

ニューノーマル時代のロボット活躍社会を支えるIoT無線利活用技術 ～人とロボットの協調活動を実現する非接触エレベーター移動支援システムを開発～

【ポイント】

- Wi-SUNとBLE等を活用して非接触でロボットがエレベーター移動できる仕組みを実現
- エレベーター制御システムの改修不要、既設エレベーターに簡単・迅速・低コストに導入可能
- 人とロボットが共存する構内や屋外空間の押しボタンを、非接触操作可能とする応用が期待

国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT、理事長: 徳田 英幸)ソーシャルICTシステム研究室は、免許不要IoT無線通信規格Wi-SUN^{*1}と近距離無線通信技術BLE^{*2}等を組み合わせて活用することで、自律移動型ロボットやスマートフォンを携帯した人が、非接触で簡単にエレベーターを自ら呼び出し、搭乗、行き先フロアを指定して、異なるフロア間を移動できる、エレベーター移動支援システムを開発しました。既設エレベーターの制御システムに改修を行うことなく、エレベーター内外の呼出しボタン又は行き先指定ボタンに小型のIoTボタン押下デバイスを設置するだけの簡単・迅速・低コストな仕組みで実現しました。

なお、本成果について、10月20日(火)からオンライン開催される「CEATEC 2020 ONLINE」で展示します。

【背景】

ニューノーマル時代の駅構内、オフィス、病院やホテルでは、様々な業種のロボット(警備・清掃・案内ロボットのほか、消毒作業ロボット、非接触でモノの運搬や飲料等の自動販売を行うロボット等)が広く活躍することが期待されます。このような構内や建造物内で、より広範にロボットが各種サービスを展開するためには、フロア間の移動が欠かせません。しかし、従来の方法では、管理センターからの集中管理制御による停止・行き先指定・扉の開閉等が可能なエレベーターを備えることを必須としており、移動しようとするロボットは、管理センターと携帯電話回線等を使って通信し、現在地と行き先等を指定することで、エレベーターの遠隔制御を依頼する必要がありました。したがって、ロボットによるエレベーター利用時間中は、エレベーターが管理センターによる集中管理制御下となり、同一エレベーターを人と共用することが困難といった不便がありました。

【今回の成果】

上述したような背景と課題の下、NICT ソーシャルICTシステム研究室は、IoT無線通信規格Wi-SUNと近距離無線通信技術BLE等を組み合わせて用いることで、自律移動型ロボットをフロア移動に必要なエレベーター前まで誘導し、非接触でエレベーターの呼出しと行き先フロアの指定を可能とするエレベーター移動支援システムを開発し、NICT構内における実証実験に成功しました。今後、株式会社JR東日本商事(代表取締役社長: 井上 晋一)及びアンドロボティクス株式会社(代表取締役: 田村 幸広)と共同で、構内や屋外での実証実験を実施する予定です。



上記実証実験では、今回新たに開発した BLE 通信機能を備える IoT ボタン押下デバイス (WiWi-Finger) を、ロボットがフロア間移動で用いるエレベーターの内外ボタンに取り付けています。フロア移動を行おうとする自律移動型ロボットも BLE 通信機能を備えており、上記 WiWi-Finger と通信可能なエリア (周辺数メートル内) に移動できた場合には、BLE を用いた近距離無線通信によって、エレベーターボタンの操作が非接触で可能となる仕組みとしています。

また、自律移動型ロボットには Wi-SUN を活用した通信機能も搭載されており、比較的遠方 (~数百メートル) からの移動制御やリクエスト情報の受付が可能となっています。この仕組みを使って、エレベーター操作が可能となる上記 WiWi-Finger との通信可能エリアを知ることができます。

なお、実証実験では、NICT が別途開発した NFC³ と Wi-SUN を統合的に活用する小型の IoT メッセージ通知デバイス (WiWi-Assistant) を使って、遠方に待機中の自律移動型ロボットを呼び出す方法で実験を行いました。具体的には、サービスロボットによる飲料等の非接触デリバリーサービスを想定し、NFC リーダー機能を備える WiWi-Assistant を、別途用意した NFC タグにかざして、搬送依頼を行う商品情報と搬送先の位置情報等を読み取ります。WiWi-Assistant が備える「発信ボタン」を押下することで、この情報が Wi-SUN を用いて広く周辺に発信され、周辺に待機するロボットに依頼内容が通知される仕組みになっており、利用者にとって直感的操作性と汎用性の高い方法で実現しました。

今回開発したエレベーター移動支援システムは、以下のような特徴があります。

- 既設エレベーターの制御システムに改修を行う必要がなく、小型の IoT ボタン押下デバイス (WiWi-Finger) をエレベーターの内外ボタン部分に設置するだけで、自律移動型ロボットによるフロアをまたいだ移動が可能となります
- WiWi-Finger は、BLE 通信機能によって、同通信機能を有する自律移動型ロボットや、一般的なスマートフォン等を携帯した人による、非接触でのエレベーターの呼出し、行き先フロアの指定を可能にします
- さらに、IoT 向け無線通信規格 Wi-SUN を用いた通信機能を WiWi-Finger に搭載することで、同一フロアの自律移動型ロボットや Wi-SUN 機能付きスマートフォンを携帯した人等に、エレベーターの位置を知らせてスムーズに誘導することができます
- 単価数十円の NFC (近距離無線通信) タグからの情報読み取りと Wi-SUN (省電力 IoT 無線通信規格の一つ) の組み合わせで、直感的操作性と汎用性の高い、ロボットの呼出し・誘導制御を実現しています
- エレベーターをロボット専用切り換えるなどのセンター制御を必要とせず、人とロボットがエレベーターを共用できるため、一般利用者にも不便を感じさせない仕組みです

【今後の展望】

今回開発したエレベーター移動支援システムは、一般的なスマートフォンにも搭載されている BLE を用いる IoT 通信デバイスを、構内移動ロボットやエレベーターのボタン部分に設置することで実現しています。したがって、新型コロナウイルス接触確認アプリと同等の原理で、陽性者との接触を検知・記録し、さらに、周辺の離れたデバイス等に Wi-SUN で伝達することも可能となり、病院内等での応用としても期待されます。なお、構内のみならず、屋外空間においても、例えば、非接触で押しボタン信号を操作するなどの応用が期待されます。

今後、協力機関である JR 東日本商事のほか、アンドロボティクス社等のロボット事業者と連携した構内・屋外での利活用実証実験を展開し、人とロボットが共存・協調する未来の移動手段と IoT 技術の利活用方法に関わる実証実験を推進する予定です。

<用語解説>

*1 Wi-SUN

Wi-SUN アライアンス (<https://www.wi-sun.org/ja/>) が普及推進活動を実施している IoT 向け国際無線標準規格。国内ではスマートメーター用途として普及している。全世界のデバイス数は 9,000 万以上。通信速度は 100 kbps

*2 BLE

Bluetooth Low Energy の略称で、近距離無線通信技術 Bluetooth の拡張仕様の一つ。極低電力で通信可能という特徴を持つ。2010 年 7 月に発表された Bluetooth 4.0 規格の一部として策定された。

*3 NFC

Near Field Communication の略称で、国際標準規格の近距離無線通信方式。約 10 cm 程度の範囲で 106 kbps ~ 424 kbps での双方向通信が可能。スマートフォン、パソコン、デジタルカメラ、IC カードへの導入が進んでいる。

< 本件に関する問合せ先 >

国立研究開発法人情報通信研究機構
総合テストベッド研究開発推進センター
ソーシャル ICT システム研究室
中内 清秀、荘司 洋三
Tel: 042-327-5403
E-mail: social-info@ml.nict.go.jp

< 広報 (取材受付) >

広報部 報道室
廣田 幸子
Tel: 042-327-6923
E-mail: publicity@nict.go.jp

1. 開発したエレベーター移動支援の仕組みの詳細

NICT ソーシャル ICT 研究室は、自律移動型ロボットによるエレベーター移動支援の仕組みを実現するために、小型の IoT ボタン押下デバイス(WiWi-Finger)を開発しました。WiWi-Finger は、BLE による通信機能、及びモーターによるボタン押下機構を備える小型デバイスで、エレベーター外の呼出しボタン、及びエレベーター内の行き先フロアボタンに被せるように設置して利用します(図 1 参照)。

WiWi-Finger は、ロボット側の BLE 通信モジュールからボタン押下コマンドを受信すると、ボタン押下機構により物理的にボタンを押下し、一定時間経過後に自動的にボタンを離します。ロボット側の BLE 通信モジュールは、BLE ペアリングと呼ぶ 1 対 1 通信のコネクションを特定の WiWi-Finger とのみ確立するため、複数の行き先フロアボタンに、それぞれ異なる WiWi-Finger を設置しても、行き先フロアに対応した WiWi-Finger だけをボタン押下することができます。



図 1 IoT ボタン押下デバイス WiWi-Finger 設置の様子(左: エレベーター外、右: エレベーター内)

図 2 に、実証実験で利用したロボットの外観・機器構成を示します。このロボットは、縦 539 mm、横 460 mm、高さ 1088 mm の自律移動型ロボットで、LiDAR と呼ばれるセンサーを使って、常に周辺の障害物等との距離を計測し、障害物を回避しながら自律的に移動することができます。自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術(SLAM: Simultaneous Localization and Mapping)を採用した地図自動作成機能を備えており、リアルタイムに自らの周辺環境の変化も捉えた地図を更新しながら現在地を推定し、与えられた目的地点に向かうことができます。

実証実験では、このロボットに、Wi-SUN 通信モジュールと BLE 通信モジュールを新たに追加搭載しました。Wi-SUN 通信モジュールは、比較的遠方(~数百メートル)からのナビゲーション情報やリクエスト情報を受信し、そこから WiWi-Finger と通信可能なエリア(周辺数メートル内)の情報を抽出して、この情報に基づき、ロボットをエレベーターまで誘導します。ロボットがエレベーター前に到着すると、BLE 通信モジュールを使って、WiWi-Finger にエレベーターボタンの押下を指示し、エレベーターボタンの操作が非接触で可能となる仕組みとしています。



図 2 実証実験で用いた自律移動型ロボットの外観・機器構成

図 3 に、自律移動型ロボットのシステム構成詳細を示します。今回、ロボット向けにエレベーター(EV)連携制御部と BLE 通信モジュールを新たに開発し、ロボット駆動制御部と連携動作可能な構成でロボットに実装しました。具体的には、Wi-SUN 通信モジュールが受信したナビゲーション情報をロボット駆動制御部が、エレベーター前の位置座標に変換し、目的地座標として設定することで、ロボットがエレベーター前への自律移動を開始します。

エレベーター前に到達したことを検知したロボット制御部は、次に、エレベーター連携制御部に対して、WiWi-Finger によるエレベーターボタン操作を指示します。エレベーター連携制御部は、この指示に基づき、BLE 通信モジュールを介して WiWi-Finger を駆動する仕組みになっています。

BLE 通信モジュールは、USB ケーブルでロボット制御部と接続できる構造と、WiWi-Finger との BLE 接続の確立やボタン操作に関わる入カインタフェースを備えているため、この BLE 通信モジュールを取り付けることで、今回使用したロボット以外の様々な業種のロボットに対してエレベーター移動支援を提供することができます。

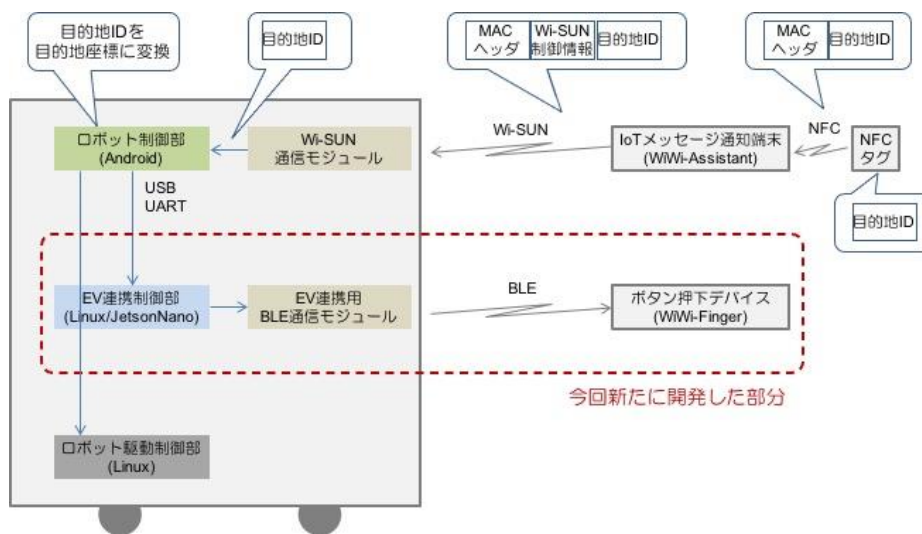


図 3 自律移動型ロボットのシステム構成詳細

今回の実験では、IoT メッセージ端末 (WiWi-Assistant) が発信する Wi-SUN 無線フレームに、エレベーターに設置された上記 WiWi-Finger と BLE で通信可能なエリア情報も併せて搭載する構成としました。この仕組みにより、異なるフロアへの移動を必要とするロボットは、フロア内のエレベーターの位置を把握し、エレベーター前を目的地として自律移動することができます。無線通信方式として、数百メートル程度の広い通信エリアを特徴とする Wi-SUN を活用することで、広いフロアや構造が複雑なフロアでも利用しやすくなります。

目下、BLE のみでなく Wi-SUN による情報発信機能も集積搭載した小型の IoT ボタン押下デバイス (WiWi-Finger2) を開発中です。これをエレベーターのボタン等に設置すれば、例えば、異なるフロアへの移動を必要とするロボットが、周辺のアクセス可能なエレベーターの有無や詳細位置を、IoT ボタン押下デバイスから Wi-SUN を活用して直接教えてもらうことも可能になる見通しです。

2. NICT 構内におけるロボットのフロア移動実証の様子

今回開発したエレベーター移動支援システムを使い、NICT 構内において行ったロボットのフロア移動実証の様子を示します。食品・飲料等の自動販売やデリバリーを行うサービスロボットを想定し、3 階で待機中の自律移動型ロボットが注文情報を受信し、途中、エレベーター乗降を経て、4 階の配送先まで移動するシナリオを想定した検証を行いました(図 4 参照)。



図 4 NICT 構内における自律移動型ロボットのフロア移動経路

ロボットのエレベーター移動の流れは、以下①～⑤のようになります。

- ① 3 階で待機中のロボットは、4 階配送先にある IoT メッセージ通知端末 (WiWi-Assistant) から Wi-SUN で発信された注文情報を受信して、3 階エレベーター乗り場の詳細位置を把握し、その乗り口付近を第 1 目的地として自律走行を始めます。
- ② ロボットは、エレベーター前に到着後、エレベーター外部に設置した WiWi-Finger に呼出しボタン (昇るボタン) 押下を指示し、エレベーターを呼び出します (図 5 (左) 参照)。この時、ロボットは周辺の人や同乗しようとするエレベーター利用者に聞こえるように、「ボタンを押します ♪」と音声を発話します。
- ③ エレベーターが到着し、扉が開くとエレベーターに乗り込みます (図 5 (右) 参照)。この時、エレベーター内の中央の位置を第 2 目的地として設定してあり、ロボットは扉を障害物として認識するため、扉が閉まった状態では静止状態を維持し、扉が開いたタイミングでエレベーターに乗り込みます。



図 5 ロボットのエレベーター搭乗前(左)と搭乗中(右)の様子

- ④ エレベーターに乗り込んだロボットは、まず、行き先フロアの4階ボタンに設置した WiWi-Finger にボタン押下コマンドを送信し、4階ボタンを押下します。並行して、自律走行に必要な内部地図を、現在の3階地図から行き先フロアの4階地図に自動切替します。この時、開始姿勢を扉向きと設定することで、ロボットがエレベーター移動中に180度方向転換する動作を実現しています(図6(左)参照)。
- ⑤ 行き先フロアの4階に到着し、エレベーターの扉が開くと、ロボットはエレベーターを降ります(図6(右)参照)。乗り込む時と同様に、エレベーター正面の外側の位置を第3目的地として設定することで、エレベーターの扉が開いたタイミングでエレベーターから降りる動作を実現しています。



図6 ロボットのエレベーター内の様子(左)と、行き先フロア到着後ロボットがエレベーターから降りる様子(右)

3. まとめと今後の展望

今回、IoT無線通信規格 Wi-SUN と近距離無線通信技術 BLE 等を組み合わせて用いることで、自律移動型ロボットをフロア移動に必要なエレベーター前まで誘導し、非接触でエレベーターの呼出しと行き先フロアの指定を可能とするエレベーター移動支援システムを開発し、NICT 構内における移動実験に成功しました。

今後、協力機関である JR 東日本商事のほか、アンドロボティクス社等のロボット事業者と連携し、警備・清掃・案内ロボットのほか、消毒作業ロボット、非接触でモノの運搬や飲料等の自動販売を行うロボットといった、構内・屋外での利活用実証実験を展開し、人とロボットが共存・協調する未来の移動手段と IoT 技術の利活用方法に関わる実証実験を推進する予定です。

また、IoT ボタン押下デバイス WiWi-Finger の小型化・省電力化や、静電容量型のボタンへの対応も進めたい考えです。

<実証実験の様子(動画)を公開中>

IoT 無線 × ロボット技術によるフロア移動

<https://youtu.be/xqUT7ToMGhA>



<NICT の関連報道発表>

・2017年5月23日

「この先注意して！」見えない先を IoT 対応「見守り自販機」が“つぶやき”ます
～自動販売機を活用した「地域貢献型 IoT サービス」のフィールド実証実験の開始～
<https://www.nict.go.jp/press/2017/05/23-2.html>

・2019年9月19日

Wi-SUN と Wi-Fi を融合活用した“データの地産地消”技術を開発
～地域の“ながら”見守りと電子回覧板の実証実験を黒部市で実施～
<https://www.nict.go.jp/press/2019/09/19-1.html>