ネットワークロボットプラットフォーム —エリアに着目したサービス分配と履歴サービスの実現—

Network Robot Platform

-Service allocation based on Service Area and Historical Services-

○ 正 中村幸博 (NTT), 町野 保 (NTT), 茂木 学 (NTT),
岩田 義行 (NTT), 岩城 敏 (NTT), 宮本 孝典 (NTT),
正 武藤 伸洋 (NTT), 正 下倉 健一朗 (NTT)

Yukihiro Nakamura(NTT), Tamotsu Machino(NTT), Manabu Motegi(NTT),
Yoshiyuki Iwata(NTT), Satoshi Iwaki(NTT), Takanori Miyamoto(NTT),
Shin-yo Mutou(NTT), Ken-ichiro Shimokura(NTT)

This research addresses the problem of the allocation of network robots to serve multiple users in multiple areas. Service assignment architecture for network robots is described, which has the following features: (1) All statuses of a variety of robots and users are systematically abstracted in the form of 4W (Who, When, Where, What), especially the “where” is composed of the landmark and numerical or textual information. (2) From some representatives of a scenario defining a required service, an appropriate service and scenario related to the service area is determined by 4W1H matching and then executed. (3) The service history of users recorded in a database and service contents are downloaded to robots in CrossSML format. The demonstration given in NTT Core Technology Symposium and R&D Forum 2007 confirmed that services performed in different area could be provided to multiple users simultaneously by visible robots and virtual robots according to the status of users.

Key Words: Network Robot, Platform, Service allocation, Historical Service

1. 緒言

産業界では多様なロボットが実用化されている。一方、ヒューマノイドロボットや身体性を有するコミュニケーションロボットについては、多数の研究が行われているものの、実用的なサービスの実現が大きな課題になっている。この課題を解決するためには、ロボット単体での高機能化を図るとともに、単体のロボットでは不足する機能を他のデバイスやロボットとの連携によって補完することが現実的なアプローチであるといえる。

このようなアプローチの一つとして、ユーザの周囲に遍在させたアンコンシャスロボット、PCや携帯端末の中で動作するバーチャルロボットならびに身体性を有するビジュブルロボットが連携して、ユーザの状況に応じてサービスを提供するネットワークロボットの概念が提案されている[1]。

我々は、ネットワークロボットのような多様なロボットを連携させるためには、ロボットの情報を統合的に扱う指針を定め、その指針に基づいてロボットの状態や機能の違いを管理しながらサービスを提供することが重要であると考え。具体的には、多様なロボットとユーザの情報を統合的に扱うべく、4W (Who, When, Where, What) でロボットの状態とユーザの状況に関する情報を記述し、サービスを提供することが有効であるという仮説を提案した。このような仮説に基づき、ネットワークロボット・プラットフォーム（以下、NWR-PF）を構築し、ロボット間連携サービスの実験を行い、仮説の妥当性を確認した[2]。しかし、従来行った実験[2]では、“Who”と“What”のみを基にサービスを決定しており、ユーザがいる場所の違いを十分に考慮していなかった。加えて、これまでに受けた履歴を考慮したサービスを提供できていなかった。

本論文では、個々のロボットの状態や機能の違いにも考慮して、異なるエリアでサービスを実行するためのサービス分配方式、ロボットやユーザの4W情報と履歴情報に基づいてサービスを提供する手法ならびに実験により評価を行った結果について述べる。

2. サービス分配と履歴に基づくサービス

2.1 サービスエリアとユーザ・ロボットの位置記述

2.1.1 サービスエリアの記述

サービスを提供する範囲（以下、サービスエリアと呼ぶ）は、環境に固定される場合と、移動するロボットに固定される場合がある。そこで、サービスエリアが動くかどうかに応じて、基準となる座標系を定め、それを基にサービスエリアを定めればよい。Fig.1に両方の場合を例示する。(a)は、環境に固定されたサービスエリアで提供されるサービスであり、例えば、建物の出口に固定されたRFIDタグリーダでユーザが通ったことを識別し、ユーザに忘れ物がないように他のロボットによって注意を促すサービスである。(b)は、ロボットに固定されたサービスエリアで提供されるサービスの例であり、動き回るロボットが適宜ユーザからの依頼に応じて周囲を案内するサービスである。(a)では、環境に固定されたRFIDタグリーダの座標系でサービスエリアを定義し、(b)では、移動するロボットに固定された座標系でサービスエリアを定義する。

次に、サービスエリアの範囲の記述を考える。位置センサには様々なものがあり、位置センサの特性に応じて、計測できる位置情報の精度に違いがある。例えば、GPSや超音波タグであれば、対象の位置を座標値で定義できるが、RFIDタグリーダなどは、電波強度から“近い”、“遠い”のような相対的な位置関係を表現する記号（文字列）で定義することにな

Fig.1 Services and service areas

る。そこで、サービスエリアの記述を以下のように定める。

サービスエリアの記述例

= {座標値の範囲, 基準となる座標系名}

or {near/far/null, left/right/front/back/null, 基準となる座標系名}

2.1.2 ユーザとロボットの位置記述

ユーザやロボットの位置はセンサを用いて計測されるため、センサ座標系を基に以下のように記述することで、位置情報をセンサの特性に応じて扱えるようにする。ここで、inはユーザやロボットがあるサービスエリア内に存在していることを表す。

ユーザ/ロボットの位置記述の例

= {in, サービスエリア名}

or {near/far/null, left/right/front/back/null, センサ座標系名}

or {at, 座標値, センサ座標系名}

2.2 サービス履歴

履歴が重要なサービスの例として、写真撮影サービスと写真を渡すサービスのイメージをFig.2に示す。ユーザが写真を撮影された後に、写真を受け取る場合はサービスを行うことはできる。一方、撮影前に受け渡しサービスを要求した場合は、受け渡し写真がなく、サービス実行に支障をきたす。その場合には、ロボットがそのユーザに対して写真を先に撮ってもらうように促すことが必要となる。つまり、ユーザの履歴に応じて、ロボットが動作を変えることが重要となる。

ロボットが動作を変えるためには、ロボットが、そのユーザが、いつ、どこかのサービスエリアで、どのロボットから、どんなサービスを受け、その結果どうであったかの履歴を参照できることが重要となる。

2.3 サービス分配アーキテクチャ

4W (Who, When, Where, What) で記述されたユーザの状況に応じて、個々のロボット状態や機能の違いに考慮しながらサービスを決定し、サービスを実現するためのサービス分配アーキテクチャをFig.3に示す。ユーザデータベース (DB)、ロボットDB、サービスDB、履歴DBで構成される認証DBレイヤ、サービス分配やサービス実行状況の監視などを行うサービス実行レイヤ、各ロボットとユーザの状態を逐次監視し、ロボットにコマンドを送信する接続ユニットレイヤから構成される。

以下にサービス分配の処理概要を記す。まず、サービスDBにサービスおよびサービスエリアと関連付けられた複数のシナリオを用意する。そして、個々のシナリオ毎に優先順位 (サービスレベル) を記述しておく。

実行段階では逐次ユーザとロボットの状態を監視し、ユーザがサービスを要求した場合、そのサービスエリアで利用できるロボットが実行可能かつサービスレベルが最も高いシナ

リオを選択し、ロボットにシナリオを実行させる。同時に、ユーザに提供したサービスを逐次履歴として蓄積し、新たにユーザがサービスを要求した際に、当該ユーザの履歴情報をロボットに通知する。

このような仕組みにより、あるユーザにロボットがサービスを提供中に、別のユーザが同様のサービスを要求した場合、周辺の別のロボットが実行可能なシナリオ (例えば、声かけして待ってもらふ/違うサービスに誘導する) をそのユーザに実行できる。加えて、各ロボットはユーザの履歴を参照しながらサービスを提供できる。

以下では、Fig.3に示すサービス分配アーキテクチャを実現するためのユーザ/ロボット/サービスの情報と具体的な分配の方式について述べる。

2.3.1 ユーザ/ロボット/サービス/履歴情報

1) ユーザ情報

ユーザの情報例をTable 1に示す。ユーザ情報は予め与えられる静的情報とサービス実行中に逐次変わる動的情報からなる。静的情報はユーザ登録とユーザに対するサービスを記述する。具体的には、どこで (Where)、だれが (Who)、どんな状態の時にサービスを実行するかを記述する。ユーザの動的な情報は主にアンコンシャスロボットがセンサとして動作し、いつ (When)、どこで (Where)、どんな状態であるか (What) が更新される。

2) ロボット情報

ロボットの情報例をTable 2に示す。静的情報はどのロボットが (Who)、何の機能を有しているか (How) を記述する。ロボットの動的な情報は、時刻 (When)、現在の位置 (Where)、実行している機能 (What) が更新される。

Table 1 User information

Master information (Static)			Current information (dynamic)	
User Category	Service	Event to activate Service	Service action status	User position
Mr. △△	Photo-taking service	Taking a picture of the robot	Not served	near front, Robot-A
	Projection service	Taking a picture of the robot		

Table 2 Robot information

Master information (Static)		Current information (dynamic)		
Robot name	Robotic function	Robot status	Robot Position	Time
Robot-A	Move	Idle	in Area A	$y_{A1}/m_{A1}/d_{A1}/h_{A1}.m_{A1}.s_{A1}$
	Speak			
	Taking picture			
Robot-B	Move	Idle	in Area B	$y_{B1}/m_{B1}/d_{B1}/h_{B1}.m_{B1}.s_{B1}$
	Projecting picture			
Robot-C	Speak	Idle	in Area A	$y_{C1}/m_{C1}/d_{C1}/h_{C1}.m_{C1}.s_{C1}$
Robot-D	Speak		in Area B

Fig.2 Characteristics of network-robot services: Historical service

Fig. 3 Service-allocation architecture for network robots

3) サービス情報

サービスの情報例をTable 3に示す。ここでは、2つのサービスエリアに対して、2つのサービスが用意されている。個々のサービスは、サービスレベルの異なる2つのシナリオが書かれており、各シナリオには、それを実現するのに必要なロボットの機能と、ユーザとロボットの状態遷移が記述されている。

4) 行動履歴

履歴情報の例をTable 4に示す。ここでは、いつ (When)、どこで (Where)、だれが (Who)、何のサービスを実行し (What)、そのサービスした結果がどうであったかが、記述されている。

2.3.2 サービス分配方式 (4W1Hマッチング)

ユーザ情報/ロボット情報/サービス情報を組み合わせて、ユーザとロボットの状態に応じてサービスエリアに関連付けられたシナリオとロボットを決定し、そのシナリオを実行するまでの手順をFig.4に基づいて記す。

Step.1) ユーザの動的情報 (When/Where) とロボットの動的情報 (When/Where) を比較して、該当するサービスエリアのロボットを検索する。

Step.2) ユーザ情報 (What/Where) とサービス情報 (What/Where) を比較してシナリオの候補を決定し、必要なロボット機能 (How) を検索する。

Step.3) Step1で発見されたロボットからサービスに必要な機能を有するロボットを絞り込む。

Step.4) 絞り込んだロボットから状態 (What) がidleであるロボットを絞り込むとともに、そのロボットが提供可能なシナリオ候補を検索する。

Step.5) シナリオ候補のうち最もサービスレベルが高いシナリオを決定し、シナリオを実行するロボットを決定する。

Step.6) ユーザ名と履歴情報のユーザ名 (Who) を比較し、ユーザの履歴情報を取得する。

Step.7) Step.5で決定したロボットにシナリオに基づいたコマンドとStep.6で得た履歴情報を送信する。同時に決定したサービス、ロボット名、ユーザ名、サービスエリア名を履歴に追

Table 3 Service information

Service name	Service area name	Service level	Scenario name	Required function	Current state of user	Current state of robot	Status of robot after transition
Photo-taking service	Area-A	First	Scenario1	Speak/ Take a picture	A user takes a picture	Idling	Speaking
				Served		Speaking	Taking a picture
				Served	Finishing to take a picture		idle
		Second	Scenario2	Speak	A user takes a picture	Idling	Speaking
				Served	Finishing to speak		idling
Projection service	Area-B	First	Scenario3	Project a picture	A user takes a picture	Idling	Projecting a picture
				Served	Finishing to project a picture		idle
		Second	Scenario4	Speak	A user takes a picture	Idling	Speaking
				Served	Finishing to speak		idling

Table 4 History information

User name	Time	Served robot name	Service name	Location	Result
User A	$y_{A1}/m_{A1}/d_{A1}/h_{A1}/m_{A1}/s_{A1}$	Robot-A	Photo-taking service	Area A	Success
User A	$y_{A2}/m_{A2}/d_{A2}/h_{A2}/m_{A2}/s_{A2}$	Robot-B	Projection service	Area B	Fail
User B	$y_{B1}/m_{B1}/d_{B1}/h_{B1}/m_{B1}/s_{B1}$	Robot-D	Projection service	Area B	Success

加する。

Step.8) ロボットがサービスを終了した時点で、提供したサービスの結果を履歴に追加する。

3 実験

3.1 実験概要

履歴を応用した異なるサービスエリアで提供されるサービスとして、写真撮影サービスと写真投影サービスを具現化した。実験システムの様子をFig.5に示す。写真撮影サービスはArea-Aで行い、写真投影サービスはArea-Bで行った。Area-Aには、アイカメラで写真を撮影することができるビジュアルロボット (Robot-A) と、ディスプレイにアニメーションを表示するバーチャルロボット (Robot-C) を設置した。Area-Bには、Area-Aで撮影したユーザの写真を投影できるビジュアルロボット (Robot-B) と、合成音を再生できるビジュアルロボット (Robot-D) を置いた。

Fig.6にシステム構成を記す。全てのセンサデータは接続ユニットでFDML[4]に変換し、NWR-PFへアップロードされる。

一方、ロボットへのコマンドとユーザの履歴情報はCroSSML[5]で記述され、NWR-PFから接続ユニットを介してロボットへダウンロードされる。なお、CroSSMLは慶應義塾大学で提案しているサービス記述言語である。

3.2 シナリオとして想定されるロボットのアクション

Robot-AとRobot-Bにはロボット固有のIDを埋め込んだマーカ (ビジュアルマーカ、または、QRコード) を予め貼付して

Fig.4 procedures for service allocation performed by 4W1H matching

Overview of Area-A and Area-B

Area-A (Photo-taking Service)

Area-B (Projection Service)

Fig.5 Experimental setup

おく。ユーザがu-Photoもしくは携帯電話でこのマーカを撮影したことをトリガに、u-Photoから撮影情報をNWR-PFに送信する。ついで、NWR-PFでは4W1Hマッチングによってサービスを行うロボットとシナリオを決定し、写真撮影サービスまたは写真投影サービスを実行する。

各エリアのロボット動作は、以下のように、ロボットの状態とユーザの履歴に応じて異なる。

■写真撮影サービス: Area-Aでのロボットのアクション

- Robot-Aがidle状態の場合
→Robot-Aはユーザの写真を撮影する。
- Robot-Aがbusy状態の場合
→Robot-CはRobot-Aが別のユーザにサービス中であるため撮影できない旨をディスプレイに表示する。

■写真投影サービス: Area-Bでのロボットのアクション

- Robot-Bがidle状態で、かつユーザがArea-Aで既に写真撮影サービスを受けていると履歴から判断された場合
→Robot-Bはユーザの写真を壁に投影する。
- Robot-Bがidle状態で、かつユーザがArea-Aで既に写真撮影サービスを受けていないと履歴から判断された場合
→Robot-BはArea-Aで撮影するように促すテキストを壁に投影する。

Fig.6 Network Robot platform for experiment

- Robot-Bがbusy状態の場合
→Robot-DはRobot-Bがサービス中であるため撮影できない旨の合成音を発する。

3.3 結果

NTT主催の第4回NTTコア技術シンポジウムならびにNTT R&Dフォーラム2007[6]で実験システムのデモンストレーションを行った。その結果、複数のユーザが来訪する場面で、ビジュアルロボットとバーチャルロボットにNWR-PFが状況に応じてサービスをロボットに分配し、各サービスエリアでロボットが想定した動作を行えることを検証した。

4. 結言

本論文では、異なるサービスエリアでサービスを提供すべく、座標値または記号（文字列）による位置の記述ならびにサービスエリアの記述例を示した。そして、ユーザの状況と個々のロボット状態や機能の違いに考慮しながら、サービスエリアに応じてシナリオとロボットを決定するサービス分配方式を提案した。また、ロボットとユーザの4W情報に基づく履歴をNWR-PFで管理し、履歴を基にしたサービスを行う方式を提案した。実証実験により、NWR-PFが状況に応じてサービスをロボットに分配し、各サービスエリアでロボットが想定した動作を行えることを検証した。

謝 辞

本研究の一部は、平成16年度、17年度、18年度総務省委託研究「ネットワーク・ヒューマン・インターフェースの総合的な研究開発（ネットワークロボット技術）」の一環として行われた。

文 献

- [1] "New IT from Japan 'Toward the Realization of Network Robots'," Ministry of Internal Affairs and Communications Research Group on Network Robot Technology, 2003.
- [2] "Robot Platform Architecture for Information Sharing and Collaboration among Multiple Networked Robots", H. Tezuka, N. Katafuchi, Y. Nakamura, T. Machino, Y. Nanjo, S. Iwaki and K. Shimokura, Journal of Robotics and Mechatronics, vol. 18 No. 3, pp.325-332, 2006.
- [3] "u-Photo: Interacting with Pervasive Services using Digital Still Images", G. Suzuki, S. Aoki, T. Iwamoto, D. Maruyama, T. Koda, N. Kohtake, K. Takashio and H. Tokuda, Proc. on Third Int. Conf. on Pervasive Computing (PERSASIVE 2005), pp.190-207, 2005.
- [4] <http://www.mfgx-forum.org/>
- [5] "CroSSML: Domain Cross Over Services Markup Language", 岩井, IEICE Technical Report, NR-TG-2-04, pp.25-30, 2006年度 第1回ネットワークロボット研究会, 2006.
- [6] <http://www.nttrdforum.jp/info/>