



インターネットとロボットが融合したIoT研究開発と グローバル・イノベーション創出戦略

萩田 紀博*

IoT Fusing Internet with Robots and its Global Innovation

Norihiro HAGITA*

Abstract– This paper introduces R&D activities in IoT (Internet of Things) focusing on the fusion of the Internet and robotics. The ubiquitous networked robotics (UNR) combining multiple robots with sensor networks, smartphones, wheelchairs, etc. is described. It includes a few standardizations of the UNR platform allowing to bridge robot components and service applications. The “Innovate!Osaka” for promoting the global innovation is also introduced.

Keywords– Internet of Things (IoT), networked robotics, standardization

1. はじめに

ロボット, IoT, 車などは, スマートシティのソーシャルデバイスであり, それらがインターネットに接続され, 利用者に応じて, IoT (Internet of Things) や IoE (Internet of Everything) に関する様々なサービスを提供する時代が始まろうとしている. ここで紹介するインターネットとロボティクスの融合技術はまさしくこのようなシステムを実現するための基盤技術である. 米国では 2011 年に National Robotics Initiative が人工知能 (AI) 分野や認識 (音声, 画像等) 分野を中心としたロボットの基礎研究を強化し, 欧州でも 2014 年に, EU SPARC プロジェクトで, 製造業, 農業, 保健衛生, 運輸, 市民社会セキュリティ, 家庭分野等における実用ロボット開発を推進している. 我が国でも, 2014 年 6 月にロボット革命実現会議でロボットの将来イメージが議論され, ネットワークを活用したロボットサービスの実現に向けた研究開発が進められている.

ここでは, インターネットとロボティクスの融合技術として, 高齢者向けのユビキタス・ネットワークロボット技術に基づくロボットサービス, およびロボットや IoT のビジネス創出を促進するための大阪を中心としたグローバルイノベーション創出拠点 (Osaka Innovation

Hub) の活動について紹介する.

2. なぜ高齢者支援にロボットが必要なのか

2.1 ロボットは不思議なメディア

スマートフォンは一見便利そうに見えるが, 震災支援などを通じて, 文字入力や指のジェスチャ操作でいれる入力方式自体, 煩わしいと思う高齢者や障害者の意見が多かった. ロボットは, あたかも人に話す感覚で話せば (老眼で) メガネをかけなくても, 両手が塞がっていても, 他人と同様に, ロボットと対話して必要な用事や情報をやりとり (interact) することができる. この研究は英語では Human-Robot Interaction と呼ばれ, 新しい学問領域になりつつある. ロボットはこの意味で, 高齢者や障害者にとっても, 使いやすい入力方式である. それだけでなく, 話していると, 楽しくなり, 何度か使っていくと愛着が湧いてくる不思議なメディアでもある. アクチュエーションとしてモノや人を運ぶ機能も他のメディアにない特長といえる.

2.2 人が人を支援するのが原則だが...

全米国退職者協会が 1985 年に発行した「Caregiving: Helping an Aging Loved One」と題する本には, 家族を含む介護者の権利章典 Bill of Rights に関する興味深い, 次のような項目が挙げられている [1].

The Caregiver's Bill of Rights:

I have the right:

*ATR 知能ロボティクス研究所 京都府相楽郡精華町光台 2 丁目 2-2

*ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories, 2-2-2 Hikaridai, Seikacho, Kyoto

Received: 20 July 2015
Accepted: 8 August 2015

- To take care of myself. I can only take care of my loved one if I take care of myself as well. I am not being selfish but my health and well-being is important.

(中略)

- Caring for a sick friend or relative is difficult and emotionally exhausting. For all our members who are currently caring for someone, take a few minutes today to take care of yourself as well.

これは介護される人だけでなく、介護者自身にも十分に人間としての尊厳があり、言う権利や選ぶ権利、判断する権利があることを述べている。介護ケアは、本来、人が人にできる支援ではあるが、老々介護に見られるように、現実的に支援自体が難しいことが社会問題になってきている。そこで、人の代わりにロボットやロボティクなサービスで代行することができれば、被介護者が満足し、介護者の負担が大幅に軽減できる可能性がある。それを実現するためにコストパフォーマンス、社会の受容性等に関する研究技術課題がある。

2.3 低廉化が進むロボットとクラウド環境の連携

ほんの10年前には1台30~40万円で売り出された犬型や人型のロボットが今では、数千円で買えるほど、低廉化が進んでいる。さらに、センサネットワークの低廉化も進んでいる。クラウドネットワーク環境の利用が可能になったことで、ロボット単体だけでなく、センサネットワーク、スマートフォンと連携・協調して様々なロボティクサービスを安く、早く生み出せる基盤が整備されつつある。大阪イノベーションハブなどはグローバルイノベーション創出支援活動などの典型例といえる。これらの状況を勘案すると、ロボット単体による介護ロボットやサービスでは、コストパフォーマンスの意味で利用者を満足することが難しくインターネットやセンサネットワークと連携するIoTの考え方が主流になる。次に紹介するユビキタス・ネットワークロボット(Ubiquitous Networked Robotics, 以後UNRと略す)の研究開発もその先駆的研究開発の1つである。

3. ユビキタス・ネットワークロボットとは

3.1 ネットワークロボットの研究開発

複数のロボット、携帯電話、スマホ、センサネットワークなどが連携するロボットの研究は「ネットワークロボット(Networked Robots)」と呼ばれ、2004年~2009年にかけて第1期のネットワークロボットの研究が実施された[2]。2009年~2013年には、第2期として、多地点で複数のロボット連携に拡張しただけでなく、複数の

ロボットサービスを連携して利用できるUNRの研究開発が実施された[2,3]。この結果、高齢者・障害者に役立つロボットサービスのネットワーク基盤ともいべきユビキタスネットワークロボット・プラットフォーム(UNR-PF)がITU-Tで国際標準化され、ロボットサービスも、ようやく、介護者の負担軽減や被介護者の自立を支援するためのビジネスを立ち上げるフェーズに移行している。

3.2 ネットワークロボットとロボットサービスの定義

ネットワークロボットは、ロボット、センサネットワーク、スマートフォンなどが協調・連携することによって、ロボット単体に比べて、実世界認識や人との対話能力を向上させるロボットシステムをいう[2,3]。ロボットサービスとは、センシング(認識)、アクチュエーション(駆動)、コントロール(知的制御)の3機能を持つロボット、デバイス、システムをいう。

3.3 従来のロボットサービスの課題

しかしながら、このように魅力的な特長を持つロボットにもかかわらず、なかなかロボットサービスの事業が起きてこなかった。その原因は、ある施設で動くロボットサービスを別の施設に持って行くと床の傾き、床面の状態、移動路の障害物などが変化するために、改めてプログラムし直さなければならないという場所の違いによる問題が大きかった。この点がスマホに比べて極端に劣っていた点である。点字ブロックを走破できないロボットではサービスを実行できないというロボットの性能の違いによる問題もあった。若者、高齢者、足の不自由な方等のユーザの違いに対して対応できないという問題もあった。環境センサの人位置・行動認識能力差などの状況認識能力の差のために、ロボット同士が衝突することや、人混みの中をスムーズに人を避けて通り抜けるなどの課題も残されていた。これらの問題は、ロボットサービス動作が可能になるシステム・アーキテクチャが無いために起きていた。

4. ユビキタス・ネットワークロボット研究開発

4.1 ロボットサービス連携システム

ロボットに特有のこれらの問題を解決するために、UNRの研究開発では、場所、ロボット、ユーザなどのリソース管理、状況管理、地点間のメッセージ管理を可能にするアーキテクチャを提案した[2,3]。場所、ロボット、ユーザ、遠隔オペレータが変わってもロボットサービスが動き、スマートフォンのように複数種類のロボッ

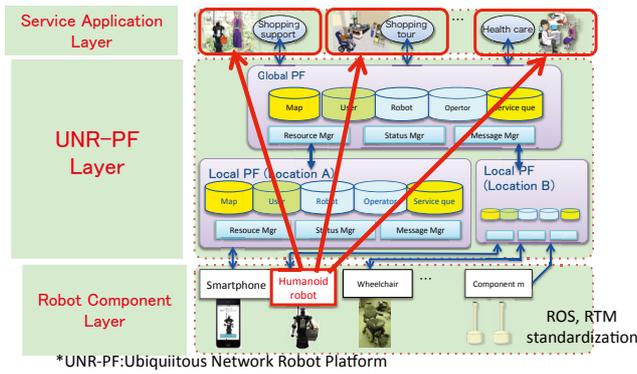


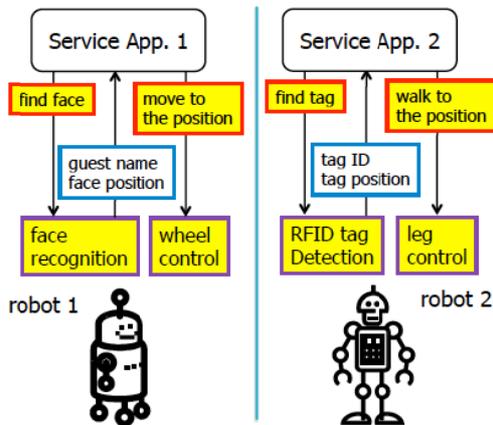
Fig. 1: 3-layer system architecture for robot service coordination

HRI Fundamental Components in OMG* (RoIS, standardized in 2012)

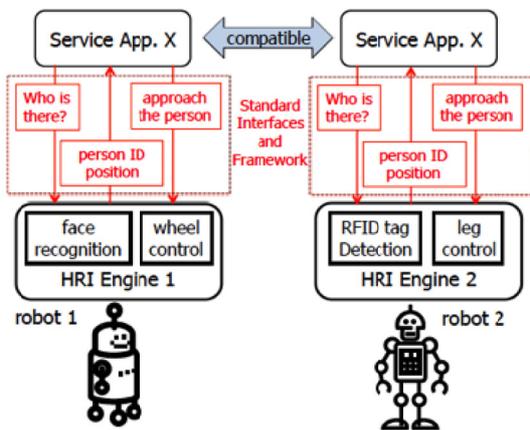
- 1. System information
- 2. Person detection
- 3. Person localization
- 4. Person identification
- 5. Face detection
- 6. Face localization
- 7. Sound detection
- 8. Sound localization
- 9. Speech recognition
- 10. Gesture recognition
- 11. Speech synthesis
- 12. Reaction
- 13. Navigation
- 14. Follow
- 15. Move

*OMG: Object Management Group, USA

Fig. 3: HRI fundamental components in RoIS



(a) Conventional service applications highly depending upon robot specifications



(b) UNR-based service applications which do not depend upon robot specification

Fig. 2: Concept of RoIS (Robot Interaction Service)

トサービスを同時に動かせるロボットサービス連携システムのアーキテクチャ (Fig. 1) で3層構造からなる。

今までのロボットサービスは Fig. 2(a) に示すように、ロボット1の個人ID法 (顔認識) とロボット2の方法 (タグID) に依存してサービスアプリを変更しなくては

ならなかった。一方、Fig. 3 に示す、OMG で標準化された RoIS によって、個人同定関数で書けば、Fig. 2(b) に示すように、同じサービスアプリ X でロボット1でもロボット2でも動作できるようになる。まず、サービスアプリケーション層はサービスプロバイダによって管理され UNR プラットフォーム層 (以後、UNR-PF 層と呼ぶ) が提供する共通インタフェース (の中に含まれる関数) を用いて、サービスアプリを書くことができる。すなわち、サービスプロバイダにとっては、ロボットの細かい仕様を知らなくてもロボットサービスを共通インタフェース (Fig. 3 の15種類の HRI コンポーネント) でロボット対話 (Human-Robot Interaction, HRI) のアプリを書く。たとえば、「個人IDを取得する」という「個人同定」の関数を利用すれば、実際の地点に設置してあるセンサが無線タグの場合やカメラによる顔画像認識の場合を気にしないで、アプリを書ける。

次に、ロボットコンポーネント層では無線タグやカメラによるアルゴリズム、ハードウェアなどを個別に開発・改良することができる。

これらの基本条件を満たすために、UNR-PF 層は5種類のデータベース (4種類の台帳を含む) と3種類のマネージャを多地点ないし各地点に配置する。

4.2 UNR ロボットサービス連携実験

ある日、商業施設でロボットを見かけた時に、そのロボットが自分にどんなサービスをしてくれるかが従来のロボット技術では不明であった。この問題を解決するために、ユーザに応じて、その場所でどんなロボットサービス提供が可能かを UNR-PF を用いて、システムが自動的に決定する方法を提案した。2013年1月に実際の商業施設 (京都府アピタ精華台店) で ATR が開発した店舗間回遊支援、買い物支援と、東芝が開発したヘルスケア (家庭と医療施設や介護者宅などで健康状態を共有し適切な情報提供を行なう) の3種類のロボットサービスを連携してサービス提供する実験を行った。Fig. 4 に



Fig. 4: Robot service applications corresponding to individual user attributes, places and robot resources are automatically popped out



Fig. 5: Field experiments with UNR-based wheelchairs

示すように、ロボットサービスアプリケーションのアイコンがスマートフォン上に浮き出てくるため、ユーザは初めて行った場所でもどのアプリが利用できるかを自動的に知ることができる。Fig. 4 の 2 つのサービスを選べば、たとえば、買い物支援サービスや Fig. 5 に示すように、車いすロボットによる店舗間回遊支援サービスで、シーケンシャル、割り込み、並列などの処理モードを利用することができる。

4.3 UNR-PF 層の国際標準化

UNR に関する国際標準化もこの 5 年で急激に進んだ。UNR-PF の機能概念モデルを ITU-T SG16 Q25 において F:USN-NRP (USN: Ubiquitous Sensor Network, NRP: Network Robot Platform) の提案が承認され、2013 年 3 月に勧告が成立した [3]。OMG (Object Management Group) では、人やロボットの位置関係記述に関する Robotic Localization Service (RLS) が ver.1.1 を発行した [2, 3]。ロボット対話サービスの共通インターフェースである HRI コンポーネントのフレームワーク Robotic Interaction Service (RoIS) の技術仕様 ver.1.0 が 2013 年に公開された [3]。空間台帳についても OGC (Open Geospatial Consortium) に CityGML (City Geography Markup Language) ver.2.0 の仕様が認められ [3]、IndoorGML (Indoor Geography Markup Language) も作業を進めている。

5. ロボットのグローバルイノベーション事業推進

ロボットの意義・必要性をグローバルイノベーションという視点から明らかにすることができる。我が国では、超高齢社会インフラを実現するために、この 10 年、挑戦的な科学技術開発のテーマとして、生活分野、介護福祉分野、医療分野、移動分野の各分野でサービスロボットを開発してきた。その中で、自宅だけでなく社会参加を促す商業施設での実証実験やその結果に対するユーザや市民のフィードバック・受容性調査を繰り返し行い、国際標準化の推進やユーザの欲しいサービスを明確にしてきた。一部、自治体と連携したサービス連携・統合実験、特区を活用した法的整備の取り組みなどを検討してきた。これらの点は米国に比べて、かなり挑戦的な研究開発を行ってきたといえる。

一方、米国では、研究開発という視点からみると必ずしも挑戦的な課題に拘らず、ロボットを社会に浸透させる、特にグローバルに通用する製品・システム・デバイスを開発することに重きをおいている。研究開発、製品開発、資金調達、マーケティングなどでユーザを巻き込んで、すぐに実行に移せる、いわゆる「エコシステム」がうまく回っている。「早く」「安く」「いい製品・サービス」を実現できるエコシステムを早く回すには、大学・研究機関、ベンチャー企業のスタートアップ(製品・サービス開発)、ベンチャー企業のセカンドステージ(製品・サービス販売、マーケット開発)の枠組みを創るだけでは不十分である。米国では、それらを支える、アントレプレナーコミュニティ、ユーザコミュニティ、ベンチャー成功者によるメンターやエンジェル・キャピタリスト(資金提供者)などが要所要所にいつでも集える環境が整備されている。我が国はサービスロボット分野でこのようなヒューマンネットインフラを強化する人材養成プログラムを推進する必要がある。2013 年 4 月から、大阪でもロボットや IoT を含めてエコシステムを大阪市が中心となってグローバルイノベーション推進支援事業 [4] が立ち上がっている (Fig. 6)。これまでに ATR (代表機関)、大阪市都市型産業振興センター、サンブリッジグローバルベンチャーズ、都市活力研究所の 4 社が事業共同体 Innovate!Osaka を構成して、ものアプリハッカソン、アイディアソン、ピッチコンテスト等、年間約 200 イベント等を開催し、毎年約 12,000 名の参加者を得ている。このような拠点を通じて、若手起業家、奈良先端科学技術大学院大学、大阪大学などの学生、エンジェル、ベンチャーキャピタル、メンターなどが集まるハブが形成されつつある [4]。

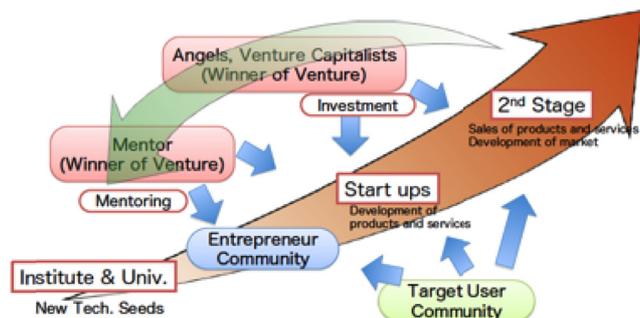


Fig. 6: Osaka ecosystems for global innovation

6. おわりに

本報告では、ネットワークロボット研究の概要と事業化において極めて重要となる UNR-PF や RoIS などの国際標準化活動状況、具体的な事業化に向けて開発中のロボットサービスについて紹介した。これらの技術が高齢者、障害者のためのロボティックサービスを生み出すプラットフォームになることを期待している。

謝辞: 本報告の一部は総務省委託研究「ライフサポート型ロボットの研究開発」(実施機関: ATR, 東芝, NTT, 日立製作所, 日本電気)で実施したものである。

参考文献

- [1] http://www.caregiver.com/articles/caregiver/caregiver_bill_of_rights.htm
- [2] 萩田紀博: ネットワークロボット, その人と街とのかかわり:〔社会とのかかわり〕2. ネットワークロボットの広がり – あなたはどのロボットサービスを選びますか? –, 情報処理, Vol.54, No.7, pp. 690-693, 2013-06.
- [3] K. Kamei, S. Nishio, N. Hagita, and M. Sato: “Cloud networked,” IEEE Network, Vol.26, No.3, pp. 28-34, May-June, 2012.
- [4] <http://www.innovation-osaka.jp/ja/>

萩田 紀博



1978年慶應義塾大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年日本電信電話公社(現NTT)武蔵野電気通信研究所に入所。文字認識や画像認識などの研究に従事。NTT基礎研究所などを経て、現在ATR社会メディア総合研究所長、知能ロボティクス研究所長。工学博士。IEEE、電子情報通信学会、情報処理学会、日本ロボット学会、人工知能学会、各会員。
