexandria, Egypt (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sherief Hashima
2. 発表標題 Advanced MAB Schemes for WiGig-Aided Aerial Mounted RIS Wireless Networks
3. 学会等名 IEEE 20th Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sherief Hashima
2. 発表標題 Bandit Formulations for UAV mounted RIS Networks
3. 学会等名 MBZUAI & RIKEN-AIP Joint Workshop on Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sherief Hashima
2. 発表標題 Online Learning Based Solutions for B5G/6G Communication Systems
3. 学会等名 第3 4回IBISML研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sherief Hashima
2. 発表標題 Improved UCB-based Energy-Efficient Channel Selection in Hybrid-Band Wireless Communication
3. 学会等名 IEEE Globecom (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sherief Hashima
2. 発表標題 WiGig Wireless Sensor Selection Using Sophisticated Multi Armed Bandit Schemes
3. 学会等名 ICMU Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sherief Hashima
2. 発表標題 AI Enhanced RIS empowering 6G networks
3. 学会等名 S410T 24 Kuwait
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Researchgate webpage https://www.researchgate.net/profile/Sherief-Hashima Researchmap webpage https://researchmap.jp/sheriefhashima IEEE webpage https://ieeexplore.ieee.org/author/37072940900 ORCID webpage https://orcid.org/0000-0002-4443-7066 Research gate webpage of Sherief Hashima https://www.researchgate.net/profile/Sherief-Hashima Sherief Hashima Research map webpage https://researchmap.jp/sheriefhashima
--

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

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			
米国	College of Science and Engineering	Idaho State University		
カナダ	Computer Science Department	Western University		
サウジアラビア	Electrical Engineering Dept	Prince Sattam bin abdelaziz univeristy		
エジプト	Electrical Engineering Dept	Benha University		
サウジアラビア	Prince Sattam bin abdelaziz university			
米国	Idaho State University			
カナダ	Western University			
エジプト	Egyptian Atomic Energy Authority			
サウジアラビア	Prince Sattam bin abdelaziz university			
米国	Idaho State University			
カナダ	Lakehead University			