

# Boltzmann Machine을 이용한 그래프의 최적분할

## (Optimal Graph Partitioning by Boltzmann Machine)

李 鍾 熹\*, 金 鎮 浩\*\*, 李 甲 燮\*\*, 崔 興 文\*\*

(Jong Hee Lee, Jin Ho Kim, Gab Seob Lee, and Heung Moon Choi)

### 要 約

본 논문에서는 그래프를 최적분할하기 위한 새로운 신경회로망 에너지 함수를 정의하고, 이를 이용한 그래프의 최적분할 방안을 마련하였다. 즉 그래프의 최적분할을 위한 목적함수를 신경회로망 에너지함수에 정합(mapping)시켜 새로운 에너지함수를 정의하고, Boltzmann Machine을 구성하여 최적화를 수행하였다. 6개 노우드를 갖는 그래프의 3분할에 대해 시뮬레이션해 본 결과, 에너지함수의 매개변수가  $A=50, B=5, C=14$  및  $D=10$ 일 때, 그리고 Boltzmann Machine 매개변수인 초기온도  $T_0=80$ , 온도 감소율  $\alpha=0.07$ 일 때 최적해를 얻을 수 있었으며, 제안된 에너지함수 및 최적화 방안의 타당성을 확인할 수 있었다.

### Abstract

We proposed a neural network energy function for the optimal graph partitioning and its optimization method using Boltzmann Machine. We composed a Boltzmann Machine with the proposed neural network energy function, and the simulation results show that we can obtain an optimal solution with the energy function parameters of  $A=50, B=5, C=14$  and  $D=10$ , at the Boltzmann Machine parameters of  $T_0=80$  and  $\alpha=0.07$  for a 6-node 3-partition problem. As a result, the proposed energy function and optimization parameters are proved to be feasible for the optimal graph partitioning.

### I. 서 론

최근 방대한 숫자의 단순한 신경세포들이 상호 연결되어 구조적으로 대규모의 병렬, 분산 처리에 널리 활용 가능한 신경회로망을 이용하여 최적화, 패턴 인식 및 연상기억등 다양한 분야의 문제들을 해결하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>[1,2,3,4]</sup>

Hopfield 신경회로망에서는 신경회로망을 구성하고 있는 각 신경세포들이 Hopfield 신경회로망의 동작원리에 따라 각 출력값을 재조정 해 나갈 때, 신경회로망의 에너지가 항상 감소하는 방향으로만 동작한다는 연구 결과가 발표됨에 따라 기존의 최적화 문제의 목적함수(object function)를 신경회로망의 에너지함수(energy function)에 정합시켜, 신경회로망을 이용하여 최적화 문제를 해결하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 Hopfield 신경회로망은 항상 에너지가 감소하는 방향으로만 동작하므로 최적화문제의 해를 구할 때 전역최적해(global optimal solution)가 아닌 국소최적해(local optimal solution)를 얻는데 그칠 경우가 생기게 된다. 따라서 Hopfield

\*正會員,釜山女子大學校 電子計算學科  
(Dept. of Computer Science, Pusan Women's Univ.)

\*\*正會員,慶北大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

接受日字:1990年 4月 26日

신경회로망을 이용하여 최적화를 수행할 때 국소최저점(local minima)을 벗어날 수 있는 방안을 마련해야만 올바른 최적해를 얻을 수 있다.<sup>[5,6,7]</sup>

Hopfield 신경회로망의 단점을 보완하기 위해서 Boltzmann Machine에서는 Boltzmann 확률분포에 따라 에너지가 증가하는 방향으로도 신경세포의 출력변화를 허용함으로써 궁극적으로 국소최저점(local minima)에서 벗어날 수 있도록 하였다. 이때 신경세포의 출력이 신경회로망의 에너지를 증가하는 방향으로도 변화시킬 수 있도록 허용하는 정도를 잡

을 구성하였다. 에너지함수의 각 가중치를 설정하는 방법을 제시하고, Boltzmann Machine의 각 매개변수를 설정하여 6개 노우드를 갖는 그래프의 3분할에 대한 시뮬레이션을 수행하여, 정의된 에너지함수 및 최적화 방안의 타당성을 검토 분석하였다.

## II. 최적화를 위한 Boltzmann Machine

전술한바와 같이 최적화 문제의 해를 구하기 위해서 국소최저점을 벗어날 수 있는 방법을 마련하고자