유치원 수업의 대중 감성 예측을 위한 모듈형 트리구조 베이지안 네트워크

김준호, 조성배
연세대학교 컴퓨터과학과
barabarada@sclab.yonsei.ac.kr, sbcho@yonsei.ac.kr

A Modular Tree-structured Bayesian Network for Predicting Public Emotion in Kindergarten Classes

Jun-Ho Kim, Sung-Bae Cho
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

사람의 정서를 자극하여 교육 효과를 증진시키기 위해 감성을 미리 예측하는 기존 연구들은 직접적인 상태를 측정하여 감성을 예측하는 방식을 사용한다. 하지만 이 방식은 유아들에게 적합하지 않아 새로운 감성 예측 방법이 필요하며, 감성 변화가 잦은 유아들을 위해 빠른 예측이 이루어져야 한다. 본 논문에서는 센서로부터 입력된 환경 정보를 기반으로 다음 시점의 감정을 예측하는 베이지안 네트워크를 제안한다. 해당 베이지안 네트워크는 트리구조로 구성한 뒤 모듈 단위로 구성하여 복잡도를 최대한 줄이도록 구성하였다. 제안하는 네트워크를 검증하기 위해 실제 유치원 수업 중 수집한 센서 데이터를 활용하여 실험을 수행하였다. 그 결과 80% 이상의 정확도를 보였으며, 다른 방법들에 비해 최대 40배 빨라진 추론 속도를 보였다.

1. 서 론

사람의 정서를 자극하여 교육시의 학습효과를 증대시키는 연구는 오래 전부터 진행되어 왔다. 이를 효율적으로 수행하기 위해서는 교육 대상의 감성을 효과적으로 예측하는 방법이 필요하다. 하지만 기존의 연구들은 얼굴 표정, 음성, 문자 등을 통해 사용자의 직접적인 상태를 측정하여 감성을 예측하기 때문에 어린 연령의 학생들을 대상으로 하는 수업에서는 사용이 어렵다. 또한 아동들은 감성의 변화가 잦으며, 이들을 대상으로 진행하는 수업도 변화가 빠르게 일어난다. 따라서 직접적 측정 없이 환경 요소만으로 감성을 예측하며, 이에 걸리는 시간을 최소화 해야 한다. 실제 유치원 수업에서 사용 가능한 자극은 표1과 같다.

표 1. 유치원 수업에서 변화 가능한 자극

시각	조명, 배경 영상
청각	배경 음향, 음량
후각	향기 종류
촉각	온도, 습도

본 논문에서는 유치원 수업에서 센서로부터 측정된 외부 환경 자극과 현재 학생들의 감성을 통해 다음 시점의 대중감성을 예측하는 베이지안 네트워크를 제안한다. 이는 빠른 속도의 예측을 위해 트리 구조로 제작한 뒤 모듈화를 수행하였으며, 1분 단위로 구성된 유치원의 수업환경을 고려하여 10초 이내의 예측이 이루어지는 것을 목표로 하였다. 제안한 방법의 검증을 위해 유치원 수업 중에 수집한 데이터로 정확도를 측정하였으며, 다른 방법들과 결과를 비교하였다.

2. 관련 연구

2.1 확률 기반의 감성 인식

데이터 획득이 어려운 감성의 특성상 확을 기반으로 감성을 인식하거나 예측하는 연구가 주목 받고 있다. Metallinou는 Gaussian Mixture Model(GMM)과 Hidden Markov Model(HMM)을 이용하여 음성, 얼굴, 머리의 움직임을 통한 감성인식 모델을 제안하였다[4]. Hu는 Universal Background Model을 적용한 GMM을 이용하였고[5], Jiang 은 동적 베이지안 네트워크를 사용하여 감성을 인식하였다[6]. 이런 확률 기반 감성 예측 방법들은 적은 양의 데이터로 다른 방법들에 비해 높은 정확도의 감성 예측이 가능하다.

2.2 베이지안 네트워크의 시간 복잡도 감소

베이지안 네트워크는 노드와 아크로 구성된 방향성 비순환 그래프로 부모와 자식노드 사이의 인과관계를 통한 확률 기반 추론모델이다. 이는 불확실한 상황을 표현하고 추론하는 문제에 강건한 방법이긴 하지만, 확률모델의 특성상 계산량이 많은 단점이 있다.

베이지안 네트워크의 시간복잡도 감소를 위해 Koller 등은 객체지향적 개념을 적용한 네트워크 설계를 통해 추론 중복을 방지하는 방법을 제안하였다. Das는

선형추론 알고리즘을 이용하여 동시발생 상황을 고려한 Conditional Probability Table(CPT)크기 감소방법을 제안하였다. Oude 등은 Markov boundary기반 계층적 모듈화 구조설계 방법을 제안하였다[2]. 베이지안 네트워크의 시간 복잡도를 감소시키기 위한 네트워크 구조를 변경하거나 노드들 간의 추론 계산 횟수와 비례하는 CPT의 크기를 감소시키는 연구가 일반적이다.

3. 제안하는 방법

3.1 네트워크 입출력 요소

표 2. 네트워크 입출력 요소

구분	분류	가능 상태	내용
입력	조도	200lx, 700lx, 1000lx	조명의 밝기
	색온도	1000K, 3000K, 7000K	조명의 색 정도
	음향	S_1, S_2, S_3, S_4	음향의 종류
	음량	20db, 40db, 60db	음향의 크기
	향기	lavender, lemon, jasmin, rose	향기의 종류
	온도	18°C, 23°C, 25°C, 28°C	현재 기온
	습도	30%, 40%, 50%, 70%	공기 중 습도
	현재 감성	쾌-각성, 쾌-이완, 불쾌-각성, 불쾌-이완	현재 대중 감성
출력	예측 감성	쾌-각성, 쾌-이완, 불쾌-각성, 불쾌-이완	예측된 다음 대중 감성

제안하는 베이지안 네트워크의 입출력은 표 1과 같다. 입력은 유치원 환경에서 변화시킬 수 있는 요소들을 기반으로 결정하였으며, 자극 정보와 현재 감성이 들어온다. 출력은 다음 시점의 예측 감성이 나타난다.

3.2 트리구조 모듈형 네트워크 구성

베이지안 네트워크를 이용한 감성 예측의 시간 복잡도를 최소화 하여 계산시간을 줄이기 위해 네트워크를 트리구조로 설계한다. 그리고 연산 속도를 추가로 늘리기 위해 모듈단위로 분리한다. 베이지안 네트워크의 초기 구조는 모든 노드들이 이어져 있는 형태로 제작한다. 어떤 두 노드가 가지는 상태 집합을 X, Y, 결과 노드의 상태 집합을 C라고 할 때 두 노드 사이의 가중치 I_p는 식(2)와 같이 표현할 수 있다[7].

$$I_p(X,Y) = \sum_{x\in X, y\in Y, c\in C} P(x,y,c) log \frac{p(x,y|c)}{p(x|c)p(y|c)}. \quad (2)$$

이렇게 구성된 네트워크의 초기 구조는 그림 1의 과정을 통해 트리구조 네트워크로 재구성된다.

3.3 구성된 베이지안 네트워크

위의 과정을 거쳐 구성된 베이지안 네트워크는 총 6개의 모듈로 구성된다. 총 54개의 노드로 이루어져 있으며, 크게 감성 예측 계층, 감각 통합 계층, 감각 입력 계층의 세 개의 계층으로 이루어진다. 이렇게 구성된 베이지안 네트워크는 그림 2의 형태를 지닌다.

Input: 초기 베이지안 네트워크
Output: 트리구조 베이지안 네트워크

while(모든 노드 N에 대해 반복)
  임의의 노드 N_i선택
  N_i의 간선 중 가장 가중치가 큰 간선을 선택하여 해당 노드 N_j와 연결

  if(Cycle 존재)
    N_i와 N_j연결 삭제
    루프 시작으로 되돌아감
  else
    i를 증가

구성된 Tree를 Markov boundary를 기준으로 Sub-tree $t_1, t_2, \ldots, t_n$으로 분할

분할된 Sub-tree에 중간 노드를 삽입하여 연결

그림 1. 트리구조 모듈형 네트워크 구성 알고리즘

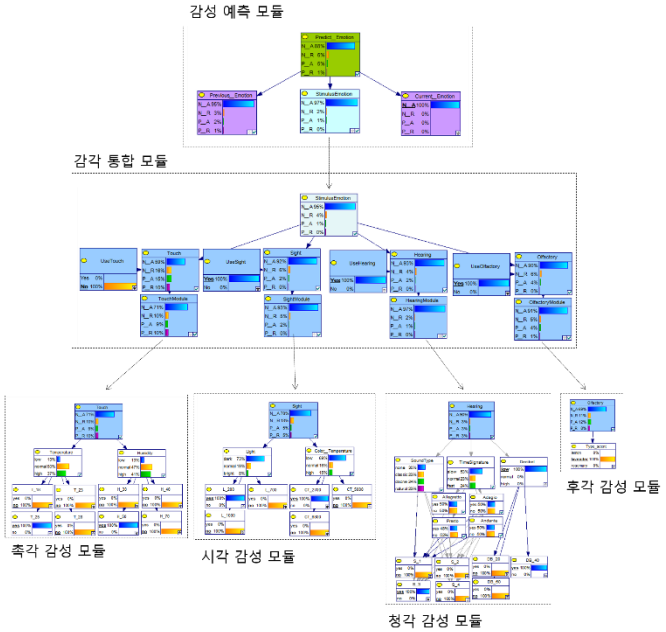

그림 2. 구성된 베이지안 네트워크

4. 실험 결과

4.1 실험 데이터 정의

설계한 베이지안 네트워크의 검증을 위해 유치원 학생 10명을 대상으로 수집한 데이터를 이용하였다.

데이터 수집을 위한 수업은 5일에 걸쳐 하루에 두 번씩 10회 진행하였고, 한번의 수업은 20분 단위로 진행하여 1분에 한번씩 총 200개의 데이터를 수집하였다. 환경 데이터는 실제 유치원에 부착된 환경 측정 센서를 통해 수집하였고, 현재 대중 감성은 VIBRA에서 제작한 감성 측정 시스템을 활용하여 측정하였다[8]. 데이터의 입력에는 한 시점의 측정된 감성과 조도, 색온도, 온도, 습도, 음량, 음향, 향기가 들어오며, 출력으로는 입력 데이터의 다음 시점의 실제 감성이 포함된다.

4.2 정확도 평가

실험 데이터를 사용하여 제안하는 방법을 통해 감성 예측 정확도를 측정하고, 같은 데이터를 다른 분류 기법들에 적용하여 정확도를 비교하였다. 제안하는 방법 이외의 방법들은 5-fold cross validation을 수행하여 정확도와 최대, 최소값, 표준편차를 측정하였다.

실험 결과는 그림 3과 같이 나타났다. 제안하는 방법의 정확도는 84%로 다른 방법들의 평균 정확도 및 최고 정확도에 비해 높은 값을 보였다. 제안하는 방법 이외에는 support vector machine과 decision tree가 70% 후반대의 비교적 높은 정확도를 보였으며, naïve Bayes방식이 60%의 낮은 정확도를 보였다.

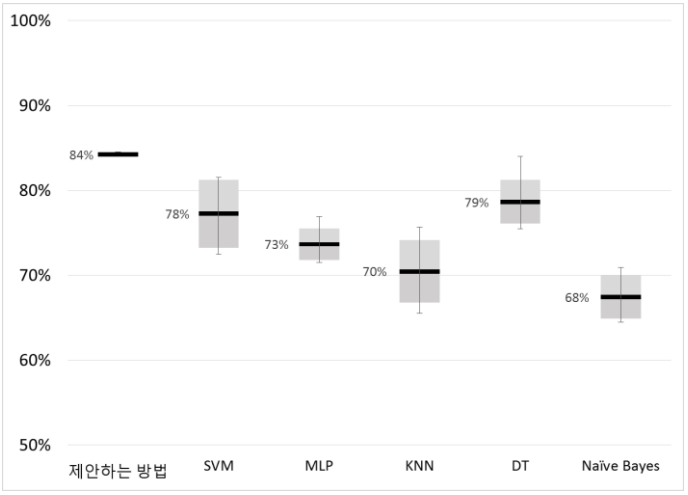

그림 3. 정확도 비교 결과

4.3 추론 시간 비교

제안하는 방법의 속도 향상을 검증하기 위해 주어진 데이터를 사용하여 단일 네트워크, 트리구조 네트워크와 추론 시간을 비교하였다. 정확한 시간 측정을 위해 100회 반복하여 실험 후 평균 추론 시간을 계산하였다.

실험 결과는 그림 4에 표시된 것처럼 제안하는 방법이 단일 네트워크에 비해 약 40배, 트리구조 네트워크에 비해서는 약 2배 가량 속도 향상이 발생한 것을 확인하였다. 유치원 환경에서 수업의 변화 최소 주기가 1분인 것을 감안해 보았을 때 충분히 처리 가능한 시간 내에 추론이 일어난다고 할 수 있다.

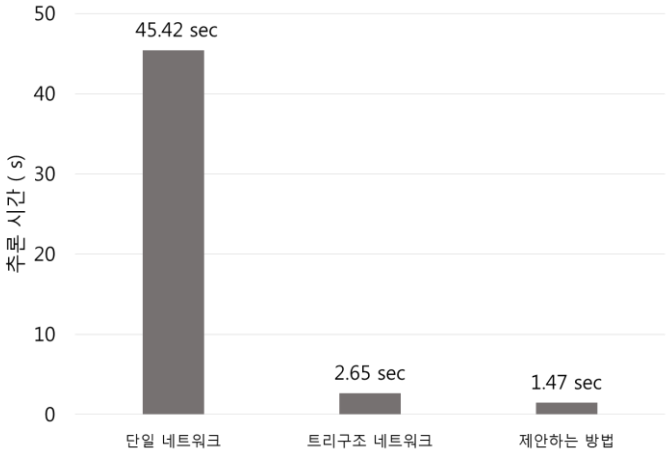

그림 4. 추론 시간 비교 결과

5. 결론

본 논문에서는 유치원 환경에서 대중 감성 예측을 위한 모듈형 트리구조 베이지안 네트워크를 제안하였다. 제안한 네트워크의 성능을 검증하기 위해 유치원 학생들을 대상으로 수집한 데이터를 통해 정확도를 측정한 결과 평균 84%의 정확도를 보였으며, 추론 시간 또한 단일 네트워크에 비해 40배 이상 향상된 것을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [10044828, 서비스 효과 증강을 위한 다감각 서비스 공통기술개발]

참고문헌

[1] S.-H. Yi and S.-B. Cho, "A correction system of objects detected from outdoor surveillance cameras based on dynamic Bayesian network," 39th KCC Conf., vol. 39, no. 1(B), pp. 402-404, 2012.

[2] P. de Oude and G. Pavilin, "A modular approach to adaptive Bayesian information fusion," Int. Conf. on Information Fusion, pp. 1-8, 2007.

[3] A. Mehrabian and J. A. Russell, An Approach to Environmental Psychology, The MIT Press, 1974.

[4] A. Metallinou, M. Wollmer, A. Katsamanis, F. Eyben, B.Schuller, and S. Narayanan, "Context-sensitive learning for enhanced audiovisual emotion classification," IEEE Trans. Affective Computing, vol. 3, no. 2, pp. 184-198, 2012.

[5] H. Hu, M.-X. Xu, and W. Wu, "GMM supervector based SVM with spectral features for speech emotion recognition," Acoustics, Speech and Signal Processing 2007, no. 4, pp. 413-416, 2007.

[6] D. Jiang, Y. Cui, and et al, "Audio visual emotion recognition based on triple-stream dynamic Bayesian network models," Affective Computing and Intelligent Interaction, vol. 6949, pp. 609-618, 2011.

[7] Y. Lee, and S. Cho, "A mobile picture tagging system using tree-structured layered Bayesian networks," Mobile Information Systems, vol. 9, no. 3, pp. 209-224, 2013.

[8] J. Park, J. Kim, and S. Hwang, "A Study on Emotional Classification Algorithm using Vibraimage Technology," 2014 ACED Asian Conference on Ergonomics and Design, 2014