

対話ロボットのためのベイジアンネットワークを利用した知識状態推定に基づく話題選択 Topic Choice Based on the Knowledge State Estimation Using the Bayesian Network for a Dialog Robot

伊藤 怜^{*1}
Satoshi ITO

成雄 大^{*1}
Yuta NARI

島田 伸敬^{*2}
Nobutaka SHIMADA

白井 良明^{*2}
Yoshiaki SHIRAI

^{*1} 立命館大学大学院
Graduate Schools at Ritsumeikan

^{*2} 立命館大学
Ritsumeikan University

Abstract: This paper proposes the methods of choosing user-adaptive topic and following user's dialogue for interactive robot which services or collects the information between some users. The robot considers each utility of information, differences between user's and robot's knowledge and relation of last user's speech. And the robot calculates the value of topic, and choose the highest one. If there is variance knowledge, the robot delivers more certain knowledge by using Bayesian network based on the knowledge and collected evidence.

1. はじめに

近年、対話ロボットと人間が実世界の情報を円滑にやりとりできるコミュニケーションが注目されている。

関連する既存研究として、翠らの研究[翠 07], Drygajlo らの研究[Drygajlo 04]等が挙げられるが、各々の研究においてユーザが割り込んで話題を転換した際に追従が困難である、相手が既に知っていることを伝えてしまう、if-then ルールに基づく静的な対話制御である、といった問題がある。これらの問題に対応するための研究[島田 06]があるが、ユーザ-ロボット双方の知識に齟齬がある場合には対応できないといった問題が残っている。

そこで本研究では、上記の問題点を解決し、複数ある話題の中からロボットが状況に応じて最適な話題を自律的に選択するための対話制御の実現を目指す。

2. ベイジアンネットワークを利用した知識状態推定

2.1 知識状態の定義

知識状態とは「情報の種類とそれに対応する要素」およびその情報をどれだけ正しく認識しているかを表す「確率」で表現したものである(図 1)。この確率をユーザ・ロボット双方について推定しておくことにより、ユーザ-ロボット間の情報に齟齬が発生した場合においても、この確率を推定しておくことでどちらの情報も確からしいかをロボットが判断できるようになり、従来の問題点である齟齬を解消するための行動を起こすことが可能となる。

2.2 ベイジアンネットワークによる確率推定

上述した「確率」を推定するため、各々の情報に関するベイジアンネットワーク(図 2)を構築する。図 2 はユーザが A,B,C の 3 人の場合で、A がロボットに対して「C は〇〇と言っていた」と発話した場合の状態を表している。

このベイジアンネットワークにおいて、ノード X がロボット R の確率に対応し、またノード X_A, X_B, X_C がそれぞれユーザ A,B,C の確率に対応している。ユーザとの対話によって「どこからその情報を得たのか」を聞き出し情報を得ることで、各々の確率を推定していく。



図 1 知識状態の表現方法

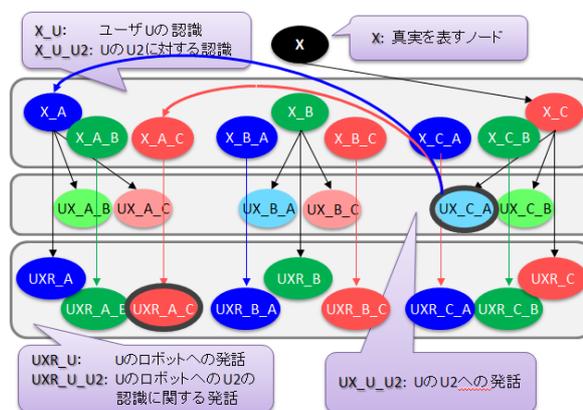


図 2 「いつから・いつまで・どこで」に関するベイジアンネットワーク

3. 知識状態推定に基づく話題選択

3.1 対話制御の流れ

ここでいう話題とは、各話題の処理手順において 1 つの情報を提供または収集する話の単位と定義する。第 1 章で挙げた問題点を解消するため、ユーザとロボットの知識状態の各情報についてのエントロピーを小さくするように、また直前の発話内容との関連性等を考慮して適応的に話題を選択する対話制御の流れを図 3 に示す。

連絡先: 成雄大, 立命館大学大学院 理工学研究科
〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1
TEL: 077-561-2625 E-mail: nari@i.ci.ritsumeikai.ac.jp

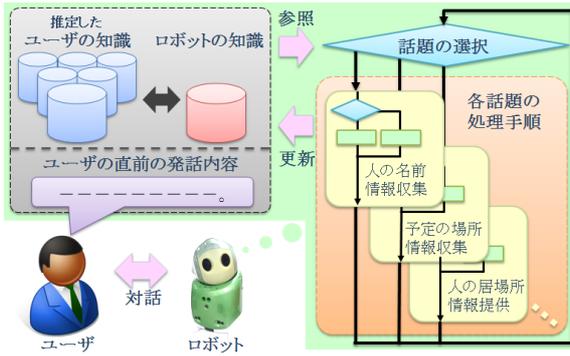


図3 対話制御の流れ

話題を選択する際、各話題の実行価値がどの程度かを毎回計算することによって、常にその状況において最も価値のある話題を柔軟に選択するようにする。次に各話題を実行する価値の計算方法を述べる。

3.2 話題実行価値の計算方法

まず、ユーザの集合を U とし、あるユーザを u とする。同様にロボットの集合を R とし、あるロボットを r とする。ここで情報の種類 i についての話題を u に対して実行することを A_i^u とおき、その話題を実行する利得を $U(A_i^u)$ 、話題実行の所要時間を $T(A_i^u)$ 、直前に発話した情報の種類 k の話題との関連度合を $R(A_i^u | A_k^u)$ とおく。さらに話題実行前と話題実行後の各情報の種類におけるエントロピーの差を $defH_i$ とおくと、話題を実行する価値 $V(A_i^u)$ は以下の式(1)で表現できる。

$$V(A_i^u) = \frac{U(A_i^u)}{T(A_i^u)} \cdot R(A_i^u | A_k^u) \cdot defH_i \quad (1)$$

$defH_i$ は、 T 番目の発話における情報の種類 i についてのエントロピーを $H_i(T)$ とし、 i についてのエントロピーの最大値を $maxH_i$ とすると式(2)のように書ける。(t は現在とする。)

$$defH_i = \frac{(H_i(t) - H_i(t+1))}{maxH_i} \quad (2)$$

このとき $H_i(T)$ は、情報の種類 i に対する要素 j におけるユーザ、ロボット各々の確率を、それぞれ $P_T(K_{ij}^u)$ 、 $P_T(K_{ij}^r)$ とし、 i の要素数を N_i とおくと、

$$H_i(T) = - \sum_j P_T(K_{ij}^u) \cdot \log_2 P_T(K_{ij}^u) - \sum_j P_T(K_{ij}^r) \cdot \log_2 P_T(K_{ij}^r) \quad (3)$$

と書け、また $maxH_i$ は下記のようになる。

$$maxH_i = \log_2 N_i \quad (4)$$

利得 $U(A_i^u)$ 、所要時間 $T(A_i^u)$ 、関連度合 $R(A_i^u | A_k^u)$ はヒューリスティックに設定する値であり、話題実行前後のエントロピーの差 $defH_i$ も上述した式(2)(3)(4)で求めることができる。したがって、式(1)で求めた各話題の実行価値 $V(A_i^u)$ が計算でき、最大のものを実行する話題として選択し対話を行う。

3.3 情報間に齟齬がある場合の話題選択

対話を進めていく中でユーザ-ロボット間の情報に齟齬が発生した場合、ロボットはベイジアンネットワークのノード X から全体的に見てどの情報が正しいのかを判断する。目の前のユーザが正しい情報と食い違った情報を持つユーザであれば、その正しい情報とその根拠(どのようにその情報を得たのか)を提示する。その際、ユーザの認識ノード X_U において、ロボットが正しいと信じている情報の確率が最大になるよう、なるべくすくない根拠の提示で済むように話題を選択する。

3.4 実験

ロボットは研究室にいるメンバーの予定を管理・調整することを目的として行動する。また、ユーザの居場所も同時に管理する。この目的を達成するため、予定(誰が、いつから、いつまで、どこで、誰と、何の会議をするか)、行き先と戻ってくる時間、探している人の有無といった情報を対話によって収集・提供し、その際に齟齬が生じればそれを調整することをタスクとする。実験では、ユーザ A,C,E が PaPeRoMTG に関して同様の情報を持ち、B,D が場所の情報に関してのみ齟齬がある場合を想定して対話を勧める。ロボットと対話するのはユーザ A,B の2人でこの順に対話をするという条件の元行った。

3.5 結果と考察

ここでは、実際に式(1)で話題実行価値を計算し、最大となる話題を選択しながら対話した結果を図4に示す。

ロボットの発話内容	Aさんの発話内容
どちらさんですか?	→ Aです
Aさん。何か予定はありますか?	→ PaPeRoMTGがあります。
いつから、いつまで、どこにありますか?	→ 14:40から16:10まで第2研であります。
どうやって知りましたか?	→ Oさんから聞きました。
参加者は誰ですか?	→ Bさんと、Oさんと、Dさんと、Eさんです。Oさんから聞きました。
他に予定はありますか?	→ いいえ
どこか行かれますか?	→ 食堂に行きます。
何時ごろ戻ってきますか?	→ 14:00ごろです。
誰がお探しですか?	→ Eさんはどこですか?
Eさんについてはわかりません。	
Eさんに探していたことを伝えましょうか?	→ お断りします。
いってらっしゃいませ。	
ロボットの発話内容	Bさんの発話内容
どちらさんですか?	→ Bです
Bさん。何か予定はありますか?	→ PaPeRoMTGがあります。
いつから、いつまで、どこにありますか?	→ 14:40から16:10まで第2研であります。
どうやって知りましたか?	→ Oさんから聞きました。
そうですか。でも、Eさんがメールで、予定は14:40から16:10まで第2研で行われると書いてあったと言っていましたよ。	→ そうですか。Oさんにも伝えておきます。
参加者は誰ですか?	→ Aさんと、Oさんと、Dさんと、Eさんです。Dさんから聞きました。
他に予定はありますか?	→ いいえ
どこか行かれますか?	→ いいえ。
誰がお探しですか?	→ いいえ。
いってらっしゃいませ。	

図4 ユーザ A, B との対話の流れ

4. まとめと今後の課題

「知識状態の各情報におけるエントロピーの差」や「直前の発話内容との関連性」、「話題実行時間」および「話題の利得」を考慮することで複数ある話題の中からロボットが状況に応じて最適な話題を動的に選択できるようにした。また、ベイジアンネットワークを用いて情報をどれだけ正しく認識しているかを確率で表現することで齟齬が発生した場合にも対応できるようになり、従来研究の問題点を解消できた。

しかし、時間による情報の劣化や人毎の信頼性の相違等については実装できておらず、今後の課題として残っている。

参考文献

[翠 07] 翠等: “質問応答・情報推薦機能を備えた音声による情報案内システム”, 情報処理学会論文誌 Vol. 48 No. 12, pp. 3602-3611, 2007

[Drygajlo 04] Drygajlo et al: “On developing a voice-enabled interface for interactive tourguiding robots”, *Advanced Robotics* Vol. 17 No. 7, pp. 599-616, 2003

[島田 06] 島田等: “対話型ロボットインターフェースのためのユーザー-ロボット間の知識状態差異に基づく話題選択と追従”, 第7回計測自動制御学会(SICE)システムインテグレーション部門講演会, 3N1-1, CDROM, 2006