

未来のネットワーク技術

～IoT/M2M, VR/AR, B5G/6G～



研究ノート

猿渡 俊介*, 藤橋 卓也**, 渡辺 尚***

Networking Technology of the Future

Key Words : B5G, 6G, IoT, M2M, VR, AR

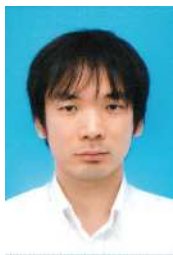
はじめに

研究ノートを依頼されたときに、筆者らの研究の詳細を紹介したとしても産業界の方々に興味をもって読んでいただけるだろうかという不安があった。筆者らの専門はネットワーク技術である。ネットワークは目に見えないため、特に「モノ作り」の現場で活躍されている方々には直接的には見え辛い。そこで本稿では、筆者らの研究の背景となっている社会の流れを起点にして、産業界との共同研究を視野

に入れながらここ数年で取り組み始めた研究に焦点を絞って説明することを試みる。研究の詳細やより専門的な内容に関しては論文を公開している研究室のホームページ [1] を参照されたい。

未来予測

未来の予測は難しい。IT の分野においては、ネットワークなどのインフラ技術は直接人の目に触れることがないことから「もうやることはないのではないか」と感じる人は学生や企業人だけでなく、研究者にも多い。驚くべきことに、ネットワーク技術の研究者ですら「もうやることがない」と言う人がいる。そもそも人は未来を予測するのが下手である。徐々に性能が改善して行くような連続的に見える変化を予測するのは得意である。しかしながら、とある技術 A が別の技術 B に置き換わるような非連続に見える変化を予測することはとても苦手とする。ここで面白いのは、技術 A も技術 B もそれぞれ独立に見ると両方とも研究者によって連続的に進化している点である。図 1 に技術 A と技術 B の比較を示す。のちに技術 B に駆逐される技術 A は、過去においては技術 B よりも圧倒的に優れているため、研究開発費も投資され、連続的に進化し続ける。技



* Shunsuke SARUWATARI

東京大学大学院新領域創成科学研究科
博士後期課程修了 (2007年)
現在、大阪大学 大学院情報科学研究科
情報ネットワーク学専攻 准教授
博士 (科学)



** Takuya FUJIHASHI

大阪大学大学院情報科学研究科
博士後期課程修了 (2016年)
現在、大阪大学 大学院情報科学研究科
情報ネットワーク学専攻 助教
博士 (情報科学)



*** Takashi WATANABE

大阪大学大学院工学系研究科
博士後期課程修了 (1987年)
現在、大阪大学 大学院情報科学研究科
情報ネットワーク学専攻 教授
博士 (工学)

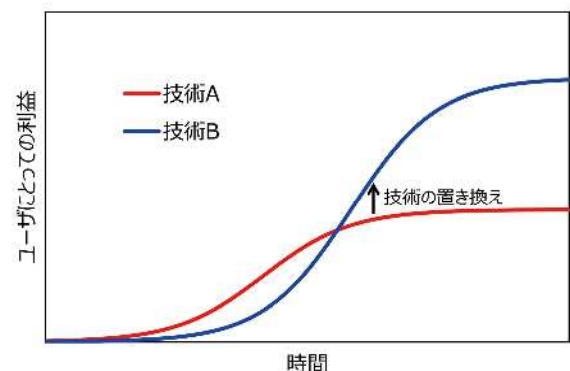


図1

術Bは技術Aで、技術Aとは全く異なる世界で、未来に技術Aに置き換わると想像している人がほとんどいない中で、別の用途を対象として細々と連続的に進化し続ける。そしてどこかのタイミングで技術Bの総合的な利点が技術Aよりも人々に多くの利益をもたらすことに気が付き、一気に技術Aが技術Bに置き換わる。人々の目からは図1の技術の置き換え地点において非連続な変化が生じたように見える。また、政治的な理由、社会的受容性、既得権益など様々な要因が絡み合うので「技術の置き換え」がいつどのタイミングで発生するかを予想するのは極めて難しい。ネットワーク技術では、家の有線電話が携帯電話に、携帯電話がスマートフォンに、電話回線ネットワークがIP (Internet Protocol) ネットワークに、テレビ放送がYouTubeなどの動画配信に置き換わってきた。

さて、未来のネットワーク技術はどのようなものになっていくであろうか？筆者らは図2に示しているように物理空間と電腦空間を統合するためのネットワーク技術が重要になってくると考えている。物理空間とは、我々が日々生活をしているこの空間である。電腦空間とは、コンピュータがネットワークを構築したインターネットやウェブなどの仮想的な空間である。ネットワーク技術が物理空間と電腦空間をつなぐことで、新しいサービスを生み出すことができる。例えばネットワークを介した遠隔手術は、今はまだ技術的な課題が多いために実現することができない。しかしながら、長距離をリアルタイムにかつ大容量・高信頼に情報交換が可能なネットワーク技術を実現できれば、人間の医者の指示に従う医療ロボットが人間の能力と同じ精度、場合によっては人間を超えた精度で世界中どこでも手術が受

けることができるようになる。

筆者らが取り組んでいるネットワーク技術の研究に関連する主なキーワードはIoT/M2M、VR/AR、B5G/6Gである。物理空間を主戦場とするIoT/M2M、AR、主に電腦空間を主戦場とするVR、そしてそれをつなぐのがB5G/6Gとなる。

IoT/M2M

IoT (Internet-of-Things) とM2M (Machine-to-Machine) はモノがネットワークに接続された状態を意味する言葉である。元来、ネットワークは人と人とを接続する技術であった。2000年ごろから徐々にモノをネットワークに接続する試みが開始され、今や車、自動販売機、ドローン、腕時計、テレビ、眼鏡、歯ブラシなど既に多くのモノがネットワークに接続され始めている。そしてモノをネットワークに接続するためには無線ネットワークが不可欠である。

IoTが実現されることで我々の生活するこの物理空間の情報を電腦空間上で扱うことが可能となり、新しいサービスを実現することができる。例えば、ドローンによる生活空間でのサービス、自動運転車、機器内センサネットワークなどを実現するためにはネットワーク技術の進化が不可欠である。筆者らは、センサからの情報を取り込むためのセンサネットワーク、電波を用いてレーダーのようにダイレクトに物理空間の状態を抽出するワイヤレスセンシング、無線アクセスポイントから電力を送る無線電力伝送などの基礎研究から、崩壊現象のビッグデータを取得する軍艦島モニタリングの計測システムやクラウドサービスなどの応用研究まで幅広く取り組んでいる。

本稿では筆者らが最近取り組んでいるIoT関連の研究の1つとして、名刺型センサを用いたコラボレーションのモニタリングを紹介する。図3にコラボレーションモニタリングの例を示す。学習科学の研究者らと共同で、どのようなコラボレーションがグループワークに良い影響を与えるかの分析を進めている。名刺型センサの最大の特徴はセンサ同士が無線通信を介して数十マイクロ秒以内の精度で同期をとっていることである。数十マイクロ秒以内の同期がとれていると、各センサでサンプリングするタイミングも同期が取れるため、より高精細な情



図2



図3

報の抽出と解析が可能となる。名刺型センサ内部には各ユーザの活動量を捉える加速度センサ、誰と誰が対面しているかを捉える赤外線送受信機、いつどのタイミングで誰と誰が会話をしているかを抽出する音圧センサを具備している。現段階では、3名によるグループワークにおいて、情報収集期間、議論期間、まとめ期間をデータマイニング技術を用いて自動抽出することに成功している。

VR/AR

VR (Virtual Reality: 仮想現実) や AR (Augmented Reality: 拡張現実) は人間の現実 (Reality) を変容させる技術を意味する言葉である。コンピュータネットワークが織りなす電腦空間にヘッドマウントディスプレイなどのデバイスを通して人間自体が入り込むのが仮想現実 (VR)、電腦空間が物理空間に染み出して物理空間を拡張する状態が拡張現実 (AR) である。

4K 映像、ヘッドマウントディスプレイ、360 度カメラ、多視点映像などさまざまな映像撮影技術やディスプレイ技術が登場している。これらの技術は未来の仮想現実や拡張現実を実現するために不可欠な技術である。映像入力装置と映像出力装置とをネットワークを介して接続することで、物理的に離れた空間やコンピュータ上の電腦空間を融合すること

が可能となる。これらのヘッドマウントディスプレイや 360 度カメラはモノがネットワークに繋がるという意味では IoT に含まれる。

具体的な研究例としては、ネットワークゲームを対象としたネットワーク遅延抑制技術が挙げられる。ここで注意されたいのは、ネットワーク遅延抑制技術はゲームのみならず未来に登場する応用において根幹となる技術にもなることである。人命には直接関わらず、かつ e-sports でこれからますます盛り上がっていくネットワークゲームにおいてネットワーク遅延抑制技術を確立することで、未来に登場しうるドローンの遠隔制御、自動運転、遠隔手術にも適用可能な技術を実現したいという狙いがある。

図 4 に深層学習を利用したネットワーク遅延抑制技術を示す。例として、遠隔にいる 2 人のユーザが、お互いを標的として弾丸を打ち合うネットワークゲームを考える。ネットワークに遅延がある場合、ユーザがゲーム上で本来いる位置がもう一方のユーザに遅れて到達すると、ゲームの本来は命中すべき弾丸が命中しないという事態が発生する。そこで本研究では、DQN (Deep Q Network) と呼ばれる深層学習技術の一種を用いてユーザの過去の行動パターンから遅延が無い場合のユーザの位置を補正することでゲームの遅延の影響を削減することに成功している。

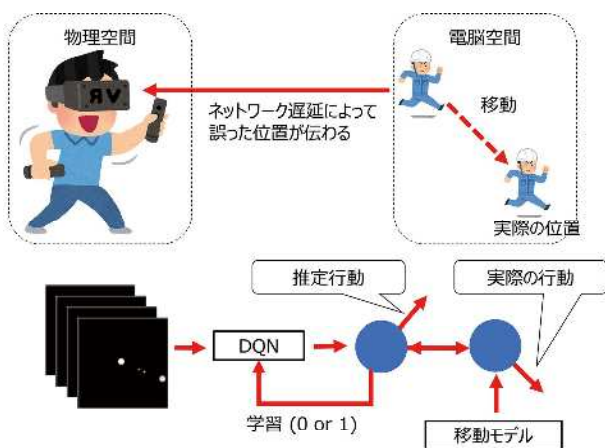


図4

B5G/6G

スマートフォンの普及に伴って、LTE や Wi-Fi 等の無線ネットワークからのインターネット接続が急速に広がっている。総務省情報通信白書によれば、モバイルトラフィックは年間約 2 倍のペースで増加しており、その傾向はさらに強まっている。その他、2020 年には 7 兆台の無線機器が 70 億人の生活を支える時代、つまり一人あたり 1000 台の超多端末モバイル時代が来るとの予想などが報告されている。

B5G (Beyond 5G) と 6G は 2020 年にリリースされた 5G のさらに次の無線ネットワークを意味する言葉である。5G、さらに現在の携帯電話の規格である LTE の段階で既に IoT は適用領域として視野に入っている。物理空間と電腦空間を密結合するためには、無線ネットワークの進化が重要である。5G では、超高速大容量、超低遅延、多数同時接続を提供すると謡っている。多様高速大容量と超低遅延は動画配信サービス、遠隔のロボット・ドローン・自動車を制御する際に不可欠な要素である。多数同時接続はありとあらゆるモノが接続される IoT/M2M の実現に不可欠な要素である。

5G の次を担う B5G と 6G は、5G よりもさらに

VR/AR、IoT/M2M を支える技術となることが求められる。これに向けて、筆者らは超多数の無線通信デバイスが設置された空間において、電波を用いて、通信のみならず、センシングやエネルギー伝送を実現することを目指している。通信では、多数の無線通信デバイスが協調することで超高速大容量の分散 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 伝送が実現できる。IoT デバイス側で電波を反射する・しないを切り替えることで、電波の送信に必要な電力を現状の数 mW から数 μ W まで 1000 分の 1 に削減することもできる。電波によるセンシングはワイヤレスセンシングと呼ばれる。電波の情報から人の呼吸数や心拍数を抽出することにも成功しており、無線デバイスを展開するだけで健康管理のインフラを提供することもできる。電波によるエネルギー伝送はバッテリーで駆動するスマートフォンや IoT デバイスにとって有用である。例えば無線デバイスが存在する空間にだけでスマートフォンやスマートウォッチが自動的に充電されるようになる。

おわりに

本稿では、筆者らが取り組んでいるネットワーク技術の研究に関して、IoT/M2M、VR/AR、B5G/6G のキーワードを周辺に紹介した。紹介した研究の一部は企業との共同研究として進めている。筆者らは、大学の役割は、新たな知識を創りながら企業が手を出すことが難しいハイリスクな分野を率先して開拓していくことだと考えている。現在と未来を接続するためにも、大学と共同で未来の社会を模索することに興味のある企業の方には気軽に連絡を頂きたい。

参考文献

- 1) 大阪大学大学院情報科学研究科渡辺研究室ホームページ, <http://www-int.ist.osaka-u.ac.jp/>