



D2DやUAV、AIによるネットワーク制御に関する研究開発動向



東北大学大学院情報科学研究科
特任助教

かわもと ゆういち
川本 雄一



東北大学大学院情報科学研究科
教授

かとう ねい
加藤 寧

1. はじめに

情報通信分野の発展は目覚ましく、“いつでも、どこでも、誰とでも”つながるユビキタスネットワークの時代を経て、ありとあらゆる“モノ”に通信機能が搭載されるIoTの時代となった。スマートフォンや携帯電話をはじめとする通信機器のみならず、ゲーム機、電子レンジ、冷蔵庫といった家電製品までもがネットワークにつながり、クラウド、ビッグデータといった技術の進化と相まって、多種多様なサービスを新たに生み出し、私たちの生活をより豊かに、便利なものへと変えている。一方、これらのサービスの根幹を支える“通信技術”も日々進化している。携帯電話網の例を一つ取ってみても第4世代移动通信システム、いわゆる4Gのサービスエリアも拡大が進み、時代は5G、果てはその先を見据えた研究開発も進んでいる。またWiFiに代表される無線LANの普及も著しく、ユーザの視点で見るとつながるネットワークを選択することが可能となった。この選択可能なネットワークは今後さらに増えていく可能性を秘めており、そもそもネットワークを“選択する”ことすら必要がなくなる可能性も大きい。通信の在り方は将来大きく変わっていくだろう。一方、サービスの多様化・高度化に伴い、ネットワークを流れるトラフィック量も爆発的に増大しており、ユーザからは直接的には見えない部分でこれを支える通信基盤の重要性も日々増している。

本稿ではこれからの未来の通信技術として端末間 (D2D: Device to Device) 通信技術、無人航空機 (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) を利用した通信技術について、我々の研究グループが進めている研究開発事例を参考に紹介し、さらに通信基盤としてのネットワーク制御技術と人工知能 (AI: Artificial Intelligence) の融合による進化について論じる。

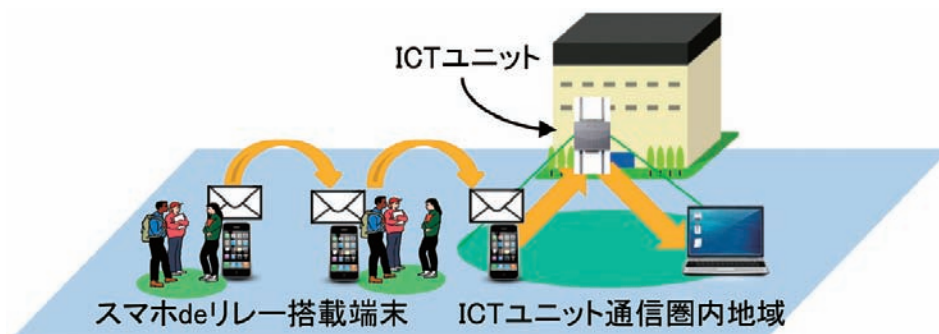
2. D2D

はじめにD2D通信技術の持つ可能性とその利活用に向けた技術課題について、本研究グループが開発した「スマ

ホdeリレー」技術に着目しながら紹介する。

過疎地域や発展途上国など通信インフラが十分に整備されていない場所や大規模災害の発生により通信インフラに被害が及んだような場所では、広範囲に情報を伝達することが難しいと考えられる一方、迅速な情報の周知や災害時の安否確認の手段としての情報通信技術への期待は高い。これを解決するための手段として注目されているのが無線通信システムを搭載した移動端末同士だけでネットワークを構築するD2D通信技術である。またこのD2D通信技術を利用することで、イベント会場やスポーツ観戦時といったユーザ密度が極端に高いような環境でも、臨時に、かつ柔軟にネットワークを構築しサービスを提供することが可能であり、様々な用途での応用が検討されている。

我々の研究グループはこれまでこのD2D通信技術の一つの実現形態として、「スマホdeリレー」の開発に取り組んできた^[1, 2]。「スマホdeリレー」はモバイル通信端末のみで構築する自律分散ネットワークの制御技術であり、停電などで基地局が使用できない大規模災害時等にも利用できるネットワークとして注目されている。既存の自律分散ネットワーク技術のほとんどは、通信環境が変動する状況ではその性能が著しく不安定になるといった課題を抱えていたが、それに対して「スマホdeリレー」では、異なるネットワーク制御技術を高度に連携動作させることにより、変動する通信環境に自律的に適応し、ネットワークの不安定化を回避・軽減することが可能である。本技術はその将来性を高く評価され、2015年7月には「フジサンケイビジネスアイ 独創性を拓く先端技術大賞 特別賞」を受賞しており、世間からの注目度も非常に高い。また本技術は既に実用化に向けた各種検討も進められており、地方自治体と連携した実証実験等も行っている。高知市では2018年1月に災害発生時に避難者情報を収集するための方法として利用するための訓練を実施するなど、実用化を見据えた取り組みが行われている。また一方で、現在、国の主導の下NTTグループが



■図1. 「スマホdeリレー」とICTユニットの協調動作によるネットワーク構築例

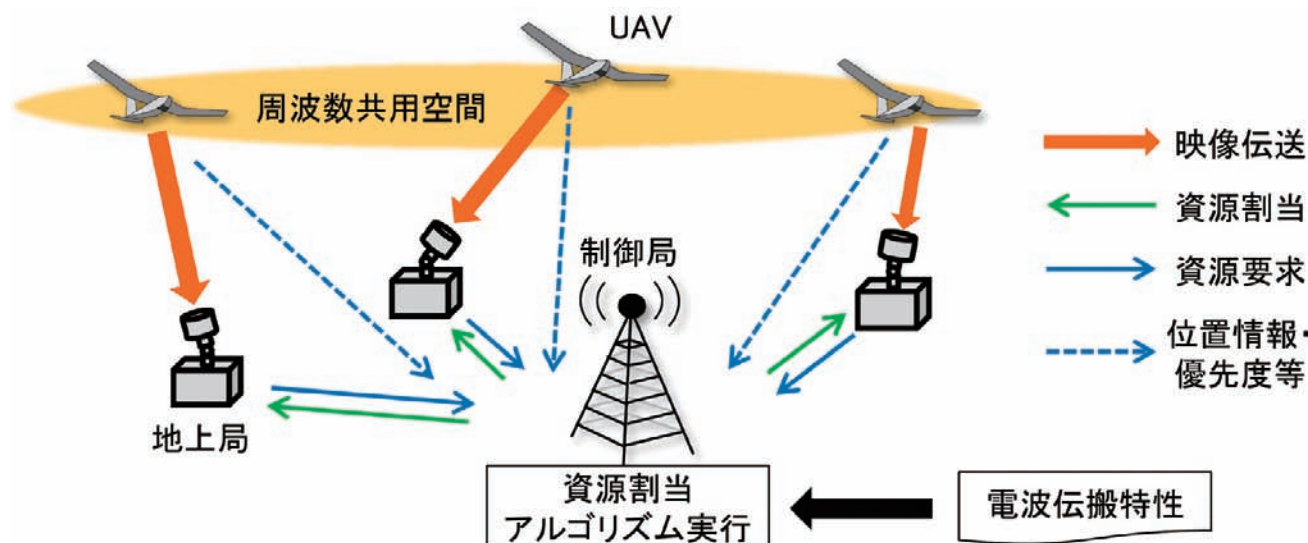
中心となって開発を進めている、大規模災害時での柔軟かつ簡易な情報通信サービス提供を目的とした「移動式ICTユニット」との連携に向けた取組みも実施中である。図1にその連携のイメージ図を示す。移動式ICTユニットは、可搬型のボックスに通信機能と情報処理・蓄積機能の両方を収納したもので、被災地で要望される情報通信サービスの提供をいち早く可能にする技術である。このICTユニットのカバーエリア拡大を目的とし、図1に示すように「スマホdeリレー」がICTユニットのエリア外にて通信を補完し、両技術を連携させることでより効率的に被災地での情報通信を提供可能とする。

いくつかの事例を紹介したが、D2D通信技術の実利用はまだまだこれからであるものの、その秘めた可能性は非常に高いものとして世間にも認知されつつある。今後の更なる研究開発による展開を期待したい。

3. UAV

次に、近年様々な新しいサービスを生み出す可能性のある分野として注目を集めるとともに、急激な普及・発展が進むUAV、いわゆるドローンを用いた情報通信技術に関して紹介する。

UAVはその高性能化・低価格化に伴い、農業やインフラ管理といった分野では既に一部実用化も進みつつあり、宅配などのサービス業での利用に向けた取組みも活発に実施されている。またUAVの利用に欠かせない通信技術に関しても検討が進んでいる。総務省主導で2.4GHz帯及び5.7GHz帯に無人移動体画像伝送システムが制度化され、各種利用における法制度等も整備が進んでいる。この無人移動体画像伝送システムは、一般業務用として2016年8月に制度化されたもので、送信出力も最大1Wと大きく、高画質な映像の長距離伝送を可能とするメイン回線用とし



■図2. UAVを利用した映像伝送システムの全体像



て、2.4GHz帯及び5.7GHz帯等の周波数を新たに確保したものである。

これらの動きに伴い、UAVを利用した画像伝送システム実現に向けた研究会開発プロジェクトが総務省委託により実施されており、我々の研究グループは同プロジェクトの一員としてその検討に取り組んでいる。本研究開発プロジェクトでは、複数のUAVが上空で撮影した映像を地上にリアルタイム伝送するサービスを想定し、効率的に周波数資源を共用するための研究開発を実施している。図2にその全体概要図を示す。研究開発実施内容としては、UAVに特有の電波伝搬特性のモデル化や、伝送容量を削減するための映像処理技術、伝送システムの低消費電力化及び小型化などがあり、我々の研究グループは特に通信の効率化を目的とした資源割当アルゴリズムの開発に携わっている^[3,4]。撮影した映像を地上に送信するために利用可能な通信資源は限られており、今後のUAV数の増加に鑑みると、限られた周波数を効率的に利用するための技術開発が重要となってくる。

現在、国を挙げて研究開発を実施しているUAV分野であるが、今後の新たな市場開拓、それに伴う需要の増加、機器の進化などを考慮すると、同分野に関する早期検討は必須であり、その利用方法も含めて統合的な研究開発、法整備等を進めていく必要がある。

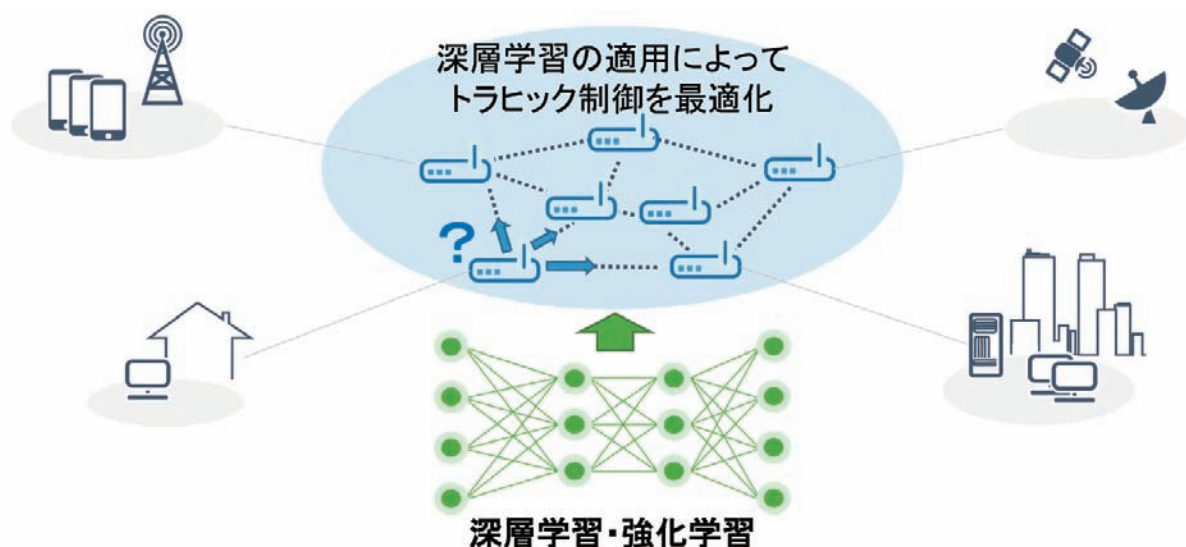
4. AIによるネットワーク制御

最後に人工知能 (AI) を活用した情報通信ネットワーク

の実現に関する話題について紹介する。

最近の話題の一つとしては「アルファ碁」が挙げられるだろう。囲碁や将棋ではAIが人間の思考を上回り、AIブームの再来を呼び起こした。これだけにとどまらず、様々な分野においてAIを活用しようとする動きが見られるのが今日の風潮である。画像認識、音声認識、ロボット工学、自動運転、自然言語処理など、情報科学の多くの分野でも応用研究が実施され、有効性が実証されてきた。情報通信ネットワークの分野でも機械学習、深層学習といったワードとともにその検討が活発化している。

我々の研究グループはそのような中、ネットワークを流れるトラフィックの制御に深層学習を適用するといったアプローチをいち早く提唱し、その成果を世界に向けて発信してきた^[5,6]。近年の情報通信分野の機器や技術の急速な発展により、その量も種類も爆発的に増大しているデータトラフィックを制御するためには、リアルタイムに変化する膨大な量のデータを取り扱わなければならないという大きな問題があり、これまで種々の取り組みがなされてきたが、未だこの問題を解決し得る新たな制御方式の実現には誰も至っていない。また、既存のネットワークにおいて実際に利用されている制御手法も、多少の改良はなされ続けてはいるものの、その基本的な部分はインターネット初期の時代から変わっていない。そこで我々は、その抜本的な解決方法として深層学習を活用した全く新たなアプローチを提案している。図3にそのイメージ図を示す。本研究による取り組みが実現された暁には、既存のネットワークインフラの在り方を根



■図3. 深層学習を適用したトラフィック制御のイメージ図



本から変えることが可能であり、トラヒックの適切な制御の実現により、ネットワークにおける輻輳発生を抑制し、遅延及びパケットロス率が大幅に低減される。また、将来的には現在のネットワークの根幹をなすIPによるシステムに取って代わり、End-to-Endの通信品質を飛躍的に向上させることが期待される。

将来、人智を超える可能性のあるAIと情報通信ネットワークとを融合し、ネットワークに知性を埋め込むことが本研究の目指す最終的な姿であり、その重要性は極めて高い。

5. おわりに

近年話題のトピックに着目し、いくつかの情報通信技術、それらに関する研究開発の取り組みについて紹介してきたが、当該技術に関して今後さらに研究開発を進めていくことで、情報通信の歴史を塗り替えるようなイノベーションを実現することを期待する。

謝辞

本稿で紹介した研究の一部は、総務省委託研究開発「無人航空機システムの周波数効率利用のための通信ネットワーク技術の研究開発」、及び総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によるものである。

（2018年1月12日 ITU-R研究会より）

参考文献

- [1] H. Nishiyama, T. Ngo, S. Oiyama, and N. Kato, "Relay by Smart Device : Innovative Communications for Efficient Information Sharing Among Vehicles and Pedestrians," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 10, no. 4, pp. 54-62, Dec. 2015.
- [2] H. Nishiyama, M. Ito, and N. Kato, "Relay-by-Smartphone: Realizing Multi-Hop Device-to-Device Communications," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 4, pp. 56-65, Apr. 2014.
- [3] Y. Kawamoto, H. Nishiyama, N. Kato, F. Ono, and R. Miura, "Toward Future Unmanned Aerial Vehicle Networks : Architecture, Resource Allocation and Field Experiments," *IEEE Wireless Communications Magazine*, Accepted.
- [4] D. Takaishi, Y. Kawamoto, H. Nishiyama, N. Kato, F. Ono, and R. Miura, "Virtual Cell-Based Resource Allocation for Efficient Frequency Utilization in Unmanned Aircraft Systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 67, no. 4, pp. 3495-3504, Apr. 2018.
- [5] F. Tang, B. Mao, Z. M. Fadlullah, N. Kato, O. Akashi, T. Inoue, and K. Mizutani, "On Removing Routing Protocol from Future Wireless Networks : A Real-time Deep Learning Approach for Intelligent Traffic Control," *IEEE Wireless Communications Magazine (WCM)*, vol. 25, no. 1, pp. 154-160, Feb. 2018.
- [6] B. Mao, Z. M. Fadlullah, F. Tang, N. Kato, O. Akashi, T. Inoue, and K. Mizutani, "Routing or Computing? The Paradigm Shift Towards Intelligent Computer Network Packet Transmission Based on Deep Learning," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 66, no. 11, pp. 1946-1960, Nov. 2017.