랜덤 하이퍼그래프 메모리 모델에서 순차적 단서를 활용한 문장 생성

남진석[O] 장병탁
서울대학교 컴퓨터공학부
jsnam@bi.snu.ac.kr, btzhang@bi.snu.ac.kr

Sentence Generation utilizing Sequential Cues in a Random Hypergraph Memory

Jinseok Nam[O] Byoung-Tak Zhang
School of Computer Science and Engineering

본 논문에서는 순차적 정보를 다룰 수 있는 새로운 기계학습 기법을 소개한다. 본 논문의 제안 방법은 랜덤 하이퍼그래프 메모리 모델에 기반한 것으로, 랜덤 하이퍼그래프 메모리 모델이 갖고 있는 기존의 하이퍼링크 집합에 순차성을 표시하는 인터링크를 추가하여 순차적 정보를 메모리 정보에 포함시키는 방법이다. 제안 방법의 유효성을 확인하기 위하여 우리는 비디오 코퍼스의 대본을 랜덤 하이퍼그래프 메모리 모델로 표시한 후 선행하는 대사 정보가 주어졌을 때 후속하는 대사를 생성하는 실험을 수행하였다. 문장 생성에 관한 기존 연구와 달리 템플릿이나 별도의 문장 규칙을 부여하지 않고 무감독 학습(unsupervised learning) 방식을 사용했음에도 매우 높은 정확도로 문장을 생성할 수 있음을 확인할 수 있었다. 우리는 본 연구를 통해 메모리 크기와 생성 문장의 정확도 사이의 상관 관계에 대한 간단한 실험을 수행하였다. 실험 결과 본 논문의 기여는 다음과 같다: (1) 문장 생성을 위해 주어지는 단서의 길이와 생성된 문장의 정확도 관계가 반드시 정의 관계가 아님을 확인하였다. (2) 메모리 모델에서 문장의 표현 정도가 향상될수록 생성 문장의 정확도가 높아짐을 확인하였다.

주어진 대화 문장에서 언어를 생성하는 문제는 단순히 기존의 단어 빈도와 같은 통계정보를 사용해서 문서 또는 문장을 분류하는 알고리즘을 사용할 수 없는 문제다. 기본적으로 대화는 문장과 문장 간의 시간적 흐름이 무엇보다 중요하기 때문에 시간적인 특성을 반영할 수 있는 모델이 필요하다. 인간의 감각 기관은 이러한 순차적인 정보를 처리하는 능력이 있으며, 이와 같은 기능에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다.[1][2]

본 논문에서는 실험을 통해 학습 코퍼스 기반 문장 생성을 위해 주어지는 큐 (cue) 크기를 변화하면서 생성되는 문장의 정확도를 확인하였다. 문장을 생성하는 문제는 학습 데이터로부터 주어진 힌트에 맞게 데이터를 생성해야 하는 문제이기 때문에 잘 알려진 기존의 정적 변별 기계학습 기술로는 해결이 어렵다. 정적 변별 모델 대신 동적 생성 모델인 하이퍼네트워크 모델[3]을 이용한다. 하이퍼네트워크는 여러 논문에서 문장 또는 이미지 생성에서 그 성능을 보였다.[4][5] 우리는 실험에서 문장 생성 실험에서 생성해야 하는 문장을 t번째 문장이라고 하면 k 개의 큐 문장은 $t-1, t-2, ..., t-k$ 와 같은 순서로 주어진다. 하이퍼네트워크는 node, node를 연결하는 가중치가 적용된 hyperedge로 이루어져있다. 각 node는 학습 데이터 문장의 각 단어가 되며, hyperedge는 각 단어를 연결하며 가중치를 결정한다.

대화 기반 문장 생성 실험을 위해 드라마 Friends 한 에피소드 대사를 사용했으며, 각각 50, 150, 343 문장으로 학습 코퍼스의 크기를 변경하여 실험하였다. 또한, 문장 생성을 위해 주어진 문장의 수, 즉 큐의 길이는 1~3 의 범위를 갖는다. t-1문장을 볼 때와 t-1, t-2 문장을 함께 볼 때, 그리고 t-1, t-2, t-3 문장을 함께 볼 때 생성된 t번째 문장의 정확도에 미치는 영향을 실험을 통해 확인했다. t번째 문장을 맞추기 위해 주어지는 문장의 수, 즉 큐의 길이를 늘리면 생성되는 문장의 정확도가 향상될 것이라고 기대했지만, 실험 결과는 그림 1 에서 보는 것처럼 큐의 길이가 증가할 수록 생성되는 문장의 정확도가 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. hyperedge를 생성하기 위해서는 학습 코퍼스의 문장을 최대 50번까지 샘플링을 한다. 샘플링 횟수를 50회로 제한했기 때문에 하나의 큐와 그에 대응되는 생성 문장에 대해 최대 50개의 hyperedge를 생성할 수 있다. 따라서, 큐의 길이가 길어질 수록 문제 공간의 크기는 exponential 증가를 보이지만, 최대 샘플링 횟수를 50회로 제한했기 때문에 문제 공간의 일부분에 해당하는 hyperedge로 문장을 생성하는 결과는 상대적으로 좋지 않다고 볼 수 있다. 또한 마찬가지로 학습 문장의 수가 많아질 수록 생성된 문장의 정확도가 떨어지는 것을 문제 공간의 크기의 문제로 볼 수 있다. 그래서 문제 공간이 늘어나는만큼 hyperedge의 수를 증가시키는 경우를 가정한다. 즉, 문제공간의 크기가 증가하더라도 하이퍼네트워크가 커버하는 크기의 비율이 일정하도록 유지할 때 큐의 길이가 문장 생성에 미치는 영향을 알아보았다. 문제공간의 크기를 고려해서 이전 실험에서보다 학습

문장의 수를 더 적게 유지한 20 문장만 사용했으며, 대조군 (위 그림에서 학습 코퍼스의 크기 20)은 큐의 크기와 상관없이 샘플링 횟수를 20회로 고정하고, 실험군 (sizeup_20)은 큐의 길이가 1, 2, 3인 경우에 대해, 각각 샘플링 횟수를 20회, 100회, 500회로 설정하고 실험을 수행했다. 위 실험에서는 큐의 길이가 증가할 수록 샘플링의 횟수를 증가시킨 경우에 길이가 긴 큐가 문장 생성에 도움을 준다는 것을 그림 2에서 확인할 수 있다.

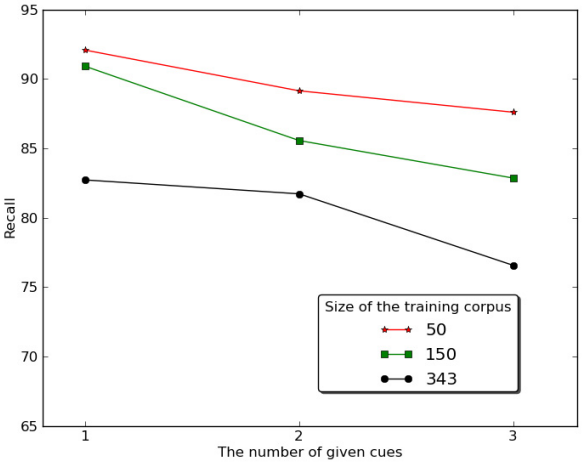

그림 1. 큐의 길이에 따른 생성 문장의 정확도

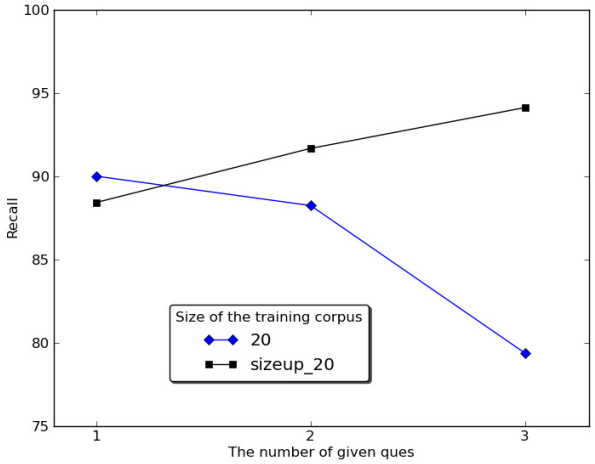

그림 2. hyperedge의 수에 따른 생성 문장의 정확도

우리는, 사람에게 충분한 시간이 주어지는 경우, 줄거리가 있는 문장을 회상할 때 힌트로 주어지는 문장이 많은 경우 주어진 문장의 다음 문장을 회상하는 작업에 도움이 된다고 생각한다. 하이퍼네트워크 모델을 이용해서 인간의 언어 생성 또는 회상 기능을 모사하기 위해, 시간의 흐름이 있는 순차적인 문장을 제공하는 경우 문장 생성 정확도에 대한 실험을 하였다. 사람의 경우 기억 용량은 일반적으로 무한하다고 볼 수 있는 반면 하이퍼네트워크로 모사한 메모리 모델은 상대적으로 기억용량의 한계가 있기 때문에 사람에게서 기대하는 결과와는 다르게 힌트 문장의 수가 증가할 수록 오히려 생성한 문장의 정확도가 감소하는 결과를 확인할 수 있었다. 하지만, 적은 수의 문장에 대한 실험에서는 기억용량을 힌트 문장의 수에 따라 증가시켰기 때문에 생성 문장의 정확도가 향상되는 결과를 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였으며 (KI002138, 차세대 맞춤형 서비스를 위한 기계학습 기반 멀티모달 복합 정보 추출 및 추천 기술 개발, MARS), 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단(No. 2010-0017734) 및 교육과학기술부의 BK21-IT사업에 의해 일부 지원되었음. 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사드립니다.

참고문헌

[1] Reiter, E. and Dale, R., Building Natural-Language Generation Systems, *Cambridge University Press*, 2000.
[2] Teramae, J. and Fukai, T., Sequential Associative Memory with Nonuniformity of the Layer Sizes. *Physical Review E*. Vol. 75, No. 1, 2007.
[3] B.-T. Zhang, Hypernetworks: A molecular evolutionary architecture for cognitive learning and memory, *IEEE Computational Intelligence Magazine*, **3**(3):49-63, 2008.
[4] B.-T. Zhang and C.-H. Park, Self-assemblying hypernetworks for cognitive learning of linguistic memory, Proceedings of *International Conference on Computer, Electrical, and Systems Science, and Engineering*, Vol. 27, pp.134-138, 2008.
[5] J.-W. Ha, B.-H. Kim, H.-W. Kim, W.C. Yoon, J.-H. Eom, ang B.-T. Zhang, Text-to-image cross-modal retrieval of magazine articles based on higher-order pattern recall by hypernetworks, *The 10th International Symposium on Advanced Intelligent Systems*, pp. 274-277, 2009.