

객체의 구조적 속성 정보를 포함하는 연상 네트워크 모델의 개념적 설계

박형근, 이일병
연세대학교 컴퓨터과학과
e-mail:aipest@hanmail.net

A Conceptual Design of Associative Network Model Including Structural Attribute Information of Objects

Hyungkun Park, Yillbyung Lee
Dept of Computer Science, Yonsei University

요 약

이미지 형태로 표현된 외부 정보를 입력으로 사용하는 다양한 응용에서, 이미지 내에 포함된 오브젝트의 의미를 이해하는 것은 매우 중요하다. 이를 위해, 이미지로부터 대상 오브젝트를 구성하고 있는 요소들에 대한 정보를 구조적으로 파악하는 과정이 필요하다. 연상 네트워크 모델은 이러한 문제 해결을 위한 효과적인 솔루션을 제공할 수 있다. 그러나 기존에 제안된 연상 네트워크 모델들은 오브젝트를 구성하고 있는 지역적 속성 정보들을 독립된 형태로 구조적으로 연상하기에는 적합하지 않다. 이에 본 논문에서는 오브젝트의 구성 요소들에 대한 구조적 속성 정보를 포함할 수 있는 새로운 연상 네트워크 모델을 개념적으로 설계하고, 실험을 통해 그 가능성을 확인하였다.

1. 서론

인지, 인식, 추론, 판단, 그리고 의사 결정 등을 위한 다양한 응용에서 외부 정보 입력을 위한 매개로 가장 널리 활용 되는 것은 이미지이다. 이 때, 입력된 이미지의 의미를 파악하는 것은 주어진 문제 해결을 위한 솔루션과 직결된다. 이를 위해, 이미지에 포함되어 있는 오브젝트에 대한 단순 인식을 넘어, 궁극적으로 객체의 의미를 이해할 수 있는 과정이 요구된다. 일반적으로 하나의 독립된 오브젝트는 개념적으로 분리 가능한 하나 이상의 오브젝트들의 조합으로 구성된다. 따라서 입력된 이미지에 포함된 오브젝트의 의미를 이해하기 위해 그를 구성하고 있는 오브젝트들의 속성 정보를 구조적으로 파악하는 것은 매우 중요하다. 또한 주어진 이미지로부터 대상 오브젝트와 관련된 정보를 다양하게 확보하고 활용하는 것이 이미지의 의미를 이해하는 데에 더 효과적이다.

연상 네트워크 모델은 이를 위해 효과적인 솔루션을 제공할 수 있다. 그러나 기존에 제안된 연상 네트워크 모델들은 오브젝트에 대해 전체적인 관점에서 주로 형태학적 접근에 집중하고 있기 때문에[1], 이미지에 포함된 대상 오브젝트에 대해 다양한 정보를 확보하고 구성 요소에 대한 속성 정보를 구조적으로 포함하는 것은 불가능하다.

이에 본 논문에서는 인지 심리학 분야의 연구와 인간 두뇌의 밝혀진 연상 메커니즘과 해부학적 구조적 특징을 참조하여, 방향(Direction) 정보, 색상(Color) 정보, 그리고 형태학적(Morphological) 정보를 중심으로 이미지에 포함

된 오브젝트를 구성하고 있는 지역적 속성 정보들을 구조적으로 연상할 수 있는 새로운 연상 네트워크 모델을 개념적으로 설계하고, 실험을 통해 그 동작 가능성을 확인하였다.

2. 구조적 정보를 포함하는 연상 네트워크 모델

본 연구에서는 인지 및 발달 심리학의 연구 성과와 인간 두뇌의 알려진 연상 기억 메커니즘 및 구조적 특징을 참조하여 오브젝트의 구조적 속성 정보를 포함할 수 있는 새로운 연상 네트워크의 개념적 모델을 설계하였다.

2.1. 구조적 속성 정보 추출을 위한 준거

기본적으로 연상 네트워크 모델은 새롭게 입력되는 대상으로부터 획득한 기본적인 특징 정보를 중심으로, 학습 과정을 통해 누적한 정보들에 대해 연상 과정을 수행하면서, 연관 정보를 동원하는 방식으로 해당 오브젝트의 특징을 보완해서 파악하고 이해한다.

대상 오브젝트의 구조적 속성 정보를 학습 및 적재하고 이를 기반으로 연상 작업을 수행할 수 있는 연상 네트워크 모델을 설계하기 위해서는, 우선적으로 입력 이미지에 포함된 오브젝트로부터 기본적인 구조적 특징 정보를 추출하기 위한 준거들(Criteria)이 필요하다. 이 준거들은 연상 네트워크에 학습 과정을 통해 누적한 정보가 없는 생성(Creation) 단계에서도 독립적으로 적용될 수 있어야 한다.

인간은 대뇌피질의 각 기능적 영역과 변연계 각 부의 기능적 구조적 특징으로 이루어 볼 때 대상을 이해하는 과정에서 연상 기억 메커니즘과 구조적 속성 정보를 활용하는 것으로 판단된다[2]. 이에 본 연구에서는 학습이 이루어지기 전인 생후 4개월 이내의 영유아를 대상으로 한 발달 심리학 연구 성과[3][4]에서 대상을 이해하고 학습하기 위해 사용하는 생득적 시각 능력을 추정해, 이미지에 포함된 오브젝트로부터 기본적인 구조적 특징 정보를 추출하기 위한 준거로 활용하였다. 또한 인간 두뇌 대뇌피질과 변연계의 각 기능적 영역들과 외측 후두 복합체(LOC)와 V1의 알려진 역할 [2]를 참조하여, 총 세 가지의 준거를 설정하였다.

상대적 방향 혹은 위치 정보, 형태학적 정보, 그리고 색상 정보가 그것이다. 각 준거들은 독립적인 클러스터에서 운용되도록 했다. 방향 정보는 계산의 편의를 위해 4×4 matrix로 구성되며 binary 값을 갖는다. 1의 값을 갖는 영역이 포커싱 포인트의 상대적 방향과 위치를 의미한다. 형태학적 정보는 $n \times n$ matrix($n \geq 4, n \in N$)로 구성되며 이진화하여 추출하고 상대적 음영에 따라 어두운 부분은 +1, 밝은 부분은 -1, 경계는 0값을 부여한다. 색상 정보는 3차원 배열의 형태로 RGB 정보를 갖는다. 이 준거들은 해당 matrix에서 일시적으로 값을 가질 수 있으며, 인간의 감각 수용 층(Sensory Cell Layer)과 같은 기능을 수행한다.

2.2. 구조적 속성 정보의 추출

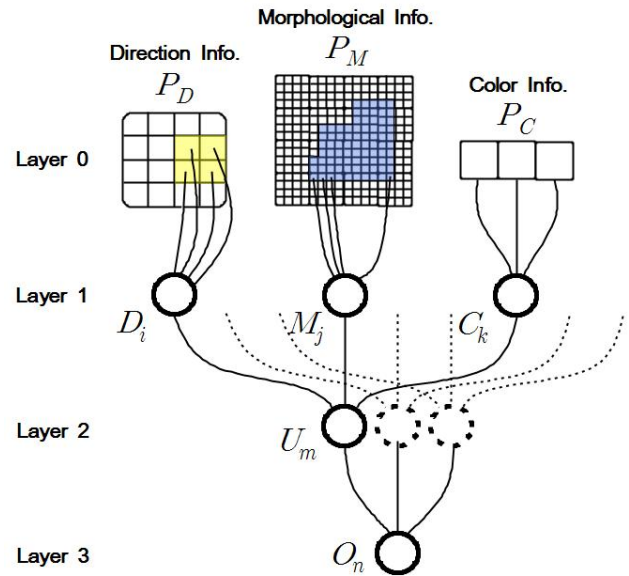
입력된 이미지에 포함된 오브젝트로부터 2.1.에서 제안한 준거들을 기준으로 구조적 속성 정보를 추출하는 과정은 다음과 같다.

- 1) 입력된 이미지에 대해 색상 양자화 및 저해상도 처리를 한다.
- 2) 방향 및 위치 정보 탐색을 위해 할당된 4×4 matrix로 표현 가능한 연속된 각 부분 영역들에 대응하는 입력된 이미지 영역에 대해 형태학적 정보와 대표 색상 정보를 추출한다.
- 3) 추출된 구조적 속성 정보들을 해당 영역 단위로 연결하여 구조적 단위 정보(Structural Unit Information)를 형성한다.
- 4) 이미지 전체 영역에서 구별 가능한 서로 다른 색상 정보를 포함하고 있는 영역을 블록화 하고 해당 영역에 대해 원본 이미지를 대상으로 각각 1)에서 3)를 반복한다.
- 5) 1)~3)에서 획득한 구조적 단위 정보들을 연결하여 하나의 오브젝트 개념(concept)을 형성한다.

2.3. 추출한 정보의 적재와 개념의 형성

이와 같이 대상에 대한 구조적 속성 정보를 기능적, 의미적으로 분리하여 추출하는 경우, 연상 과정에서는 분할된 각 특징 정보에 의해 연상의 폭이 넓어진다는 장점이 있으나, 분리되어 적재된 속성 정보들을 연결해서 하나의

개념을 형성하는 것이 핵심 난제가 된다. 본 연구에서는 새로운 노드 층(layer)을 계층적으로 생성해서 이 문제를 해결했다. (그림 1)은 구조적 속성 정보를 포함하는 연상 네트워크 모델의 구조를 보여준다.



(그림 1) 제안하는 연상 네트워크 모델의 개념적 구조

제안하는 연상 네트워크 모델은 다수의 층(layer)을 갖는 계층적 구조로 구성되어 있다. 추출한 정보를 적재하고 개념을 형성해가는 과정은 다음과 같다.

- 1) 입력으로 사용된 이미지에 포함된 오브젝트로부터 각 준거들에 의해 추출된 구조적 속성 정보가 Layer0의 각 matrix들을 활성화 하면,
- 2) 그에 대응하는 Layer1의 각 노드들은 해당하는 인덱스에 활성화 된 matrix의 각 셀과 1:1 연결(connection)을 형성하는 방식으로 해당 구조적 속성 정보를 저장한다. Layer1에서 방향 정보 matrix에 대응하는 노드는 4×4 배열로 구성되며 binary 값을 갖는다. 형태학적 정보 matrix에 대응하는 노드는 $n \times n$ 배열($n \geq 4, n \in N$)로 구성되며 정수 값(signed integer)을 갖는다. 색상 정보 matrix에 대응하는 노드는 3차원 배열의 형태로 구성된다.
- 3) 동일하거나 유사한 구조적 속성 정보나 구조적 단위 정보가 네트워크 상에 이미 저장되어 있다면 새롭게 추가 저장하지 않고 이미 저장되어 있는 정보를 연결하여 사용한다.
- 4) 이 각각의 구조적 속성 정보들은 Layer2에서 인덱스를 매개로 연결되어 구조적 단위 정보의 개념을 형성하게 된다. 즉 Layer2에서 m 번째 구조적 단위 정보 U_m 은 Layer1에서의 각 구조적 속성 정보인 i 번째 위치 패턴 정보 D_i , j 번째 형태학적 패턴 정보 M_j , 그리고 k 번째 색상 패턴 정보 C_k 의 연결을 통해 형성된다.
- 5) 이 구조적 단위 정보들은 Layer3에서 다시 인덱스를

매개로 연결되어 하나의 오브젝트 개념을 형성하게 된다.

2.4. 학습과 갱신

제안하는 연상 네트워크 모델은 정보의 단순 누적 적재와 그 부분적 갱신에 의해 학습이 가능하기 때문에 추가 학습을 위해 전체 네트워크를 재조직해야 할 필요는 없다. 새로운 입력으로부터 추출된 새로운 정보의 적재와 연결 작업이 곧 학습 과정이 된다. 이 때, 2.3의 과정 3)에서 동일하거나 유사한 구조적 속성 정보나 구조적 단위 정보가 이미 네트워크 상에 존재하는지 판단하는 것은 새로운 정보와 기존 누적 학습된 정보와의 매칭 결과를 참고하여 결정한다. 구조적 속성 정보들 중 형태학적 정보의 경우, 새롭게 추출된 형태학적 패턴 정보 P_m 과 네트워크 상에 적재 되어 있는 i 번째 형태학적 패턴 정보 M_i 에 대해 threshold $T(0 < T \leq 1, T \in R)$ 를 기준으로 식 (1)의 조건을 만족하면 동일 혹은 유사 정보로 판단한다. k 는 matrix P_m 과 배열 M_i 의 각 셀, n 은 matrix의 배열의 총 셀 수를 의미한다.

$$\left(\sum_{k=1}^n P_{mk}M_{ik}\right)/n \geq T \quad (1)$$

이 때, 동일 혹은 유사 정보로 판단될 경우, 식 (2)의 형태로 네트워크의 연결 강도를 갱신할 수 있다.

$$\forall k, P_{mk} + M_{ik} \quad (2)$$

이 경우 식 (1)은 식 (3)으로 대체된다.

$$\left(\sum_{k=1}^n P_{mk}M_{ik}\right)/\left(\sum_{k=1}^n |M_{ik}|\right) \geq T \quad (3)$$

2.5 연상(Association)과 확산(Reverberation)

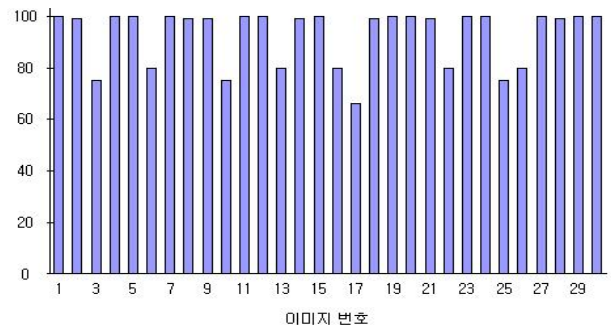
연상과 확산은 2.3의 과정 3)에서 시작된다. 제안하는 연상 네트워크 모델에서 연상은 대상 오브젝트 전체 정보와 지역적 정보 모두를 대상으로 가능하며 확산은 연상의 재귀적 발생을 통해 이루어진다.

3. 실험 및 결과

본 연구에서는 개념적으로 설계한 연상 네트워크 모델이 설계 목적대로 오브젝트의 구조적 속성 정보를 정상적으로 포함하고 연상할 수 있는지 그 동작 여부에만 초점을 맞춰 간단한 실험을 통해 그 가능성을 확인하였다.

배경이 제거된 상태에서 중심 객체의 속성을 갖는 단일 오브젝트를 포함하는 30개의 이미지를 대상으로 수작업을 통해 각 오브젝트를 구성하고 있는 지역적 단위 오브젝트들을 별도로 분리 편집하여 118개의 이미지로 제작하여 먼저 연상 네트워크 모델에 입력으로 사용해 적재시킨 뒤 30개의 이미지를 차례로 입력해 구조적 속성 정보를 연상

할 수 있는지 확인하였다. 색상 양자화는 8단계로, 저해상도 처리는 32×32 , T는 0.65로 설정하였다. Intel Core 2 Duo 2.4Ghz CPU와 2GB DDR3 Ram 사양의 랩탑 컴퓨터, MS Windows7 플랫폼, Visual Studio 2008 SP1 IDE 환경에서 C언어로 구현하여 실험하였다. 구조적 속성 정보의 형태로 연상되기를 기대하는 구조적 단위 정보들의 수에 대해 실제로 연상된 구조적 단위 정보들의 수를 백분율로 나타낸 결과는 <표 1>과 같다.



<표 1> 구조적 단위 정보들의 연상 결과

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 발달 심리학 분야 연구 성과와 인간 두뇌의 기능적 구조적 특징들을 참조하여, 구조적 속성 정보를 포함할 수 있는 새로운 연상 네트워크 모델을 개념적으로 설계하였다. 또한 간단한 실험을 통해 그 메커니즘의 동작 가능성을 확인하였다. 현재 제안한 연상 네트워크 모델은 다중해상도와 적응적 색 양자화를 사용할 수 있도록 개선되고 있다. 그리고 구조적 단위 정보와 오브젝트의 개념을 형성하기 위해 사용되는 연결 작업에서 연결 강도를 조절할 수 있는 방법을 적용하는 실험이 진행 중이다. 추출된 구조적 속성 정보와 학습되어 있는 구조적 속성 정보 간의 유사 정보 판별을 위한 보다 정교한 알고리즘이 필요하고, 대표 색상 추출, 독립적 의미를 갖는 세션 영역 블록화, 연상 우선 순위 판단을 위한 보완이 필요하다.

참고문헌

[1] Anders Lansner, "Associative memory models: from the cell-assembly theory to biophysically detailed cortex simulations", Trends in Neurosciences, Volume 32, Issue 3, pp.178-186, 2009
 [2] Bernard J. Baars, Nicole M. Gage, "Cognition, Brain, and Consciousness", 1E, Elsevier, 2007
 [3] Piaget J., "The Child and Reality : Problems of Genetic Psychology", Grossman Publishers, NY, 1973
 [4] RL Fantz, JM Ordy, and MS Udelf, "Maturation of Pattern Vision in Infants during the First 6 Months.", Journal of Comparative and Physiological Psychology, Volume 55, Issue 6, pp.907-917, 1962