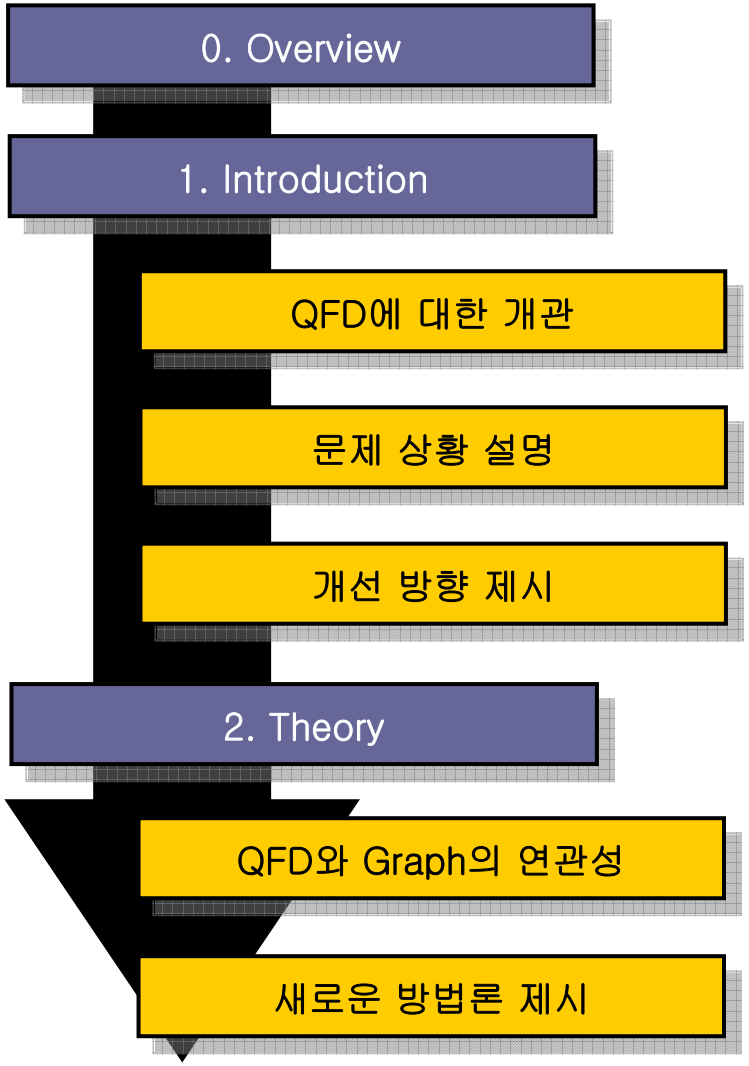
0. Overview

본 자료는 다음과 같이 구성되어 있습니다. (총 15p)



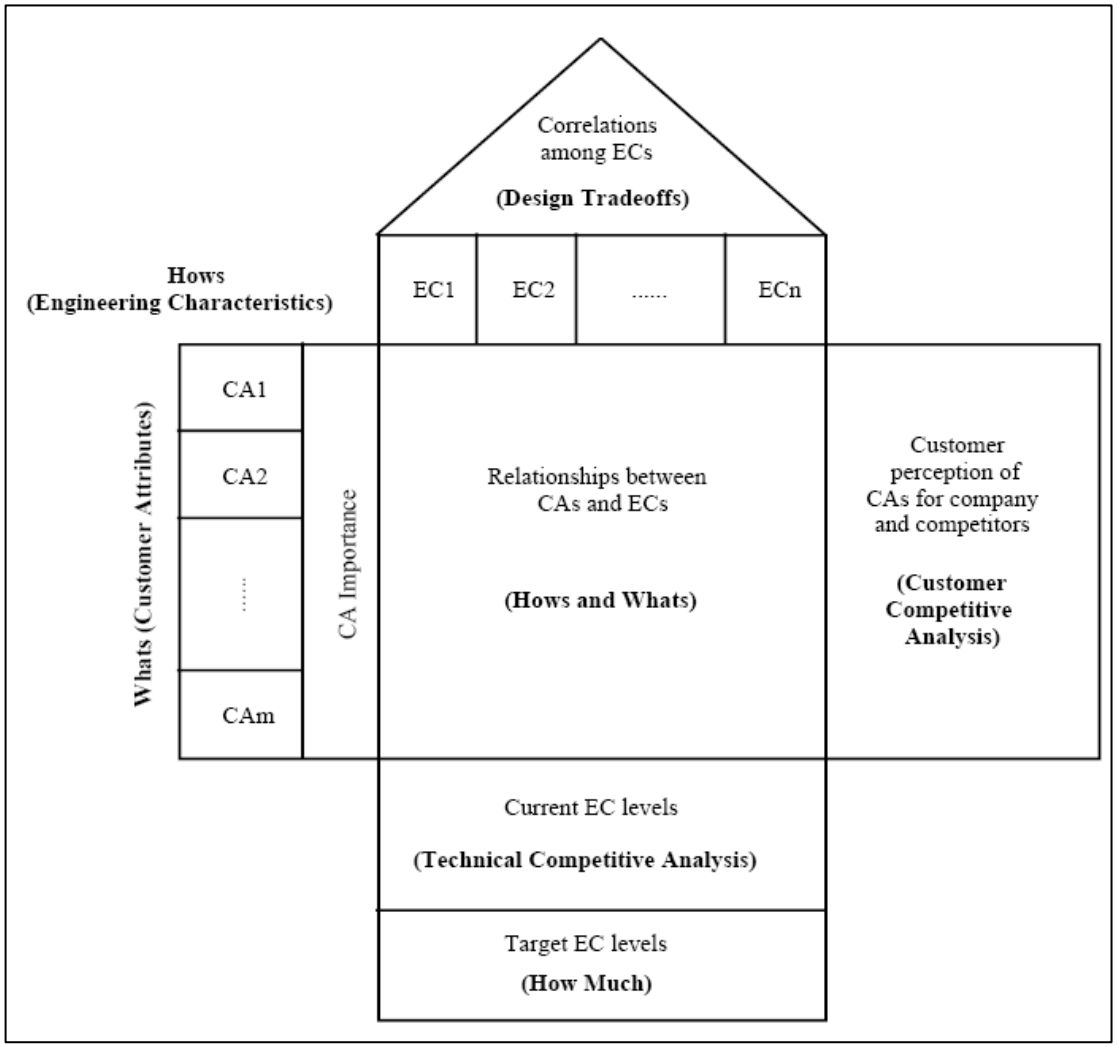
참고사항

본 자료에서는 QFD 작업의 예로 포항공과대학교 산업경영공학과 품질공학(IE371) 수업에서 Project로 '이유진-박주연' 조가 'HOQ 적용사례 – 우산'을 통해 QFD를 통한 우산의 설계에 대해 연구한 것을 저자들의 허락을 얻어 인용하였습니다.

이 Project에서는 우산의 Customer Attribute로 12 항목을, Engineering Characteristic으로 13개 항목을 선정하여, 소비자 요구 사항을 효과적으로 반영하는 제품 설계에 대해 연구하고 있습니다.

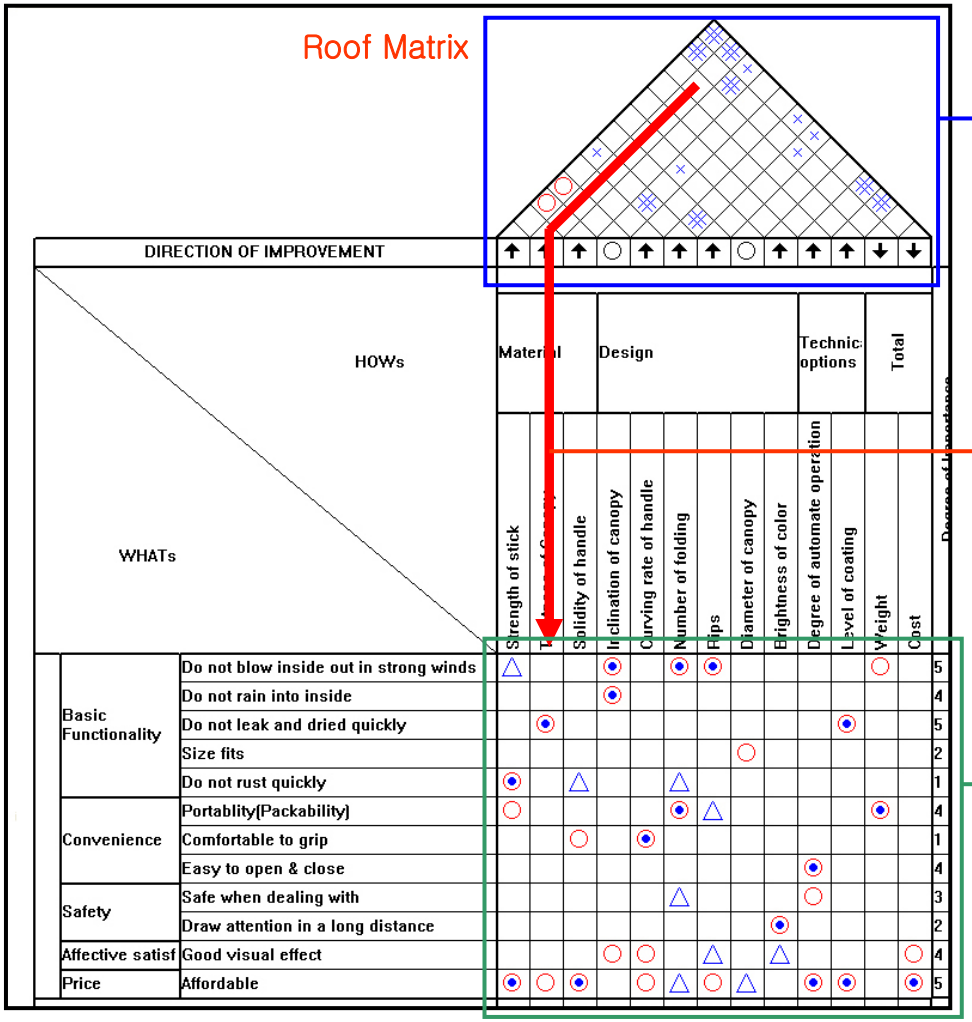
1. Introduction

House of Quality(HOQ)는 Quality Function Deployment(QFD)를 위한 기본적인 도구입니다.



1. Introduction

그러나 HOQ는 수집된 정보를 충분히 활용하지 못하고 있습니다.



HOQ의 일부분

1. Triangular Matrix 형태로 되어 있어 1차적 관계만 읽을 수 있을 뿐, **EC 간의 유기적/종합적 관계 파악이 불가능함**

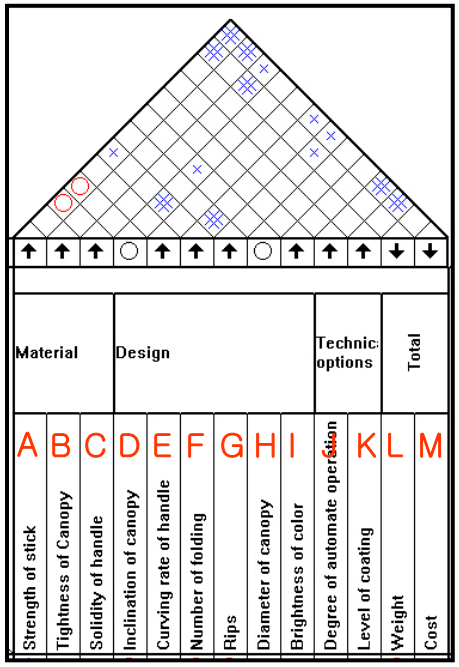
2. 관계의 크기를 측정하고 있으나 실제 Target Value를 설정하는 데 **정량적으로 반영되지 못함**

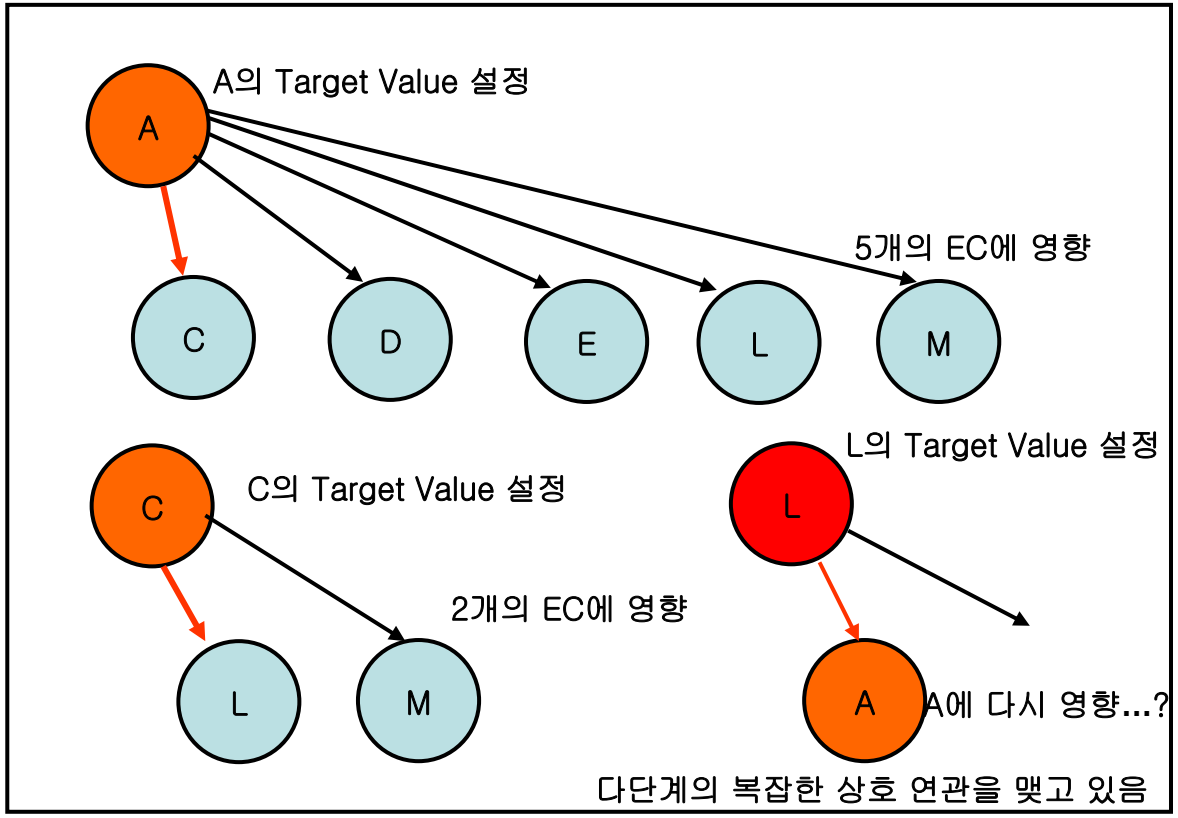
Roof Matrix과의 거리가 멀어 동시에 고려하기 힘듦

Weighted Sum을 통해 Importance Weight를 계산하나, **결과값의 도출 과정에 대한 직관적인 이해가 힘들어** 설득력 있게 와 닿지 않는다.

1. Introduction

또한 EC와 EC 간의 유기적인 관계를 강조할 필요가 있습니다.





이와 같이 EC와 EC 간에 서로 유기적인 관계를 맺고 있으므로, 각 EC에 대한 Target Value의 설정에서 EC 각각의 Importance Weight 뿐만 아니라 EC간의 유기적인 관계도 반영이 되어야 한다.

1. Introduction

QFD에 Graph Theory를 적용함으로써 이러한 한계점들을 극복하려 합니다.

Graph Theory 도입의 목표

1. Graph Theoretical Measure 제공

Social Network Analysis (SNA)에서 Network의 특성을 파악하기 위해 사용하는 Measure들을 QFD의 의사 결정 과정에 적용, 의사 결정자가 EC와 EC간의 유기적인 관계를 의사 결정 과정에 반영할 수 있도록 함. 구체적으로 다음과 같은 용도로 활용이 가능

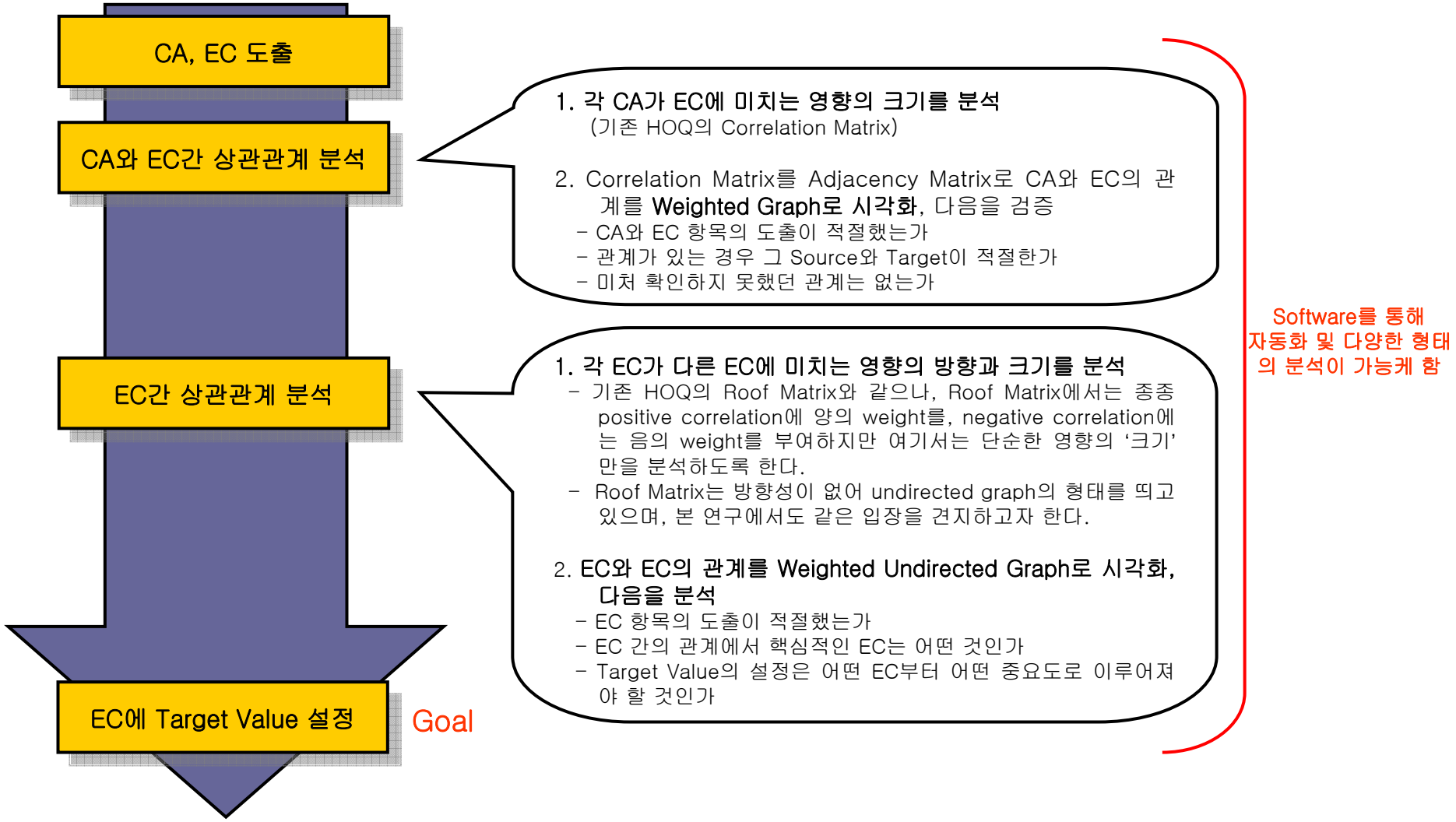
1. 각 EC의 상호 의존성이 반영된 새로운 **정량적** Importance Weight 제시
2. 각 EC의 **Target Value 결정 순서에 대한 지침을 제시**

2. 시각화 방법론 제공

Graph Theory의 임의의 Graph를 2차원/3차원 공간 상에 시각화하는 **Graph Layout** 이론 적용
-> 의사 결정자가 CA와 EC, EC와 EC 간의 **상호 연결/의존 관계를 종합적으로 파악**, 직관적인 통찰력을 적용할 수 있음.

1. Introduction

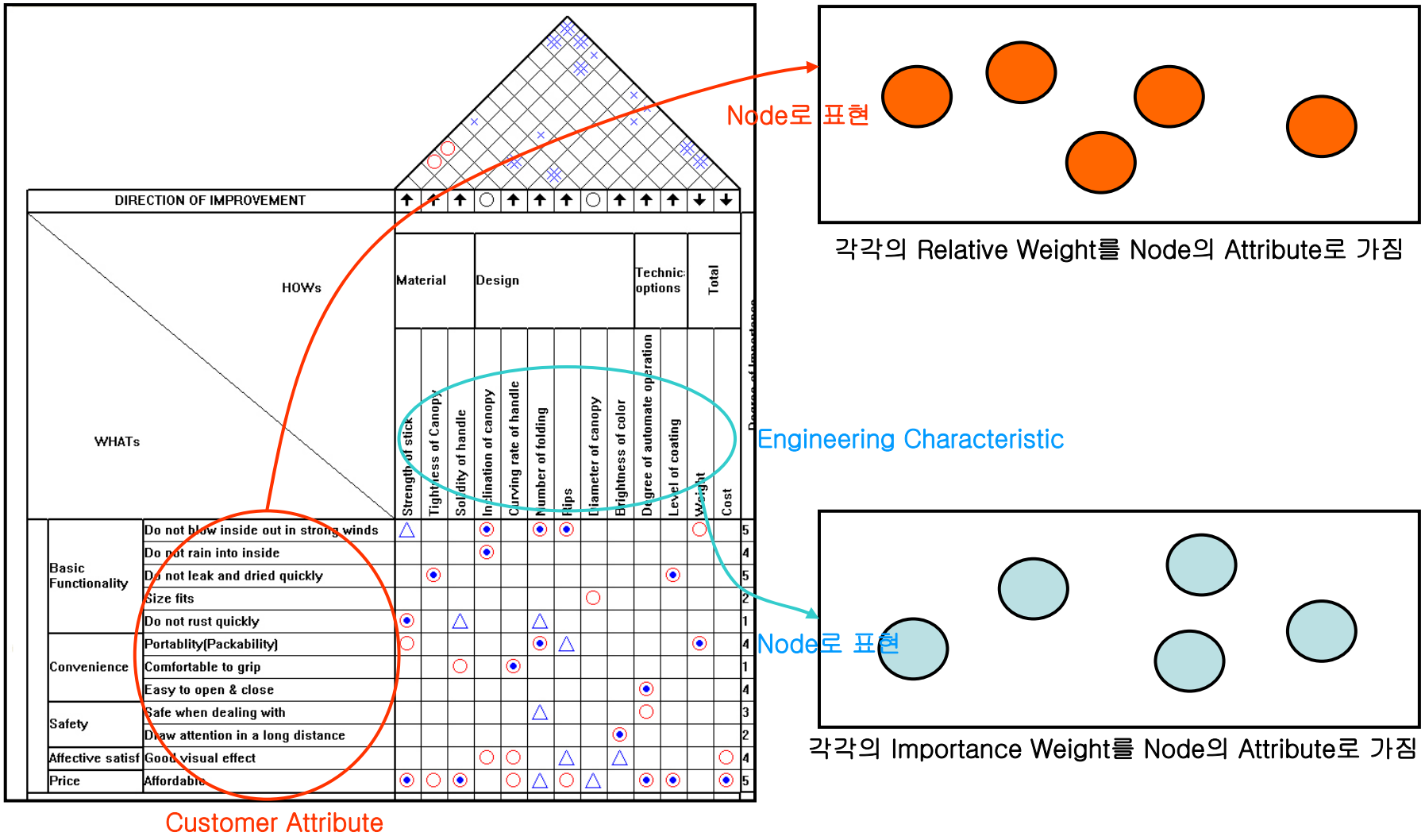
QFD 수행의 새로운 Framework를 다음과 같이 제시하고 이를 위한 Software를 제안하려 합니다.



2. Theory

HOQ의 정보를 다음과 같이 2-mode Network로 표현할 수 있습니다.

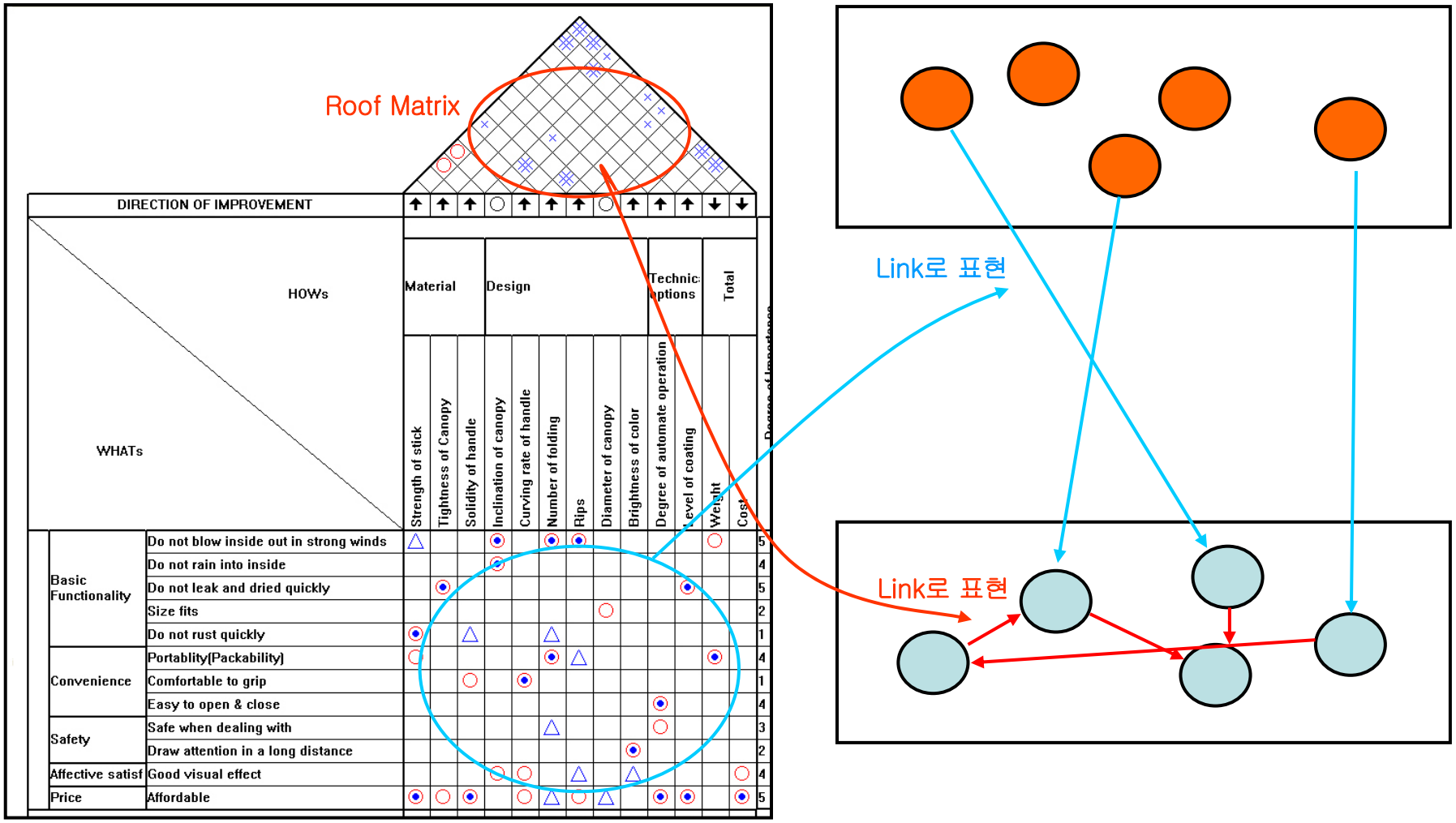
(2-mode network: node의 성격이 2가지로 분류되는 형태의 network)



2. Theory

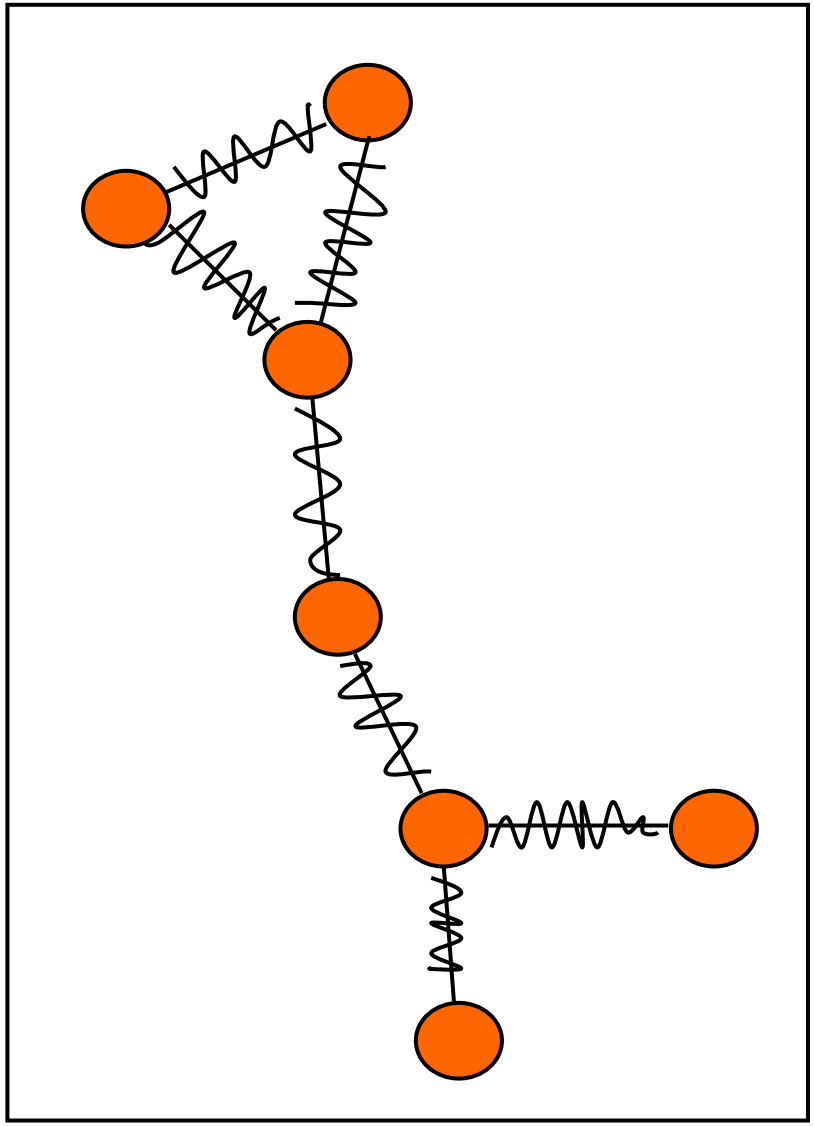
HOQ의 정보를 다음과 같이 2-mode Network로 표현할 수 있습니다.

(2-mode network: node의 성격이 2가지로 분류되는 형태의 network)



2. Theory

임의의 Network는 Spring Embedder 알고리즘들에 의해 시각화가 가능합니다.



Spring Embedder 알고리즘

Link를 스프링으로 Modeling하여, 스프링끼리 밀고 당기는 힘의 평형을 찾는 것을 통해 노드의 위치를 선정하는 방식의 Graph Layout 알고리즘들을 총칭

적합한 알고리즘들

Kamada-Kawaii Algorithm

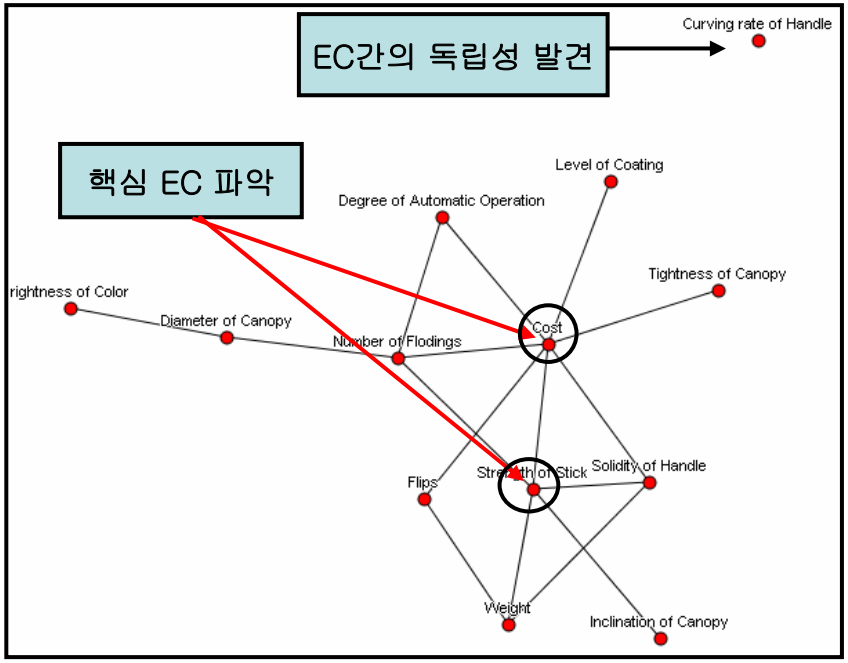
- Graph의 APSP(All-Pairs-Shortest-Path)를 계산, 노드 간 거리가 최단 경로에 비례하도록 Spring Force를 조절
- Energy-Based Placement: Potential Energy의 최소화를 통해 Node를 배치
- Newton-Raphson Method: Energy의 최소화 알고리즘으로 Newton-Raphson Method를 통해 2차 미분 함수의 Local Optimum을 iterative하게 접근함

GEM (Graph Embedder) Algorithm

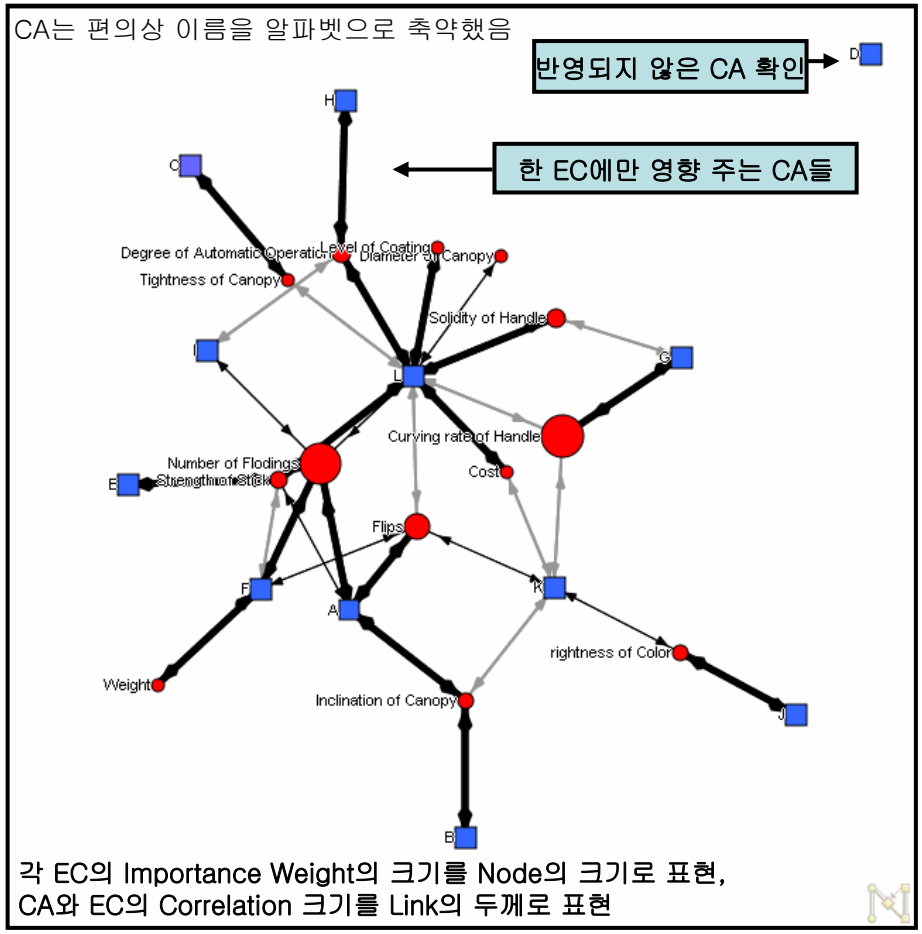
- Force-based Placement, 노드 수가 많은 경우에도 빠른 시간 안에 좋은 Layout을 구함

2. Theory

Spring Embedder 알고리즘을 통해 CA-EC의 관계 및 EC-EC의 관계를 시각화 할 수 있습니다. Graph로 시각화된 관계에서 보다 효과적으로 관계의 적합성을 판단하고 검증할 수 있습니다.



EC와 EC의 관계를 Kamada-Kawaii Algorithm으로 시각화



CA와 EC의 관계를 Kamada-Kawaii Algorithm으로 시각화

(*) 본 Graph들은 ㈜사이람 NetMiner 3의 Spring-KK 기능으로 그린 그림들임

2. Theory

Generalized Eigenvector Centrality를 통해 EC간의 관계를 반영한 Importance Weight를 구할 수 있습니다.

Eigenvector Centrality

- Network에서 중요한 Node를 찾을 때 사용함
- 한 Node에 연결된 Node들의 Centrality Score가 높을 수록 그 Node의 Centrality Score도 높도록 정의
- i번째 Node의 Centrality Score를 x_i라 하면, 다음과 같이 x_i를 정의하고,

$$x_i = \frac{1}{\lambda}\sum_{j=1}^{N} A_{i,j}x_j$$

이를 vector notation으로 정리하면

$$A\vec{x} = \lambda\vec{x}$$

곧 Adjacency Matrix의 eigenvector가 Eigenvector Centrality 값이 된다.

(i번째 element의 값이 i번째 Node의 Eigenvector Centrality 값)

Importance Weight Centrality

- Eigenvector Centrality는 Node의 속성(Attribute)를 반영하지 않고, 단지 Adjacency Matrix만을 반영하므로, Eigenvector Centrality의 개념을 확장하여 Importance Weight의 Centrality로 사용하도록 함.
- i번째 Node의 Importance Weight를 β_i 라 할 때,

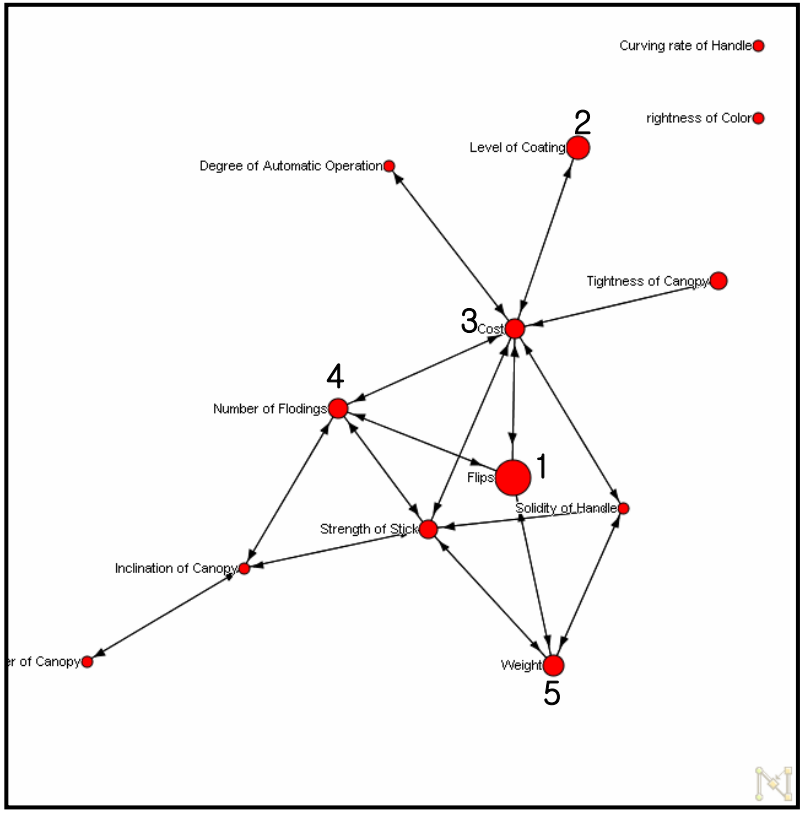
$$\beta_i x_i = \frac{1}{\lambda}\sum_{j=1}^{N} A_{ij}\beta_j x_j$$

라 하고 Vector x의 i번째 Element의 값을 Node i의 Importance Weight Centrality로 한다.

2. Theory

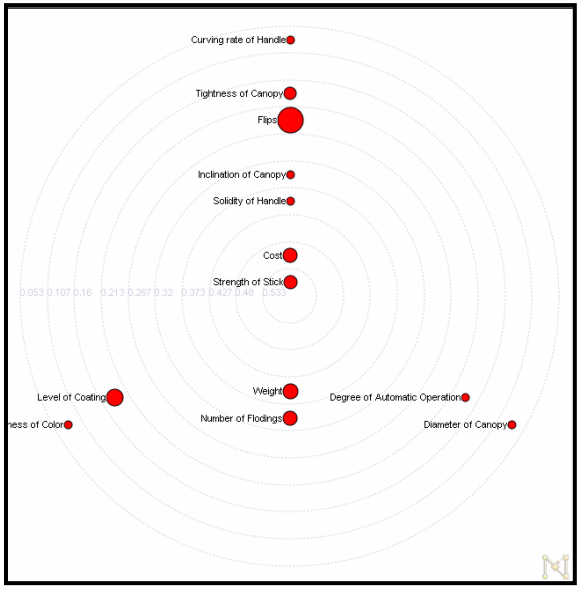
Importance Weight Centrality를 이용하여 EC간의 관계를 새롭게 시각화할 수 있습니다.

Importance Weight Centrality



Importance Weight Centrality를 Node의 크기로 표현
값이 큰 순서대로 번호 부여, Target Value 설정의 순서로 활용

Importance Weight Centrality의 의미: 한 EC의 Target Value를 설정하기 위해서는 연관된 다른 EC에의 효과를 고려하여야 한다. 따라서 1) 자신의 Importance Weight가 클수록, 2) Importance Weight가 큰 EC에 영향을 많이 미칠수록 높은 값을 갖는 Measure인 Importance Weight Centrality가 높은 Node일수록 Target Value 선정이 더욱 신중히 이루어져야 할 것이다.



Importance Weight를 Node의 크기로, Importance Weight Centrality를 동심원의 중심에 가까운 정도로 표현

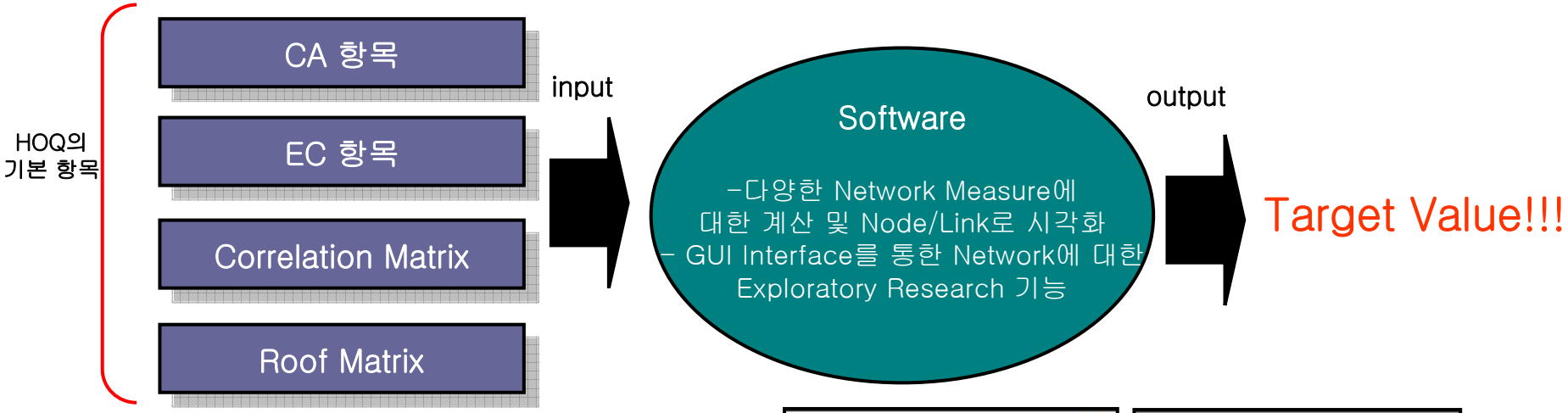
(*) 본 Graph들은 ㈜사이람 NetMiner 3의 Spring-KK 기능으로 그린 그림들임

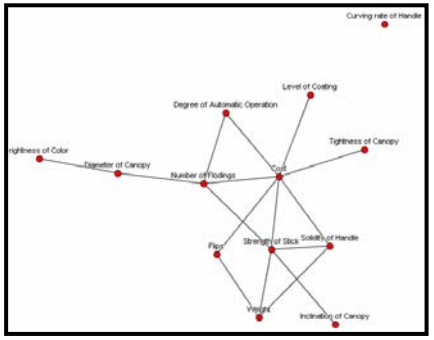
2. Theory

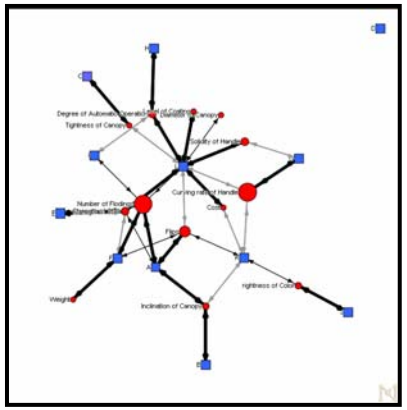
새로운 Framework는 이를 뒷받침하는 Software를 통해 효과적으로 활용될 수 있습니다.

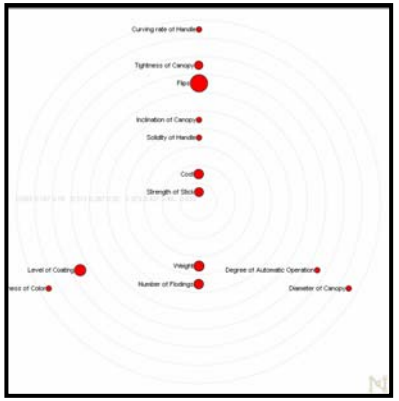
1. Network의 특성을 반영하기 위해서는 기존의 Importance Weight보다 **훨씬 복잡한 형태의 Measure들이 활용되어야 하기 때문에**, Software를 통해 이러한 Measure들을 계산 및 시각화 해야 할 필요성이 있음.

2. Software로 다양한 방식(Spring-based Layout, Concentric Layout, Ego-network Layout)의 Layout을 제공하는 것을 통해, 의사 결정자가 Network의 특성을 보다 면밀하게 관찰하고 미처 발견하지 못했던 속성에 대한 직관을 얻어나갈 수 있음(Exploratory Research).









Reference

Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Eigenvector_centrality

Cyram© Netminer Homepage: http://www.netminer.com/

Stanley Wasserman and Katherine Faust, Social Network Analysis, 1994, Cambridge University Press

Michael Kaufmann and Dorothea Wagner, Drawing Graphs (Methods and Models), 2001, Springer

박주연 이유진, HOQ 적용 사례 – 우산, 2005

김광재, QFD를 통한 설계 단계에서의 품질 향상, 2005