

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	PARK JongSeung (ぱく じょんすん)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1120 号
○授与年月日	2016 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	Reconfigurable Intelligent Space for the sustainable high-quality service provision (持続的な高品質なサービス提供のための再構成可能な知能化空間に関する研究)
○審査委員	(主査) 李 周浩 (立命館大学情報理工学部教授) 川越 恭二 (立命館大学情報理工学部教授) 來村 徳信 (立命館大学情報理工学部教授)

<論文の内容の要旨>

本論文の構成は以下の通りである。従来の知能化空間がもっていたデバイスの最適配置問題を解決することができる再構成可能な知能化空間 (R+iSpace) の提案、および R+iSpace を実現するために必要とされる、移動モジュールと空間内にデバイスを最適に配置するための手法と生成された目標位置までの動的移動経路生成手法の提案・検証を行った結果を論じている。

本論文では、まず、従来の知能化空間がもっていたデバイスの最適配置問題を解決することができる R+iSpace を提案している。知能化空間の目標は、様々な種類のサービスをその空間内にいるユーザに提供することである。その目標を達成するため、数多くの様々な種類のデバイスが空間に設置される。センサ、カメラ、マイクروفオンなどの入力デバイスを通して、知能化空間内の状況やユーザの要求を認識し、エージェントロボットやプロジェクタ、スピーカなどの出力デバイスで物理的なサービスまたは非物理的なサービスをユーザに提供する。正しいサービス提供を行うためには、ターゲットとなるユーザはデバイスの対応可能領域内に置かれ、適切な方向を向いていなければならない。しかし、実生活における空間中の状況は頻繁に変更されるため、特定の空間中の状況に最適化された固定デバイスでは対応できないという問題があった。この問題を解決するためには、すべての種類のデバイスが空間内のすべての場所に配置される必要があ

るが、これは現実的には実現が不可能なソリューションである。そこで、R+iSpace では、空間内のデバイスを再配置することで、既存の知能化空間のデバイス配置問題を解決する。空間内のすべてのデバイスは、モバイルモジュール（MoMo）と呼ぶ壁面や天井面を移動できるロボットに搭載される。これにより、空間の状況によってデバイスが自分自身を再配置することができる。さらに、本論文は、提案した R+iSpace を実現するための 3 つの研究課題およびその解決策について論じている。まず、MoMo の機械的構造について議論する。MoMo の機構は、R+iSpace の必要条件を満たせるように設計する必要がある。本論文では、MoMo のプロトタイプに使用された天井や壁面との固定方法を紹介し、MoMo の移動性の検証結果を述べている。検証した結果、提案された MoMo によって天井や壁面に要求精度を満たす誤差でデバイスの再配置が可能であることが明らかとなった。次に、デバイスの適切な配置場所について議論する。空間内の状況が定まるとセンサを含めた知能化空間を構成するデバイスを、MoMo を通して空間内の適正な場所に再配置する必要がある。本論文では、デバイスのベストエフォートな場所を求めるアルゴリズムを提案した。提案したアルゴリズムをシミュレーション実験によって検証を行った。その結果、従来は困難であった最適なデバイス配置が可能となった。最後に、再配置のための動的経路生成方法を議論する。MoMo を特定の場所まで移動させるためには衝突やデッドロック状況がない経路を生成する必要がある。同じ移動面内に複数の MoMo がある場合は、MoMo の特殊な機構のために専用の経路生成手法が必要になる。本論文では、複数のレイヤ構造をもつアルゴリズムを提案し、上記の問題を解決している。提案した方法の有効性を、シミュレーション実験によって検証している。検証の結果、6,000 回実施した模擬実験中 5,973 回（99.6%）を成功していることから従来手法（成功率 65.6%）より性能が優れていることが明らかとなった。

<論文審査の結果の要旨>

本論文では、デバイスの再配置の可能な知能化空間を提案するとともにそれを実現するために必要とされる、移動モジュールの機構、デバイスの最適配置手法、再配置のための動的経路生成の 3 つの要素の提案及び実験による検証を行った。本論文の主な成果を以下にまとめる。

1. 最適なデバイス配置問題に対する解法を考案した。

センサなどのデバイスを空間の最適な位置に配置する問題は空間知能化分野のみならずセンサネットワークなど様々な分野において長年の未解決問題であった。本論文では、空間内の状況に合わせてデバイスを動的に移動させ自動的に再配置するという逆転の発想で既存の問題に対する解法を提案した。

2. 壁や天井面上を移動できる移動モジュールの提案および製作を行った。

壁や天井面上を移動する移動モジュールを開発し、その上にデバイスを搭載することで自由な位置にデバイスを配置できるようにした。提案された手法は、既存の壁面を移動す

る既存のロボットに比べ、移動による累積誤差が生じない、移動時以外はエネルギーを消費しないなどの優れた特徴を持っている。これらの特徴は、実験結果を通して確認されている。

3. 複数要素によるデバイスのモデル化と最適配置手法を考案した。

空間内に存在するデバイスの最適配置位置を定めるためには各デバイスのモデリングが必要である。本論文では、センサ等のデバイスに対してデバイスごとにモデル化する代わりに、モデル化に必要とされる基本要素を選定し、各要素のパラメータを決めることにより、どのようなデバイスであっても共通の数式でモデリングできるようにしている。さらにモデリングされたデバイスの評価値の最大化で最適配置ができるようにしている。既存の手法に比べて簡単に最適配置の実現が可能な点が大きな特徴である。

4. 最適位置までデバイスを移動させる高速経路計画アルゴリズムを考案した。

2. の移動モジュールに搭載したデバイスを3. で得た結果を元に再配置するための動的経路生成手法を開発している。従来の経路生成アルゴリズムは計算コストが高く、本論文で提案している **R+iSpace** には適用が困難であった。複数の単純なアルゴリズムから得られた結果を総合して次の移動先を決めるだけで目的地までたどり着くことが可能な経路計画アルゴリズムを開発し、計算コストの問題を解決している。

本論文では、既存の問題に対する解決策を提案していると同時に、その実現のための具体的な手法も提案・検証している。本論文で提案・検証した内容の学術的新規性および有用性が確認できており、公聴会では、提案手法の実用性に関しての指摘と経路計画手法に関する質問、最適配置手法に関する質問があったが、各々の質問等に対して学位申請者は論理的に返答を行った。

以上により、公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士学位を授与するに相応しいものと判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文の審査に関して、2016年4月25日(月)10時40分~12時20分クリエイションコア7階情報コミュニケーション学科会議室において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、提案手法の実用性、アルゴリズムの有効性、前提条件の妥当性などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。学位申請者は、本学学位規程第18条第1項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していることを確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。