

베이지안 네트워크를 이용한 사용자 적응적 일정관리 에이전트

임성수⁰ 조성배
연세대학교 컴퓨터학과
lss@scslab.yonsei.ac.kr⁰, sbcho@cs.yonsei.ac.kr

User Adaptive Schedule Management Agent using Bayesian Networks

Sungsoo Lim⁰ Sung-Bae Cho
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

일정관리란 업무 능률을 높이기 위해 일정의 작성, 변경, 조정을 하는 것으로 체계적인 관리를 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하다. 일정관리를 대행해주는 지능형 에이전트가 존재한다면 개인의 시간 관리에 많은 도움이 된다. 이미 Calendar Manager, Office Tracker, MS Outlook 등의 많은 응용 어플리케이션이 개발되었으나, 이들은 사용자의 성향을 학습하지 않고 수동적인 관리만 하므로 일정관리에 있어서 큰 도움을 주지 못한다. 본 논문에서는 베이지안 네트워크를 이용하여 실시간으로 사용자의 행동 패턴을 모델링하는 사용자 적응적인 지능형 일정관리 에이전트를 제안하고, 정성·정량적 실험을 통해 제안하는 방법의 유용성을 보인다.

1. 서 론

일정관리란 업무 능률을 효율적으로 발휘될 수 있도록 회의, 약속 등에 대한 예정의 작성, 변경, 조정하는 것으로 체계적인 관리를 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하다. 일정관리를 대행해주는 지능형 에이전트가 존재한다면 개인의 효율적인 시간 관리에 많은 도움이 된다. 그러나 사람마다 하는 일과 생활 습관이 다르므로 이러한 에이전트를 설계하는 것은 쉬운 일이다.

일정관리에 관련하여 이미 Calendar Manager, Office Tracker, MS Outlook 등과 같은 많은 응용 어플리케이션이 개발되었다. 이들은 사용자로 하여금 자신의 일정을 손쉽게 추가, 수정, 삭제하도록 지원하며, 기록된 일정정보를 시각화하여 보여준다. 그러나 이러한 응용 어플리케이션은 사용자들의 일정에 대한 우선순위와 선호도를 학습하지 않으므로 일정관리에 있어서 큰 도움을 주지 못한다[1].

Bocionek은 일정관리 에이전트가 사람과 같은 역할을 수행하기 하기 위해서는 사용자와 에이전트 간의 원활한 의사소통과 사용자 성향 학습이 필요하다고 그의 논문에서 기술하고 있다 [2]. 본 논문에서는 대화형 에이전트를 기술을 적용하여 사용자의 의도를 파악하고, 사용자의 성향을 베이지안 네트워크를 이용하여 모델링하여 상황에 적절한 일정관리 서비스를 제공하며, 베이지안 네트워크 학습을 통해 사용자의 변화하는 성향을 실시간으로 학습하는 지능형 일정관리 에이전트를 제안한다.

2. 관련연구

2.1 일정관리 에이전트

사용자의 행동 패턴을 학습하는 일정관리 에이전트에 관한 많은 연구들이 진행되고 있지만, 일정의 날짜, 시간 등을 거의 추천하지 못하고 부분적인 서비스만을 제공하며, 사용자의 성향 및 일정과 관련된 각 요소들의 연관관계를 잘 표현하지 못한다[1]. Kozierek과 Maes는 사용자의 상황-행동 쌍을 기억하여, 현 상황과 가장 유사했던 상황을 가진 상황-행동 쌍을 선택하여 이에 해당하는 행동을 수행하는 기억기반(memory based) 학습과 강화 학습(reinforcement learning)을 통해서 사용자의 성향을 학습하였고[3], Mitchell 등은 결정 트리

이용하여 사용자의 일정수립 규칙을 학습하는 CAP (Calendar Apprentice)를 제안하였다[4]. 그밖에 여러 사람의 일정을 고려하여 최적의 회의 시간을 결정하는 회의 일정 에이전트도 많이 연구되고 있다[5,6].

일정관리 에이전트가 사람과 같은 역할을 수행하기 하기 위해서 다음과 같은 두 가지 기능이 필요하다[2]. 첫째, 에이전트는 사용자와의 중개(mediation) 과정이 필요하다. 대부분의 사무 업무는 사용자와의 의사소통 과정이 필요하므로 이러한 의사소통 과정에서 발생하는 모호함을 해결할 수 있는 기능이 필요하다. 둘째, 에이전트는 사용자 모델링을 통해 변화하는 환경에 적응해야 한다. 사람에 따라 생활 패턴이 다르고, 같은 사람이라도 자신이 처한 환경에 따라 다른 행동을 선택할 수 있다. 따라서 에이전트는 이러한 변화하는 환경 속에서 사용자 적응적인 서비스를 제공해야 한다.

2.2 베이지안 네트워크

실세계의 응용 애플리케이션에서 환경은 매우 불확실하며, 에이전트는 불완전하고 노이즈가 많은 정보를 가지고 불확실한 환경에서 행동을 결정해야만 한다[7]. 그러한 에이전트의 설계자는 주어진 상황에서 어떤 행동을 할 것인지를 결정하는 에이전트를 구현하기 위한 방법이 필요하다. 베이지안 확률 추론은 지능형 에이전트나 시스템이 불충분한 지식을 가지고 표상하거나 추론하는 대표적인 방법이다[8].

베이지안 추론은 베이지안 네트워크 표현을 환경으로부터 주어진 증거들에서 어떤 현상이 사실인지를 설명하는 가정이 얼마나 맞는가를 추론하는데 사용한다. 베이지안 네트워크는 불확실한 지식을 표현하는 기법이다. 네트워크의 노드는 랜덤 변수를 나타내고 아크는 각 변수들 간의 의존성을 나타낸다. 베이지안 네트워크에서의 의존성은 화살이 원인에서 결과로 나타나는 우연적 관계를 말한다.

베이지안 추론은 각 부류에 속하는지에 대한 확률 분포를 찾는 데 사용된다. 예측 작업에서는 베이지안 네트워크를 가지고 원인과 결과를 표현하여 문제를 모델링 한다. 환경에서 어떤 증거들이 관측되었을 때, 경험적으로(결과에서 원인을 추론하는) 관측을 설명할 수 있는 원인을 추론하게 된다. 일단 원인

이 확인되면 인과 방향으로 아직 환경에서 관측되지 않은 다른 변수들의 값을 예측하기 위해 추론을 진행한다.

3. 제안하는 방법

본 장에서는 논문에서 제안하는 지능형 일정관리 에이전트에 사용되는 기술 및 방법에 대해 구체적으로 기술한다. 기존의 일정관리 에이전트는 일정의 날짜, 시간 등을 거의 추천하지 못하고 부분적인 서비스만을 제공하며, 사용자의 성향 및 일정과 관련된 각 요소들의 연관관계를 잘 표현하지 못했지만, 본 논문에서는 대화 인터페이스와 베이지안 네트워크를 이용한 사용자 모델링을 통해 사용자 적응적인 지능형 일정관리 에이전트를 제안한다. 그림 1은 제안하는 지능형 일정관리 에이전트의 구조도를 보여준다.

대화관리 모듈은 사용자와의 의사소통을 통해 사용자의 의도를 추론하고 상황을 인식하여 사용자에게 적절한 정보와 서비스를 제공한다. 일정관리 모듈은 실제적으로 사용자의 일정 정보를 관리하는 모듈로 일정의 추가, 변경, 삭제의 기능을 수행한다. 사용자 모델링 모듈은 일정, 대인관계, 에이전트 신뢰도를 실시간으로 모델링하고 일정에 대한 여러 가지 정보를 추론한다.

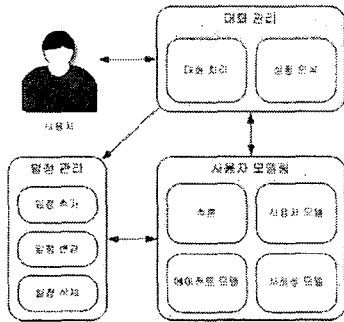


그림 1. 제안하는 일정관리 에이전트의 구조

3.1 베이지안 네트워크 구조 설계

본 논문에서는 베이지안 네트워크를 이용한 사용자 모델링을 통해 사용자 적응적인 지능형 일정관리 에이전트를 제안한다. 베이지안 네트워크를 사용한 사용자 모델링은 신경망, 규칙 학습 등의 데이터 기반 방법에 비해 설계자의 사전지식을 활용하기 쉬워 기대치만큼의 성능을 쉽게 얻을 수 있다.

에이전트는 사람과 같은 행동을 하는 것을 목표로 하므로 학습을 통한 모델링 보다는 설계자가 직접 모델링하는 것이 좋은 성능을 얻을 수 있다. 그러나 네트워크의 규모가 크면 네트워크의 구조는 쉽게 모델링 할 수 있지만, 파라미터의 경우, 모든 인과관계를 고려한 조건부 확률 정의는 많은 시간과 노력이 필요하다. 또한, 고정된 베이지안 네트워크를 사용하므로 환경의 변화를 잘 반영할 수 없다.

본 논문에서는 일정의 우선순위를 판단하는 베이지안 네트워크를 설계한다. 일정의 우선순위는 1차적으로 일정의 긴급도, 중요도, 선호도의 영향을 받아 결정되며, 일정의 긴급도는 일정의 남은 시간에 비례하여 높아지며, 일정의 중요도는 일정에 대한 사용자의 중요도와 일정 참가자에 대한 사용자 중요도에 의해 영향을 받고, 마지막으로 일정의 선호도는 일정에 대한 사용자 선호도와 일정 참가자에 대한 사용자 선호도, 그리고 시간 선호도에 영향을 받는다. 이러한 점들을 고려하여 본 논문에서는 그림 2와 같은 베이지안 네트워크를 설계하였다.

우선순위, 긴급도, 선호도, 중요도, 참가자 중요도, 참가자 선호도, 일정 중요도, 일정 선호도, 시간 선호도는 베이지안

네트워크의 규모가 필요없이 커지는 것을 방지하기 위해 일정의 종류가 바뀔 때 따라서 그 파라미터 값을 변경하며, 사회적 모델(일정 참가자들)은 사용자의 주소록을 바탕으로 추가, 삭제된다.

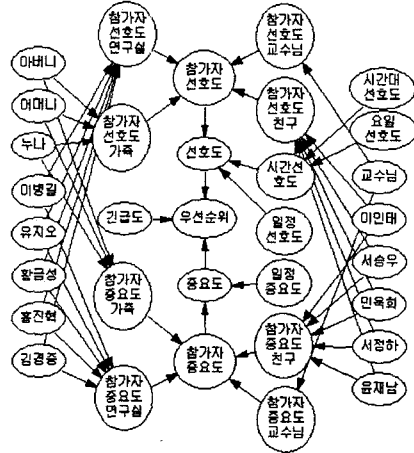


그림 2. 베이지안 네트워크 모델링

3.2 베이지안 네트워크 파라미터 학습

본 논문에서는 베이지안 네트워크 파라미터 설정을 위해서 불완전한 데이터 실시간으로 학습이 가능한 방법을 적용한다 [9]. 보통 일정에 대한 정보는 일정 종류, 참가자, 시간, 장소 등과 같은 입력만이 들어오므로, 각 일정에 대한 우선순위, 선호도, 중요도 등을 직접적으로 알 수 없다. 또한 같은 일정도 시간에 따라서 그 중요도 및 선호도가 변화하기 때문에 실시간 학습이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 불확실한 환경에서 실시간으로 학습이 가능한 방법을 적용한다 [9].

4. 실험 결과

4.1 정성적 평가

제안하는 지능형 일정관리 에이전트는 에이전트 모델에 따라 다른 행동을 수행한다. 본 절에서는 일정 추가, 변경, 삭제, 추천에 대한 실제 시스템의 동작 예를 사용자의 성향이 충분히 모델링되기 전과 후의 경우를 비교해 본다. 사용자의 성향이 모델링되기 전에는 에이전트의 신뢰도가 낮아 일처리에 있어 사용자의 의견을 물어본다. 하지만 오랜 기간 동안 사용자의 성향을 충분히 학습하면 신뢰도가 높아져 스스로 행동을 하고 사용자에게 보고하는 형식으로 서비스가 제공된다. 표 1은 신뢰도에 따른 에이전트의 행동 전략을 보여준다.

표 1. 신뢰도에 따른 에이전트의 행동 전략

| 신뢰도 | 행동 전략 |
|---------|--|
| 0.0-0.6 | 사용자의 명령에 의해 수동적으로 서비스를 제공. 의사 결정이 필요할 때에는 사용자에게 어떤 것을 할지 물어본다. |
| 0.6-0.9 | 스스로 상황을 파악하여 상황에 적절한 서비스를 추천. |
| 0.9-1.0 | 알아서 일을 처리하고 사용자에게 보고함. |

그림 3은 일정을 추가할 때 수행되는 대화 예를 보여주고 있다. 사용자가 일정추가를 원하는 경우, 에이전트는 사용자로부터 추가할 일정에 대한 정보를 수집해야 한다. 제안하는 방법에서는 대화관리 모듈이 적절한 명령어를 선택하여 사용자의

점심 약속에 관련된 정보를 추출하고, 일정추가에 필요한 모든 정보가 수집되면, 사용자 일정에 해당 일정을 등록한다. 이때 만일 중복되는 일정이 존재하면 표 2와 같이 에이전트 신뢰도에 따라 어떠한 일정을 결정할지 정한다.

```

사용자: 일정을 추가하고 싶은데..
명령어: [정보추출 - 일정 종류]
에이전트: 무슨 일정이지요?
사용자: 점심 약속이야.
정보 획득: [일정 종류 - 점심 약속]
명령어: [정보추출 - 일정 참가자]
에이전트: 누구와의 약속인가요?
사용자: 인태랑 만나기로 했어.
정보 획득: [일정 참가자 - 이인태]
명령어: [정보추출 - 일정 시작 시간]
에이전트: 몇 시에 만나기로 했나요?
사용자: 13시.
정보 획득: [일정 시작 시간 - 13:00]
명령어: [정보요구 - 중복 일정]
에이전트: 알겠습니다.
    
```

그림 3. 일정 추가 대화 예

표 2. 중복 일정 처리

| 신뢰도 | 중복 일정 처리 |
|---------|---|
| 0.0-0.6 | 에이전트: 중복된 일정이 있습니다. |
| 0.6-0.9 | 추가 일정 우선순위 > 중복 일정 우선순위 에이전트: 승우와의 약속은 취소할까요? |
| | 추가 일정 우선순위 < 중복 일정 우선순위 에이전트: 중복된 일정이 있습니다. 14시로 하는 것은 어떨까요? |
| 0.9-1.0 | 추가 일정 우선순위 > 중복 일정 우선순위 에이전트: 승우와의 약속을 취소하겠습니다. |
| | 추가 일정 우선순위 < 중복 일정 우선순위 에이전트: 중복된 일정이 있어, 14시로 잡겠습니다. |

4.2 정량적 평가

본 절에서는 실제 상황을 가정하여 생성된 일정관련 이벤트 데이터를 생성하여 에이전트의 신뢰도 변화를 측정한다. 학습 데이터는 한 대학원생의 학기 중 생활을 분석하여, 일정추가는 9 종류의 일정을 확률적으로 생성하였다.

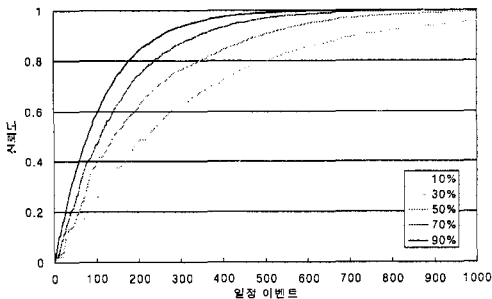


그림 4. 일정 이벤트 진행에 따른 신뢰도 변화

본 실험에서는 추가된 일정에 대해 사용자의 평가는 일정 확률로 존재한다고 가정하였으며, 각 일정의 평가는 일정의 우선

순위, 선호도, 중요도, 참가자 중요도, 일정 중요도, 참가자 선호도, 일정 선호도, 시간 선호도 중, 한 번에 한 항목에 대해서 평가가 이루어지며 그 평가값은 사용자의 성향을 바탕으로 미리 정의된 베이지안 네트워크를 통하여 결정하였다. 실험은 사용자 평가의 비율을 10%, 30%, 50%, 70%, 90%로 변경하면서 진행되었다. 그림 4는 일정 이벤트의 진행에 따른 에이전트 모델의 변화를 보여주고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 베이지안 네트워크를 이용한 사용자 모델링과 베이지안 네트워크 파라미터의 실시간 학습 방법을 통해 사용자 적응적인 지능형 일정관리 에이전트를 제안하였다. 제안하는 에이전트는 사용자의 일정과 그 일정을 함께하는 사람에 대한 사용자의 중요도 및 선호도를 베이지안 네트워크로 표현하고, 사용자 정보에 따라 그 구조를 확장하여 에이전트의 지식 구조를 넓힌다. 또한, 베이지안 네트워크의 온라인 파라미터 학습 방법을 통해 사용자 적응적인 서비스를 제공하였다.

향후 과제로는 좀 더 현실적이고 유용한 일정관리 에이전트를 구현하기 위하여 멀티 에이전트 환경에서의 협상과정이 필요하다. 일정은 언제나 혼자서 수행하는 것이 아니므로 상대방의 환경을 이해할 필요가 있다. 한 사용자의 성향만이 아니라 다른 참가자들의 성향과 대인관계를 바탕으로 일정을 관리하면 더욱 현실적이고 유용한 시스템을 구현할 수 있다.

감사의 글

이 연구는 산업자원부가 지원하는 뇌과학 연구 프로그램에 의해 지원되었음

참고문헌

- [1] S. Schiaffino and A. Amandi, "On the design of a software secretary," *In Proc. Of the Argentine Symposium on AI*, pp. 218-230, 2002.
- [2] S. Bocionek, "Software secretaries: learning and negotiating personal assistants for the daily office work," *In Proc. IEEE Int. Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp. 7-12, 1994.
- [3] R. Kozierok and P. Maes, "A learning interface agents for scheduling meetings," *In Intelligent User Interfaces 93*, pp. 81-88, 1993.
- [4] T. Mitchell, et al., "Experience with a learning personal assistant," *Communications of the ACM*, vol. 37, no. 7, pp. 81-91, 1994.
- [5] T. Payne, et al., "Browsing schedules: An agent-based approach to navigating the semantic web," *In Proceedings of ISWC*, pp. 469-473, 2002.
- [6] C.-S. Lee and C.-Y. Pan, "An intelligent fuzzy agent for meeting scheduling decision support system," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 142, no. 3, pp. 467-488, 2004.
- [7] J.-H. Hong and S.-B. Cho, "A two-stage bayesian network for effective development of conversational agent," *Fourth International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning*, pp. 2-3, 2003.
- [8] E. Charniak, "Bayesian networks without tears," *AI Magazine*, 12(4), pp. 50-63, 1991
- [9] 임성수, 조성배, "불완전한 데이터로부터 베이지안 네트워크 파라미터의 온라인 학습," *정보과학회 학술발표회 논문집*, vol. 32, no. 2, pp. 652-654, 2005.