

# Hungarian Algorithm의 분석과 기술 적용에 따른 VCG-Auction 적용 가능성 연구

이하은, The Vi Nguyen, 조성래  
중앙대학교 컴퓨터공학과

{helee, tvnguyen}@uclab.re.kr, srcho@cau.ac.kr

## A Study on the Hungarian Algorithm's analysis and application of technology on VCG-Auction systems

Haeun Lee, The Vi Nguyen, Sungrae Cho

Department of Computer Science and Engineering, Chung-Ang Univ.

### 요 약

본 논문은 Hungarian Algorithm의 실행과 분석 및 기술의 적용에 대해 서술한다.  
이에 Hungarian Algorithm의 전반적인 실행 과정을 기반으로 해당 알고리즘을 분석하였다.  
또한 해당 알고리즘이 실제로 적용되는 사례를 분석하여 기술에 적용시켰을 때 어떤 강점을  
갖는지에 대해 분석하였다. VCG Auction의 문제인 전력 매칭 문제를 해결하기 위해 제안된  
Hungarian Algorithm의 활용도에 대해 판단하고, 이에 해당 알고리즘을 이용하여 VCG 전력 거래  
알고리즘을 개발한다면 더욱 경쟁력 있는 알고리즘을 개발 할 수 있을 것임을 확인하였다.

### I. 서 론

본 논문에서는 현재 각광받고 있는 Vickrey - Clarke - Groves Auction (이하 “VCG Auction”)의 문제인 전력 거래 시장에서의 매칭에 대해 주목한다. 이를 해결하기 위해 할당 문제의 해결방법 중 하나인 Hungarian Algorithm을 제시한다. 이 착안점을 기반으로 Hungarian Algorithm과 이의 적용에 대해 알아본다.

### II. 본론

본 논문에서는 Hungarian Algorithm의 정의와 기술의 적용에 대해 설명한다. 그 중에서도 Hungarian Algorithm을 매칭 알고리즘에 적용시킨 사례에 대해 설명한다. Hungarian Algorithm은 1955년 H.W.Kuhn이 발표한 알고리즘으로 가중치가 있는 이분 그래프에서 Maximym Weight Matching을 찾기 위한 알고리즘이다. 즉 두 집합의 각 원소들을 일대일 대응으로 매칭하는 경우, 가장 비용이 적은 것을 찾는 것이다.

#### 1. Hungarian Algorithm의 실행

해당 알고리즘의 경우 두 분류군의 원소들을 각기 다른 원소에 매칭하는 것이 목표이므로 원활한 설명을 위해 분류군을  $I, J$ 라 한다. 그리고 이 분류군의 각 원소들이 가장 적은 비용으로 매칭하는 것을 목표로한다. 알고리즘의 실행 순서는 다음과 같다.

먼저 분류군  $I$ 를 행,  $J$ 를 열로 하는 행렬을 생각한다.  $i$ 행,  $j$ 열 원소는  $c(i, j)$ 가 되는 것이다.

이후 모든 행과 열에 대해 각 행과 열의 원소에 그 행과 열의 가장 작은 값을 뺀다. 즉  $i$ 행의 원소 중 가장 작은 원소의 값이 3이라면  $i$ 행의 모든 원소에 대해 3을 빼주는 것이다.

그 다음 행과 열을 합하여  $n$ 개보다 적게 뽑아 행렬의 모든 0의 값을 갖는 원소를 덮는 방법이 없을 때까지 다음과 같은 과정을 반복한다.

\* 위의 방법 중 가장 크기가 작은 것을  $I, J$ 라 할 때,  $|I| + |J|$ 이 가장 작은 것을 고른다.

\*  $I, J$ 에 의해 덮여지지 않는 원소 중 가장 작은 값을  $\epsilon$ 라 한다.

\*  $I$ 에 속하지 않은 행에 대해, 그 행의 각 원소를  $\epsilon$ 만큼 뺀다.

\*  $J$ 에 속하는 열에 대해 그 열의 각 원소를  $\epsilon$ 만큼 더한다.

그리고 행렬에서 0의 값을 갖는 원소로만  $I$ 의 모든 원소를  $J$ 의 각기 다른 원소로 할당한다.

#### 2. Hungarian Algorithm의 분석

해당 알고리즘이 경우 입력으로 주어지는 행렬의 행과 열에 같은 수를 더하거나 빼도 결과에는 영향을 미치지 않는다. 따라서 각 행과 열의 가장 작은 원소의 값을 각 행과 열의 원소에서 빼도 최상의 솔루션 값은 그대로이다. 또한 행렬의 모든 원소가 0보다 크거나 같은 값을 갖게 된다. 이 때, 0의 값을 갖는 원소만을 가지고 일대일 대응이 이루어진다면 이는 가장 비용이 적게 드는 최적의

솔루션이 되겠지만, 그렇지 않는 경우도 존재한다. 행과 열의 가장 작은 값의 원소가 무엇인지에 따라 행렬의 원소가 음수가 되는 경우도 존재하기 때문이다. 따라서 행렬의 0의 값을 갖는 원소를 덮는 과정을 통해 행렬의 모든 원소가 0보다 같거나 크게 만들어야한다. 이러한 일련의 과정들을 거치며 최소 비용으로 모든 할당을 마치는 알고리즘이 실행된다.

### 3. Hungarian Algorithm의 적용 - 객체 추적

이 알고리즘을 이용하여 매칭 알고리즘을 만드는 경우 객체 검출을 위해 많이 사용된다. 특히 본 논문에서 다룬 부분은 영상 분석을 통해 객체를 추적해내는 부분에 대해 이야기하고자 한다.

객체 추적의 경우 검출된 객체를 대상으로 중앙점의 위치를 검출한다. 그리고 Hungarian Algorithm을 통해 해당 점의 추적 ID를 부여하고 객체를 추적하는 것이다. 이러 한 부분은 CCTV와 같은 영상 매체에서 사람을 셀 때 적용이 용이하다. 많은 사람들을 추적해야하는 CCTV의 특성상 다수의 객체에 일대일 매칭이 편리한 Hungarian Algorithm이 적용되어 수행 시간을 줄여주게 되는 것이다. 이에 추적 알고리즘이 적용되어 같은 추적 ID를 갖는 중앙점이 누적되어 궤적을 생성하게되고 이는 영상 매체에서 한 인물의 궤적을 표현하게 된다.

특히 객체 추적에서 사용되는 경우 해당 알고리즘은 Kalman Filter와 접목되어 사용되곤 한다. 이 기술의 경우 객체를 추적하는 과정에서 추적이 방해받는 다양한 문제가 발생하는 경우를 해결하는 기술로 예를 들어 가려짐이나 그림자로 인한 문제, 사람이 이동하면서 생기는 모양의 변화 등의 여러 문제를 해결한다. 객체 추적은 각 프레임 단위로 Kalman Filter의 추적 보정 및 예측이 수행되어 보다 정확한 움직임을 감지하게 되는 것이다.

이와 같이 영상 매체에서의 인물 뿐만 아니라 객체 검출이 가능한 모든 대상에 대해 Hungarian Algorithm을 적용하여 객체 추적을 위한 매칭이 가능하며 실제로도 다양한 분야에서 수행되고 있다.

## III. 결론

본 논문에서는 VCG Auction의 전력 거래 시장에서의 매칭을 해결하기 위한 해결 방법으로 제시된 Hungarian Algorithm의 실행과 분석 적용사례에 대해 서술하였다. 특히 할당 문제에서 가장 큰 효율성을 보여주는 Hungarian Algorithm의 분석을 통해 최저 비용으로 일대일 대응 구현의 매커니즘을 확인하였다. 또한 이를 영상 매체에 적용하는 방식에 대해 서술하여 Hungarian Algorithm의 활용과 효율성을 입증하였다. 이에 해당 알고리즘을 VCG Auction 기반 전력 거래 알고리즘 개발에 적용한다면 더 나은 매칭 알고리즘을 개발해 낼 수 있을 것이라 기대된다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국전력공사의 2020년 선정 기초연구개발 과제연구비에 의해 지원되었음(과제번호 : R20X002-15).

## 참 고 문 헌

- [1] C. Du, Z. Dai, Y. Zheng, D. Yin and Y. Wang, "A Target Allocation Method Inspired by Hungarian Algorithm\*," 2018 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA), 2018, pp. 819-825,
- [2] D. Li, L. Liu, D. Chen and J. Wen, "A data forwarding algorithm based on estimated Hungarian method for underwater sensor networks," 2017 12th International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering (ISKE), 2017, pp. 1-6
- [3] Junlan Bai and Ching-Chun Chang, "An optimized secret sharing scheme using Hungarian algorithm," 2015 IEEE 16th International Conference on Communication Technology (ICCT), 2015, pp. 334-338
- [4] R. R. Patel, T. T. Desai and S. J. Patel, "Scheduling of Jobs based on Hungarian method in cloud computing," 2017 International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 2017, pp. 6-9
- [5] J. F. Henriques, R. Caseiro and J. Batista, "Tracking in streamed video by updating globally optimal matchings," 2010 IEEE International Conference on Image Processing, 2010, pp. 81-84
- [6] M. Buric, M. Ivasic-Kos and M. Pobar, "Player Tracking in Sports Videos," 2019 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2019, pp. 334-340
- [7] S. Subramanian and L. V. Bhadrinarayana, "A Memory Efficient Algorithm for Real Time Object Counting," 2009 IEEE International Advance Computing Conference, 2009, pp. 245-248