



AN INTRODUCTION TO THE INTERNET OF THINGS

IoT (モノのインターネット) の紹介



IoT (Internet of Things: モノのインターネット) の概念はもはや SF の話ではなく、私達の日常生活の現実の不可欠な部分となっています。現在、世界中で 130 億台以上のデジタル電子デバイスが相互接続され動作しています。これは、地球上の各人にほぼ 2 台のデバイスに相当します。現在 IoT の最も一般的な例は、プログラム可能なサーモスタットやリモート制御された家電製品などのいわゆる「スマートホーム」デバイスで構成されていますが、IoT の将来に見込まれる著しい発展成長は、商工業環境から医療や公衆安全に至るまで、ほぼ全ての経済部門でこの技術を応用することから生まれる可能性が高いのです。

本ホワイトペーパーでは、IoT の継続的かつ幅広い展開を後押しするであろう技術や規格の一般的概要を紹介し、現在及び未来の IoT の状況から始まり、次に IoT を実現する技術について具体的に説明してから、現在進行中の規格の策定活動の詳細を示します。最後に、規格や規制の将来への見通して締めくくります。

IoT の展望

IoT (Internet of Things: モノのインターネット) は、IoE (Internet of Everything: あらゆるものがインターネットに接続される世界) と呼ばれることもあり、通常は、直接的な人間の介入なしに無線プロトコルを介して互いに通信する、複数のデバイスつまり製品プラットフォーム (“things: モノ”) のネットワークのことを指しています。IoT に対応するデバイスを介して行われる接続によって、幅広い活動や業務を支援するために必要なデータの迅速かつ効率的なデータ転送が促進されます。このようにして、IoT 技術の応用は、効率の向上、性能アップ、安全性の強化など、大幅な業務の改善につながる可能性があります。

IoT を単一のグローバルネットワークと考えている人が多いですが、実際には、IoT という言葉は、効率的なエネルギーの配分と利用 (いわゆるスマートグリッド) を推進する様々

なサービス部門、ホームオートメーションシステム、車両交通管理及び医療サービスなどの部門の、独立しているが相補的な多数のネットワークを包含しています。実際に、技術系リサーチ & コンサルタント会社 Beecham Research では、9 つの異なる IoT サービス部門と、現在及び潜在的な IoT の開発または展開に関する 29 の別個の応用分野を特定しています。

IoT 技術のこの幅広い適用性の可能性は、将来の IoT 市場における収益と成長の予測に反映されています。IDC Research では、IoT に関する製品とデバイスのグローバル市場規模は、現在約 6550 億米ドルであり、2020 年までに 1.7 兆ドルまで増大する (年平均成長率 (CAGR) 16.9%) と推定しています。ABI Research の別の予測では、IoT に接続されるデバイスの数は、2014 年の約 160 億個から 2020 年までにほぼ 410 億個まで増加すると指摘されています。こ



これらの数値から明らかのように、今後数年にわたり、IoTの成長の可能性を活かすことは、技術系企業の戦略上非常に重要な要素になる可能性が高いと思われます。

IoTの状況：現在及び今後の応用分野の広がり

現在IoTは既に、コンシューマー及び商工業に関する複数の市場分野に高い技術力をもたらしています。以下に、IoT技術における現在及び潜在的な応用の例をいくつか示します。

- **コンシューマー及び住宅** — これらの市場部門におけるIoTの応用分野には、家庭用及び住宅用オートメーションツール（家電製品、照明、冷暖房、水道、娯楽システム、及び家屋のセキュリティの遠隔監視・制御）が含まれます。またこのカテゴリーに含まれるものとして、ウェアラブルコンシューマーデバイス（スマートウォッチ、スマートメガネ、ウェアラブルデバイスを埋め込んだ衣服など）もあります。
- **健康及び医療** — これらの市場には、身体活動を監視する個人用健康フィットネスデバイス（リストバンドなどの装着型デバイス）が含まれます。また、患者のバイタルデータをリアルタイムで監視・記録したり、医療従事者がどこからでも患者の医療記録を入手したり更新できるm-Health技術も含まれます。m-Health技術は、ベビーブーム世代の人が健康的に年を取ることを促し、この世代の高齢化が医療コストに与える影響を全般

的に削減するのに役立ちます。

- **交通** — 交通部門におけるIoTの応用には、交通の流れを管理し、渋滞を最小限に抑えるのに役立つスマートカー/スマート車道や、空いている駐車スペースを見つけ出すアプリケーションなどがあります。交通に関するIoTアプリケーションは、公共交通機関にも利用されており、予想される利用者数と容量のバランスをリアルタイムで調整したり、乗客に正確なスケジュール情報を提供したりするのに役立っています。
- **エネルギー・インフラ及び配給** — スマートグリッド技術は、エネルギーを生成・配給する方法を変えつつあり、電気ガス事業者が、使用量を正確に予測し、最もコスト効率の良い供給業者からエネルギーを調達することを可能にしています。またIoTスマートグリッドアプリケーションによって、エネルギー利用者は、エネルギーの使用量をより効率的に監視・制御することができ、消費量の削減のみならずインフラ設備を新設する必要性を減らすことができます。
- **公共安全** — 市町村は、公衆の安全とサービスの改善に、IoT技術を急速に導入しています。あるケースでは、こうした取り組みによって、前述した交通アプリケーションを活用して、都市部の渋滞の緩和を促進しています。その他の例として、パーキングメーターの料金の支払いを行ったり、道路の陥没や機能していない信号機の報告をし

たりするスマートフォンアプリが挙げられます。これ以外にも、市の職員が、犯罪活動の監視活動にあたるなど、警察など取締り当局の限られた人員の効果的な配置を可能にします。

- **工業及び製造** — 工業オートメーションの支援においては、生産の効率と柔軟性を高めるために、いわゆる“マシンツーマシン（machine-to-machine：M2M）”アプリケーションなどのIoT技術が広く導入されています。またメンテナンスが必要なタイミングを決定するために、製造装置の監視にIoTセンサーを使用することもできます。さらに、IoT技術によって、在庫水準と原材料の使用状況を監視し、在庫投資の最適化を促進することも可能です。
- **環境** — 最後に、IoT技術は、人間や動植物に影響を与える可能性のある環境条件の監視にも使用されています。洪水をもたらす恐れのある河川の上昇する水位、自動車や産業活動に起因する大気汚染レベルの上昇、森林火災のリスクの前兆となる可能性のある局所的な大気条件、そして地震、地滑り、雪崩のリスクを示唆している可能性のある振動パターンの検出に、IoTを搭載したセンサーを使用することができます。

これらの例は、無数にあるIoTの応用例のほんの一部に過ぎませんが、IoT技術の継続的な成長と展開によってもたらされる可能性のある多くのメリットの一部を示しています。

IoTの成長の原動力である実現技術

IoTの発展は、一握りの実現技術がベースになっています。それは、通信ネットワークとプロトコル、ハードウェア・デバイスとコンポーネント(センサー、ワイヤレス充電技術、ソフトウェアなど)です。

通信ネットワーク

IoTネットワークの範囲は、複数のIoTデバイスが動作することが予想されるエリア全体と定義できます。ローカルエリアネットワーク(LAN)は通常、オフィスや自宅程度の広さのエリアをカバーします。このエリア内で、ツイストペアケーブルや同軸ケーブルなどを使って有線で、あるいは無線通信プロトコルを使用してワイヤレスで、デバイス同士が直接接続されます。スマートホームIoT技術は、一般的にLAN環境で動作します。

ワイドエリアネットワーク(WAN)は、複数のビル群や離れた複数の場所の集合など、かなり大きなエリアをカバーします。接続は、光ファイバーケーブルや、マイクロ波あるいは衛星伝送を利用してワイヤレスで行われます。WANは、インターネットやイントラネットなど相互接続されたネットワークで構成することもできます。ほとんどのIoT技術アプリケーションや、その他のコンシューマーアプリケーションまたは住宅アプリケーションは、WAN環境で動作します。

この対極にあるのが、パーソナルエリアネットワーク(PAN)であり、通常、個室などの小さいエリアをカバーします。PANベースのIoTでは、ワ

イヤレス接続を利用して、コンピューターとプリンターなどの周辺機器や、娯楽システムとヘッドセットやリモートコントロールを接続することができます。さらに、ボディエリアネットワーク(BAN)は、各種のウェアラブル製品やスマート衣服、さらには体内埋め込み機器との接続を実現します。

ワイヤレス通信プロトコル

IoTを利用する際は、デバイス間のデータ転送を実現するために、ワイヤレス通信プロトコルの利用が必要になります。IoT技術をサポートするために、現在多数のワイヤレス通信プロトコルが使用されています。比較的広く使用されている通信プロトコルを以下に紹介します。

- *Wi-Fi* – LANベースのIoTアプリケーション向けのプロトコルであり、IEEE 802.11シリーズの規格をベースにしています。Wi-Fiは、2.4~5 GHz 周波数帯内で動作し、ワイヤレスデバイスをネットワー

クアクセスポイントに接続します。20 m程度の範囲の屋内環境で利用されます。

- *Bluetooth 及びその変種* – Bluetooth プロトコル(IEEE 802.15.1をベースにしている)も、LANベースの環境で通常は最大10 mの距離で動作しますが、Bluetooth対応機器の中には最大100 mの距離で動作するものもあります。Bluetoothの原理上の優位点は、その消費電力の少なさ、複数のデバイスを同時に処理できる能力、そして機器同士が見通せる状態でもワイヤレスで転送できることにあります。Bluetoothの変種であるBluetooth LE(Bluetooth Smartとも呼ばれる)は、Bluetoothの通信上の利点をすべて実現しつつ、消費電力が大幅に削減されています。
- *Near Field Communications* – Near field communications(近距離無線通信:NFC)は、PAN環



境で互いに近接した状態（通常は 20 cm 未満）にあるデバイス間で使用することを目的としています。この有効動作範囲の制限は、NFC 対応のデバイスを、他の通信プロトコルを利用したデバイスよりも本質的により確実なものにするのに役立っています。さらに、NFC デバイスでは、データが比較的低い速度で転送されるので、結果的にエネルギー消費量が削減されます。

- **Zigbee** – IEEE 802.15.4 をベースにした Zigbee は、PAN 環境において、安全なネットワーク環境と長寿命（2 年以上）のバッテリーを必要とするが、高速のデータ転送は必要としない IoT アプリケーションで使用するよう設計されています。Zigbee ベースの IoT デバイスは、デバイス同士が見通せる 10 m ~ 100 m の距離で通信できます。
- **ZWave** – Zwave は、特にホームオートメーションコントロールでの使用用に設計された LAN 環境通信プロトコルです。1 GHz を下回る周波数帯で動作するので、他のワイヤレス通信プロトコルで機能するデバイスからの干渉が避けられます。

IoT デバイスに適したワイヤレスプロトコルは通常、多数の要因によって決定されます。例えば、デバイスが動作する予定の通信ネットワークの種類、予想されるデータ転送速度の要件、通信伝送を維持するのに必要なエネルギーの供給力、及びセキュリティに関するアプリケーション固有

の要件などが考えられます。

センサー

センサーは、特定の物理的、電子的、化学的要素を監視し、その要素の経時的な変化に関するデータを転送するように設計された、低電力のワイヤレスマイクロ電子デバイスです。センサーは、特定の用途に向けて設計された簡単な単一機能のデバイスで、スマートフォンなどのコンピューターデバイスに組み込むこともできます。しかしながら、その形態に関係なく、効率的なデータ収集・転送が可能であるため、IoT の分野に不可欠の技術となっています。

充電技術

IoT のデバイスとコンポーネントの電力要件に対応するため、ワイヤレス充電技術がますます重要になりつつあります。電磁誘導方式による充電は、電磁場を使用して、スマートフォンなどのデバイスと、直接接触する充電マットまたはパッド間で電力を伝達します。一方、磁界共鳴方式による充電は、磁場を使用してデバイス間で電力を伝達します。これらの充電技術は両方とも、電源コードやケーブルの必要性がないことに加え、開口部や電源コードのソケットを設けずに IoT デバイスを組み立てることができるので、水などの液体へ曝露による損傷は受けにくいと言えます。

ソフトウェア

最後に、IoT はほとんどの技術プラットフォームと同様に、複数の種類のソフトウェアに依存しています。これには、IoT のプラットフォームとプロ

トコル、埋め込みオペレーティングシステム、及び専用の IoT アプリケーションが含まれます。ある種のソフトウェアツールは、スマートホームデバイスをサポートすることを目的にしたものなど、特定の IoT アプリケーションで使用することが意図されています。さらに、ソフトウェアには、所有権があって商用制限を受けるものや、オープンソースで自由に利用できるものがあります。

主要な IoT 規格策定活動

将来の IoT 技術開発の指針となる規格やプロトコルを策定する取り組みが、現在多数進行中です。重要な策定活動として以下のものが挙げられます。

- **IEEE** – IEEE 規格協会は、将来の IoT 開発を促進するために、複数の領域で第一線に立って規格に基づく枠組みの構築に取り組んでいます。最も注目すべきなのは、IEEE P2413 (Draft Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)) の策定です。これは、様々な IoT 技術に対する共通の構造的枠組みや、IoT に関連する様々な市場アプリケーション間の横断的な関係を明確化することを目的としています。P2413 に提示される枠組みと概念は、他の規格策定の取り組みに大きな影響を与えると予想されます。
- **Open Interconnect Consortium** – Open Interconnect Consortium (OIC) は、オープンソース仕様を策定して様々な種類の IoT 技術同士の相互接続性を促進することを目

的としており、多種多様な業種・業界から 50 社を超える企業で構成されています。OIC の主要な規格策定プロジェクトは IoTivity です。これは、複数のオペレーティングシステムとネットワークプロトコルにわたって動作する IoT デバイス間のシームレスな接続性を実現する、オープンソースソフトウェアの枠組みです。

- *Industrial Interconnect Consortium*
 – 2014 年 3 月に創立された Industrial Interconnect Consortium (IIC) は、IoT 技術に関するオープンな枠組みのアーキテクチャ、規格の仕様及びセキュリティ要件を策定しようと、産官学の代表者で構成されています。2015 年 6 月に IIC は、産業用インターネット参照アーキテクチャ (Industrial Internet Reference Architecture) の技術ペーパーをリリースしました。これは、産業 IoT 技術の青写真となるものであり、規格をベースにしたオープンアーキテクチャが概説されています。IIC と OIC は、両グループの協力体制を強化しようと、2015 年 2 月に戦略的調整協定に署名しました。
- *スレッドグループ* – スレッドグループ (Thread Group) は、家庭で使用することを目的とした IoT 技術とデバイスの相互接続性の促進に尽力しています。スレッドワイヤレスネットワークプロトコルは、堅牢な自己回復型のメッシュネットワークをサポートすることを目的にしており、家電製品、人の出入りや温度・湿度の制御、エネルギー



管理、照明の安全及びセキュリティに関わる接続を対象としています。スレッドグループは、UL と連携して、スレッドプロトコルを利用する製品の認証プログラムを最近立ち上げました。

- *NFC フォーラム* – NFC フォーラムは、10 年以上にわたって NFC 技術仕様の策定の最前線で活動してきました。当初 2004 年に結成された NFC フォーラムには、世界中から数百にのぼる会社や組織が参加しており、NFC デバイスとアプリケーションの相互接続性仕様を策定・促進することによって NFC 技術の浸透に取り組んでいます。現在、20 仕様を採用されていますが、これらは全て NFC フォーラムで策定されたものです。さらに NFC フォーラムは、NFC 対応デバイスとアプリケーションに対する任意認証プログラムを後援しています。
- *AllSeen Alliance* – AllSeen Alliance は、IoT を支持するデバイ

とソフトウェアの相互接続性を改善することを目的に、様々な業界から 185 以上の技術系企業が参加しています。開発者は、Alliance の AllJoyn® Framework を使用することで、ほとんどのプラットフォームやオペレーティングシステムで稼働する IoT 向けの相互接続性アプリケーションを作成することができます。

- *AirFuel Alliance* – Power Matters Alliance (PMA) と Alliance for Wireless Power (A4WP) が 2015 年に合併して生まれた AirFuel Alliance は、ほぼ 200 社が加盟しており、電磁誘導方式（以前は PMA で対応）及び磁界共鳴方式（以前は A4WP の対象）のワイヤレス充電技術をサポートする規格の策定に焦点を当てています。AirFuel Alliance は最近、ワイヤレス充電デバイスとコンポーネントのグローバル認証プログラムを発表しました。

規格策定の前途について

現在の規格策定活動を列挙してきたが、これで分かるように、IoTのデバイスとアプリケーション間の相互接続性をサポートする大きな取り組みの一環として、IoT技術に適用可能な規格の策定に重要な役割を果たしてきたのは産業界でした。PMAとA4WPの合併は、現在の一部の規格策定の取り組みが他のグループの取り組みと不必要に重複している可能性があるという、明確なシグナルになっています。しかしながら、IoTに関する規格策定への産業界の関与は今後も続くどころか増えていき、様々な業界がIoT技術の将来の展開を推進していくと予想されます。

一方、IEEE規格協会は、新しいIoT関連規格は110以上存在しており、その進行段階も様々である、また、現在40規格が改訂作業中で40ある、と報告しています。またこれとは別に、国際電気標準会議(IEC)や国際標準化機構(ISO)などの第三者標準化団体による策定作業も勢いを増し始めています。確かに、IoT技術にISO規格やIEC規格があれば、IoT技術の世界的展開に向け、整合要求事項の開発が促進されるでしょう。

少なくとも短期的には、現在及び今後出てくるのが予想されるIoT関連規格は、今後予想されるIoTエコシステムの成長によって生じるチャンスを活かそうと画策する企業に、回答よりも多くの疑問を与える可能性が高いと思われます。しかしながら、これらの機会は、将来の規格策定活

動への協力を拡大し、目標を同じくする規格策定活動の統合を促す可能性が高いとも考えられます。こうした活動によって、いずれは、各製品に適用される技術的要求事項はもっと分かりやすいものになり、その結果、市場にも受け入れられやすくなるでしょう。

概要と結論

IoTは、情報の入手を大幅に増大させる可能性を秘めており、世界中のほぼすべての業界で会社や組織を変えていく可能性が高いと考えられます。このため、IoTのパワーを活かす方法を見つけ出すことは、企業の思惑に関係なく、ほとんどの技術系企業の戦略的目標に組み込まれると予想されます。IoTの展開とさらなる成長を推し進めていくには多種多様な技術が必要であり、そのため、相互接続性が重要視されています。その結果として、複数のIoTデバイスとコンポーネント間のシームレスな通信をサポートする規格と技術仕様の策定の取り組みが幅広く進められています。各規格策定グループ間の協力や、現行活動の統合によって、いずれはIoT技術企業に分かりやすいものが提供されてくるでしょう。

ULは、IoTエコシステムを支援する技術の継続的な開発と広範な展開に全力で取り組んでいます。ULの上級エキスパート技術者は、OIC、スレッドグループ、NFCフォーラム、Air Fuel Allianceを含む、現時点の規格策定活動の多くでリーダー的地位に

就いています。またULは、NFCフォーラムが認定した北米の2つの試験所の1つであり、スレッドグループが最近発表した認証プログラムでも唯一の試験パートナーとなっています。ULは、豊富なIoT技術経験があり、北米、EU、アジアの全域で試験サービスを提供しています。

IoTに関連する試験・認証サービスの詳細については、下記にお問い合わせください。

(株) UL Japan
コンシューマーテクノロジー事業部
ConsumerTechnology.jp@ul.com

出典

- [1] “Internet of Things’ Connected Devices to Almost Triple to Over 38 Billion Units by 2020,” Juniper Research, 28 July 2015. Web. 24 October 2015. <http://www.juniperresearch.com/press/press-releases/iot-connected-devices-to-triple-to-38-bn-by-2020>.
- [2] “M2M World of Connected Services: The Internet of Things,” an infographic prepared by Beecham Research. Web. 4 November 2015. <http://www.beechamresearch.com/download.aspx?id=18>.
- [3] “Explosive Internet of Things Spending to Reach \$1.7 Trillion in 2020, According to IDC,” press release, IDC Research, Inc., 2 June 2015. Web. 4 November 2015. <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25658015>.
- [4] “The Internet of Things Will Drive Wireless Connected Devices to 40.9 Billion in 2020,” ABI Research, August 20, 2014. Web. 4 November 2015. <https://www.abiresearch.com/press/the-internet-of-things-will-drive-wireless-connect/>.
- [5] Additional information about IEEE P2413 and its development is available at the website of the IEEE Standards Association, <http://grouper.ieee.org/groups/2413/> (as of 4 November 2015).
- [6] Additional information about the OIC’s IoTivity project is available at <https://www.iotivity.org/> (as of 4 November 2015).
- [7] “The Industrial Internet Reference Architecture Technical Paper,” prepared by the Industrial Internet Consortium, June 2015. Available for download at <http://www.iiconsortium.org/IIRA.htm> (as of 4 November 2015).
- [8] “Open Interconnect Consortium Forms Liaison with the Industrial Internet Consortium to Accelerate IoT Standard,” OIC News Release, February 26, 2015. Web. 4 November 2015. <http://openinterconnect.org/oic-news-releases/open-interconnect-consortium-forms-liaison-with-the-industrial-internet-consortium-to-accelerate-iot-standards/>.
- [9] Additional information about the Thread Group and the Thread protocol is available at <http://threadgroup.org> (as of 4 November 2015).
- [10] Additional information about the AllSeen Alliance’s AllJoyn Framework is available at <https://allseenalliance.org/framework> (as of 4 November 2015).
- [11] Additional information about the AirFuel Alliance is available at www.airfuel.org (as of 4 November 2015).
- [12] “IEEE-SA Internet of Things Ecosystem Study,” IEEE Standards Association, 2015. Available for download at <http://standards.ieee.org/innovate/iot/study.html> (as of 5 November 2015).

本書は参考和訳です。翻訳に疑義が生じた場合は、原文の内容が優先されます。

©2016 UL LLC. All rights reserved.

本書を、無断で複写・転載することを厳禁します。本書は、一般的情報を提供するもので、法的並びに専門的助言を与えることを意図したものではありません。