

行動遷移確率に基づく行動系列選択による 並列タスク検証の精度向上

中島 丞[†] 大村 廉[‡]豊橋技術科学大学^{†‡}

1. はじめに

近年、様々なセンサや行動認識技術により、人の行動を認識して積極的に支援を行うシステムに関する研究が進められてきている^[1]。このようなシステムの一つとして、正確な手順の教示や不正な行動の警告を行うことができれば、業務遂行の正確性や効率、安全性を向上させることができる。例えば、医療において、作業の漏れや点順の間違いをシステムが監視し、ミスなどをユーザーに提示するシステムを構築することができれば、医療過誤を減少させ、また、医療サービスの質を向上させることが期待できる。しかし、このような業務では、患者の状況に合わせて様々な種類の作業をこなす必要がある。さらに、同時に複数の患者に対応する必要があるため、並行して複数の作業を行わなければならない。そんな中で合ってもミスの内容によっては事故に繋がるなど取り返しのつかないことも起こりうる。すなわち、不正な手順の警告を行なうということは、複数の同時並行して行われる一連の作業(以下タスクと呼称する)の正当性をリアルタイムに検証できるシステムが必要となる。

以下、本論文では2章において関連研究の紹介と問題の明確化を行い、3章において提案手法の設計について述べ、4章では提案手法の有用性を示すための評価実験について述べ、5章において評価結果を示し、6章にて本論文をまとめる。

2. 関連研究

既存研究において、タスクを行動の系列としてモデル化し、手順のガイドを行うシステムが提案されている^[2]。このシステムでは、ユーザーの行動とタスクを構成する行動系列を比較することでタスクの遂行を認識している。また、複数のタスクの並行作業であっても、それぞれのタスクを並行に評価し、それらの結果を統合することで全体の評価結果としている。しかし、リアルタイムで行われた行動を検証し、ユーザーに警告を与えるようなシステムではなかった。

一方、ユーザーの行動とモデルをリアルタイムに比較し、並行して実行されるタスクにおいて間違った行動の警告を行おうとしている既存研究も存在する^[3]。しかし、この手法では、実行される可能性のあるタスクを網羅的に対象として評価・検証を行うため、多くのタスクが発生し得る環境では、計算量の増大を招く。また、候補となるタスクも多くなるため、結果的に実行しているタスクの認識精度も低下し、正確な検証が行われなく可能性が高くなる。

本研究では認識された行動系列に基づき、タスクの遷移確率を推定し、検証の対象となるタスクを限定することで、計算量を低下させ、また、精度を向上させる。

3. 提案手法

3.1 概要

既存手法でのタスク数増加による問題点は発生し得るタスクのうちどのタスクが実際に発生しているかについて頓着しない点にある。可能性のあるタスク全てを網羅的に検証することで実行が不確かなタスクの検証結果が含まれてしまい、計算量の増加、不必要な数のモデルの検証、検証精度の低下が起こる。そこで本研究では、既存研究におけるタスク検証の部分はそのまま用い、検証するタスクの数を制限する手法を提案する。タスク毎に実際に行われている可能性(本稿では実行尤度と呼称する)を求め、実行尤度が高いタスクのみを選出する実行尤度フィルターを用いる事で、検証対象とするタスクを限定する。これにより、候補となるタスクを絞ることで、高速化と高精度化を目指す。既存手法と提案手法の概略図を図1、図2に示す。

3.2 隠れマルコフモデル

本提案手法ではタスクの実行尤度算出のために隠れマルコフモデル(HMM)を採用する。本研究ではタスクを行動の系列としてモデル化する。システム側はユーザーの実行するタスクは直接把握できない。システムで取得可能なのは行動識別器の結果のみであり、このとき、この識別器によって識別される行動は作業中のタスクに依存する。そこで行動識別器の結果(ユーザーの行動)を観測出力、ユーザーの実行しているタスクを隠れ状態としたHMMを形成する。このようにして形成されたHMMを解くことは、行動認識の結果(観測系列)からタスクの実行の流れ(隠れ状態の遷移)を求めることになる。

Accuracy improvement of concurrent task verification by activity sequence choice based on transition probability

[†] Tasuku Nakajima, Toyohashi University of Technology

[‡] Ren Ohmura, Toyohashi University of Technology

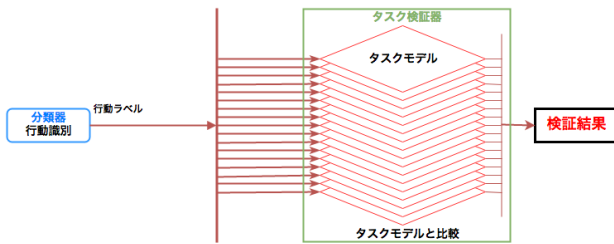


図 1 既存手法の概略図

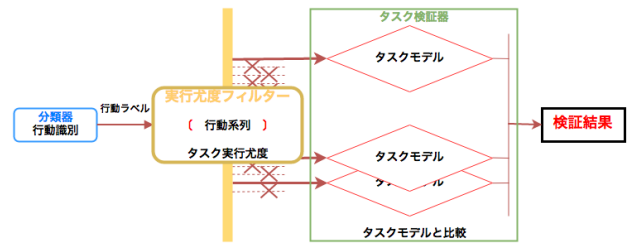


図 2 提案手法の概略図

3.3 実行尤度フィルター

実行尤度フィルターは観測系列から隠れ状態の遷移を求めることでタスクの実行尤度を算出し、実行尤度の高いタスクを選出するものである。これらの行程は以下の(1)式、(2)式、(3)式による3ステップによって構成される。

$$\{s_i, P(s_i)\} = \text{Viterbi}(o) \quad (1)$$

$$L(x_k) = \sum_i P(s_i) \{i|x_k \in s_i\} \quad (2)$$

$$E = \{x_k | L(x_k) > \epsilon\} \quad (3)$$

まず(1)式によって観測系列 o から、ビタビアルゴリズム^[4]によって隠れ状態の遷移 s_i とその確率 $P(s_i)$ を求める。それを基に(2)式によって各タスクの実行尤度 $L(x_k)$ を、その状態(タスク)を含む遷移が起こる確率の総和として求める。最後に(3)式によって閾値 ϵ 以上の実行尤度をもつタスクのみを選出し、検証タスク集合 E を生成する。このようにして選出されたタスクのみを次段の検証の対象とする。

4. 評価実験

提案手法の有用性を示すため、まずご飯を炊くなど自宅内で発生し得るタスク53種を設定した。そして著者の自宅における夕食前の家事の様子を記録した。実際には行動認識は間違ふことがあり、この精度がシステムの検証精度に大きく影響する。本研究では、提案手法による検証精度への影響のみに着目するため、記録した家事の様子に手でラベル付けした行動データ(正解データ)を検証器にかけた。被験者3人から計9日分のデータを取得し、提案手法の有用性を示すためにA.従来手法(実行可能性のあるタスク全てを対象として検証)、B.理想的状況(目視により並行して実行されていると判断されたタスクのみを対象として検証)、C.本提案手法のフィルターでタスクを選出して検証、の3パターンでの性能を入力あたりの計算時間及び検証精度によって比較した。

なお、提案する実行確率フィルターが前提とするHMMでは、本来状態遷移確率(タスク遷移確率)、ラベル出力確率(行動ラベルの確率)を学習によって決定することが一般的である。しかし、これらのパラメータの学習には多くのデータを必要とする。また、閾値 ϵ も本来注意深く決めなければならない。このため、今回の評価実験では、予備実験によって手動でこれらのパラメータを決定し、計算時間および検証精度の最良だった組み合わせを利用して比較した。

表 1 検証器の平均性能

	A. 既存手法	B. 理想性能	C. 提案手法 計算時間最小	C. 提案手法 F-measure最大
計算時間[msec]	114.13	6.186	27.78	37.33
Precision	0.576	0.884	0.676	0.694
Recall	0.880	0.904	0.913	0.915
F-measure	0.695	0.894	0.777	0.789
平均選出率[%]	100.0	5.45	9.68	15.68
との 差 手法	計算時間	—	107.94	86.35
	F-measure	—	0.199	0.082

5. 実験結果

各手法による検証器の性能をまとめたものを表1に示す。各評価指標において $A < C < B$ の性能となっている。既存手法との差が計算時間において理想性能で約100[msec]、提案手法で約80[msec]であり、およそ8割程度の向上を示している。F-measure においての差は理想性能で約0.2、提案手法で約0.1であり、およそ5割程度の向上を示している。

6. まとめ

本研究では多様なタスクが発生する環境下でのタスク検証システムの性能を向上させるため、HMMを利用してタスクの実行尤度を求め、検証の対象となるタスクを限定するフィルターを設計した。

評価実験では著者の自宅内にて、被験者3人より計9日分の家事の様子を記録し、検証器にかけて性能を評価した。評価結果にて既存手法より検証精度のF-measureが最大で約0.093上昇し、計算時間が最大で約25%まで減少したことで、タスクを選出する提案手法は既存手法よりも性能が向上することを確認した。

参考文献

- [1] Mashfiqui Rabbi, Min Hane Aung, Mi Zhang, Tanzeem Choudhury, "MyBehavior: Automated Personalized Health Feedback from User Behavior and Preference using Smartphones," UbiComp'15 Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, pp. 707-718, Sept. 2015.
- [2] 宮脇 健三郎, 佐野 睦夫, 西口 敏司, 池田 克夫, "動作同期型調理ナビゲーションのためのユーザ適応型調理タスクモデル," 情報処理学会論文誌, vol. 50, no. 4, pp. 1299-1310, Apr. 2009.
- [3] Shinji Iwamoto, Ren Ohmura, Towards Concurrent Task Verification in Context-aware Applications, International Workshop on Human Activity Sensing Corpus and its Application (HASCA2014), Sept., 2015
- [4] G.D. Forney, "The Viterbi algorithm," Proceedings of the IEEE, vol. 61, no. 3, pp. 268-278, Mar. 1973.