

多自由度ロボットのネットワーク制御システム

理化学研究所 BMC 大西 正輝 小田島 正 小林 祐一 浅野 文彦 羅 志偉
名古屋大学, 理化学研究所 BMC 細江 繁幸

Network control system for robot with redundant D.O.F.

Masaki ONISHI Tadashi ODASHIMA Yuichi KOBAYASHI Fumihiko ASANO
Zhi-Wei LUO, RIKEN, Shigeyuki HOSOE, Nagoya University, RIKEN

Abstract: In this paper, from the system integration point of view, we performed the following researches: Firstly, we construct a distributed robot control system. Secondly, the human-like motion performances, such as preshaping and body languages, are realized and be evaluated. Finally, the functions of each elemental modules and their integration technology are analyzed to clarify the further requirements.

1. はじめに

近年, ロボットの要素技術に関する研究がある程度成果を挙げていることから, 要素技術をインテグレーションして実際に知能ロボットを組み上げる実例が多く見られるようになった. 筆者らはシステムインテグレーションのレベルから, 以下の三つのステップで研究を行っている. まず, ネットワーク上に配置した複数の計算機によって構成された要素技術をモジュール化し, それらをネットワーク制御することによって動作するロボットの基礎研究プラットフォームを構築する. 次に, 生物らしい運動制御方式を取り上げ, 把持動作を行う際のロボットのプリシェイピング動作や, 会話における身振り手振りの身体動作を実現し, 人間の主観評価によって動作におけるロボットらしさや生物らしさの評価を行う. 最後に, 組み上げたロボットシステムにおける各モジュールの機能をシステムレベルで反省し, これからの人間と接するロボットに必要な要素技術と統合技術を明らかにする.

2. ロボットの外観とタスク

本研究で構成したロボットは, 2 台のカメラとスピーカの付いた頭部 (ヘッド) と 4 本の指を持つ双腕 (アーム) が支柱に固定されており, 移動のための機構は持たない. また, ロボットは視覚と聴覚を有しており, 基本的なタスクは人間との会話で実行される. 被験者が「こんにちは」や「元気ですか?」などと問いかけるとロボットは返事を行い, 被験者が「クイズを出して下さい」などと頼むと「クイズ」をトリガとして三択のクイズを出題する. 被験者がクイズに正解した場合には, 机の上に並べてある景品の入ったカプセルの中から欲しい色を尋ね, 被験者の答えた色のカプセルを画像認識によって探しだし, それを把持して被験者へ渡すという動作を状況や人間の要求に応じて実行する.

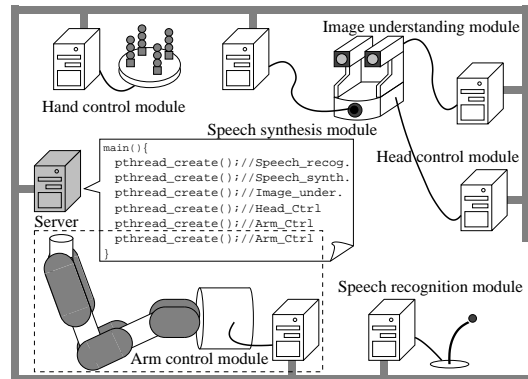


Fig.1 Network control system.

これらの動作を行うために, ロボットは音声認識・音声合成・画像認識・ヘッド制御・アーム制御・ハンド制御のモジュールを持つ. そして, これら複数のモジュールを分散制御するために, 各モジュールのコントローラとしての機能を持つ複数のコンピュータとそれらのコントローラを協調させるサーバーとしての機能を持つ 1 台のコンピュータでロボット制御システムを構成する. ここでは, Fig.1 に示すように, 制御対象となるハードウェアとそれを制御するコンピュータ, さらには実際に動作するタイミングを与えるサーバーにおけるスレッドをまとめてモジュールと呼ぶことにする. 複数のコンピュータとサーバーでのスレッドによって分散制御を行うことで, 各コンピュータにおける計算負荷を軽減させ, モジュール毎に取り替え可能なシステムを作ることができる.

3. 各モジュール処理

本ロボットは, ハードウェアを制御するためのコントローラとして機能するコンピュータをネットワークに接

続し、サーバーに立ち上げられた各モジュールを管理するスレッドによって動作やそのタイミングが命令される。各モジュールの機能について説明する。

音声認識モジュール

マイクに入力された音声を認識するのが音声認識モジュールの役割である。音声認識モジュールは、河原らの大語彙連続音声認識デコーダ Julius¹⁾ をベースにして開発した。音声認識は、あらかじめ登録したキーとなる単語のワードスポッティング認識を行い、「こんにちは」、「元気」、「名前」など 43 の単語を認識する。

音声合成モジュール

被験者に伝えたいテキスト内容に人間が発話するような自然な抑揚を付けて読み上げるのが音声合成モジュールの役割である。会話の内容として、音声認識モジュールで認識した結果に対してその受け答えを用意した。具体的には、「こんにちは」に対して「こんにちは、今日は良い天気ですね。」や「元気」に対して「私は元気です。あなたは元気ですか？」などのテキストを用意した。

画像認識モジュール

テーブルの上に置かれた 4 種類の異なる色（赤青黄緑）を持つカプセルの位置を認識することが画像認識モジュールの役割である。頭部の目の位置に設置したカメラから取り込んだ入力画像の各画素の RGB 値を HSL 表色系に変換し、テーブルの上にはカプセル以外に赤青黄緑色を持つ物体がないことを仮定して、それぞれの色を持つ画素を色相（Hue）の値を用いて切りだし、その重心位置からカプセルの位置を算出する。

ヘッド制御モジュール

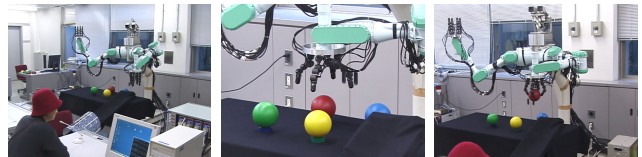
ロボットの表情を作るためにうなずき動作や首かしげ・首振り動作などを行うことと、ボールの位置を認識するためにカメラをボールの方向に向けるのがヘッド制御モジュールの役割である。ヘッド制御の動作は、「話者の方向を見る」や「うなずき」「首振り」など 9 種類を用意した。

アーム制御モジュール

バイバイなどの手や腕を使ったジェスチャを行うことと、カプセルを把持するための手をカプセルの位置などに持っていくのがアーム制御モジュールの役割である。両アームには（株）三菱重工の汎用ロボットアーム PA-10²⁾ を用いた。PA-10 は、7 自由度の冗長自由度を持つマニピュレータであり、「バイバイ」や「ダンス」「ボールを取りに行く」など 8 種の動作に対して軌道を与えた。

ハンド制御モジュール

両アームには 4 本指を持つハンドが装着されており、ハンド制御モジュールがカプセルを把持する動作やジェスチャを行う。指は（株）安川電機の AC 小型アクチュエータを組み合わせて作り、指一本あたり 4 自由度を持つ。ロボットがカプセルをつかむ際に、人間らしくカプセルをつかむことができるようにプリシェイピング³⁾ を行わせる。また、「つかむ」と「放す」以外にジェスチャとしての指の動きを 2 種類用意した。



口:「今日は絶好調だ。」
人:「こんにちは。」
口:「やあ、こんにちは。」
口:「好きな食べ物は何かですか?」
人:「果物です。」
口:「それっておいしい?」
人:「おいしいです。」
口:「今度僕も食べたいな。」
人:「クイズ出して下さいませんか?」
口:「はい、クイズに答えたらカプセルを取ってあげる。」
口:「よく聞いて番号で答えてね。」
人:「はい。」
口:「バイオ・ミメティックとは、生物をどうすることでしょうか?」
口:「一番、真似る。二番、育てる。三番、食べる。」
人:「一番です。」
口:「正解です。どの色のカプセルがいいですか?」
人:「赤です。」
口:「赤色のカプセルを取ります。」
人:「すごいですね。」
口:「どうぞ、景品は何かな?」

Fig.2 Example of experimental scene.

4. 実験

2002 年 11 月 16 日に行われた名古屋市サイエンスパークの一般公開日に本ロボットを用いたデモンストレーションを行った。公開日には、小学生程度の子供を連れた家族を中心に 200 名以上の来場者があり、自由にロボットとインタラクションをしてもらった。ロボットにクイズを出すように頼むとクイズを出してくれることはあらかじめ被験者に説明しておいた。その時の様子と会話の例を Fig.2 に示す。人: に続く文が人間の会話で、口: に続く文がロボットの会話である。

5. おわりに

本稿では、ネットワーク上に様々な機能を持つ複数のモジュールを配置し、それらを分散制御することで複数のタスクを実時間で実行ロボットシステムを提案した。また、人間が物体を把持するときに見られるプリシェイピングをモデル化し、ロボットの制御に組み込んだ。今後の課題としては、ロボットの動作に実時間での認知・行動の統合に関する生物らしい制御則を適用することなどが考えられる。

参考文献

- 1) 河原達也, 李 晃伸, 小林哲則, 武田一哉, 峯松信明, 嵯峨山茂樹, 伊藤克亘, 伊藤彰則, 山本幹雄, 山田篤, 宇津呂武仁, 鹿野清宏: 日本語ディクテーション基本ソフトウェア (99 年度版), 音響誌, 57, 3, 210/214 (2001)
- 2) 大西典子, 大西 献: 可搬式汎用知能アーム登場! - オープンロボットの提案 -, 日本ロボット学会誌, 12, 8, 1137/1142 (1994)
- 3) Z. W. Luo, T. Ito, N. Sugimoto, T. Odashima, and S. Hosoe: Virtual Impedance Control for Preshaping of a Robot Hand, Proceedings of SICE Annual Conference, TA17-2, 2317/2318 (2002)