

# Metro 스타일 GUI의 가시화 효율 최적화\*

김기혁<sup>0</sup> 김강태 이성길  
성균관대학교

kihyuk@skku.edu, sonata@skku.edu, sungkil@skku.edu

## Effectiveness Optimization for Metro-Style Graphical User Interfaces

Kihyuk Kim<sup>0</sup>, Kangtae Kim, Sungkil Lee  
Sungkyunkwan University

### 요 약

현대의 소프트웨어는 인터페이스를 사용자에게 시각적으로 전달하는 그래픽 사용자 인터페이스(GUI: Graphical User Interface)를 제공한다. 효율적으로 구성된 인터페이스는 담고 있는 정보를 직관적으로 사용자에게 전달한다. 이에 본 논문은 사용자가 인터페이스에서 원하는 정보를 찾는 과정을 시각체계 내 검색으로 해석하고, Metro-Style GUI를 적용대상으로, 빠른 시각 검색을 가능하게 하여 Metro 스타일 GUI의 직관성과 가시성을 향상함을 목표로 한다. 사람의 시각체계를 고려하여, 보다 시각적으로 개선된 인터페이스 구성 방법을 제안하고, 인터페이스 효율성을 측정하는 방법을 정의하여, 이를 최적화하는 알고리즘을 함께 제안한다. 제안된 Metro-Style 인터페이스 구성 방법은 주어진 색 팔레트에 대해서 공간적 매핑과 색 매핑의 두 단계를 거치며, 효율성을 측정하여 최대값을 지니는 매핑 결과를 찾는다. 본 알고리즘은 인터페이스를 구성하는 어플리케이션의 특성 뿐 아니라 사용되는 디바이스의 특징을 중요도로써 쉽게 반영할 수 있고, Metro-Style GUI뿐 아니라 다른 형태의 GUI에도 적용 가능할 것으로 예상된다.

### 1. 서 론

현대의 소프트웨어는 인터페이스를 사용자에게 시각적으로 전달하는 그래픽 사용자 인터페이스(Graphical User Interface)를 제공한다. GUI를 설계하는 것은 보다 효율적으로 정보를 사람에게 전달하기 위하여 주어진 입력 데이터를 시각화하는 데이터 시각화 과정으로 해석할 수 있다. 따라서 시각적으로 잘 디자인된 인터페이스는 담고 있는 정보를 직관적으로 사용자에게 전달한다[1]. 그러나 이러한 인터페이스의 설계는 기존의 정해진 틀이나 디자이너의 경험에 의존하는 경우가 많고, 단순히 심미적으로 우수한 인터페이스를 구성하는 것은 효율적으로 정보를 전달하는 것에는 많은 한계점을 지닌다.

정보가 시각적으로 사람에게 전달되기 위해서, 먼저 사용자가 시각적 관심(visual attention)을 이미지의 중요한 영역에 두어야 한다. 의도하는 바가 없다면, 사람은 먼저 눈에 띄는 영역부터 나머지 영역으로 순차적인(serial) 시각적 검색(visual search)을 행한다. 이에 중요한 정보들이 먼저 눈에 띄고, 덜 중요한 정보들은 눈에 덜 띄게 인터페이스를 디자인한다면, 중요한 정보를 효과적으로 전달할 수 있을 것이다.

Metro-Style GUI에서 사용자가 의도하는 버튼을 찾는 과정은 사람이 시각 체계를 통해서 정보를 찾는 시각체계 내 검색(visual search)으로 해석할 수 있다. 시각체계 내 검색에 영향을 주는 대표적인 특징은 색, 방향, 밝기, 위치, 길이가 있다. Metro-Style GUI의 경우, 통일된 모양의 버튼을 사용하는 방향, 길이와 같은 시각적 특징(visual feature)을 줄어드는 것으로, 버튼간 구별은 색과 크기에 더욱 의존하게 된다.

본 논문은 사람의 시각체계(Human Visual System:HVS)에 기반을 두어 Metro-Style GUI를 시각적으로 향상시킬 수 있는 버튼의 공간적 매핑과 색 매핑 알고리즘을 제안한다. 또한 Metro-Style GUI의 효율성을 측정할 수 있는 방법을 정의하고, 이를 측정하여 최적화한다. 또한, 인터페이스 구성의 입력데이터가 될 수 있는 어플리케이션의 사용목적에 따른 분류, 어플리케이션의 사용도, 터치기반 접근 용이도(reachability)가 각 버튼의 중요도로 모델링되어 인터페이스 효율성 최적화에 포함된다. 본 논문은 “Metro 스타일 GUI를 위한 색 선택 최적화”와 유사한

접근으로, GUI 내의 버튼을 카테고리화 하였고, 사용자 실험 데이터를 기반으로 중요도를 모델링하였으며, 기존의 최적화 알고리즘보다 더욱 향상된 알고리즘을 제시한다[2].

### 2. 관련연구

시각 기반 시각화는 데이터를 시각적인 변수(visual variables: 예, 위치, 색, 모양, 선)로의 대응(mapping)과 데이터들 사이의 관계를 시각요소(perceptual components)로의 대응하는 2가지 과정이 있다. 해당 내용은 “Perceptually Driven Visibility Optimization for Categorical Data Visualization,”에서 요약되어 있다[3].

데이터를 시각적인 변수로의 대응에서 색 디자인이 데이터를 반영해야 한다는 통계적 수치에 대한 색 디자인에 관한 연구가 있다[4]. 통계적 데이터에 대한 색의 대응은 데이터들의 순서(order)와 분리(separation)를 고려하여 설계되어야 한다. 순서는 선택되는 색이 지각되는 순서가 통계적 데이터들의 순서에 따라야 함을 의미하며, 분리(separation)는 데이터 간의 차이가 색의 차이에 반영되어야 함을 의미한다.

시각화의 효율성을 측정하고 정량화하는 것은 시각지각 이론인 Treisman의 feature integration theory[5]를 적용할 수 있다. 이 이론은 이미지에서의 각 영역이 얼마나 눈에 띄는지(saliency)를 정량화 하는데 성공적으로 적용되었고, 이미지의 중요도 분석에 보편적으로 쓰인 선례로 Itti의 saliency map가 있다[6].

Metro-Style GUI에서 객체는 동일한 모양을 지니고, 크기와 색을 특징으로 갖는다. 색, 모양, 크기의 특징들이 혼합된 객체에 대한 시각적 탐색은 각각의 특징에 대해서 각각의 특징맵(feature map)을 형성함으로써 독립적으로 처리되고, 두 가지 단계를 순차적으로 거친다[7]. 또한, Quinlan et. al.은 사용자 실험을 통해 사람이 색, 모양, 크기 각각의 특징맵을 형성하는 것은 병렬적으로 진행됨을 보였다.

“Metro 스타일 GUI를 위한 색 선택 최적화”에서는 객체의 색 대비에 바탕을 둔 효율성을 모델링 하여 최적의 색 배치를 찾는 알고리즘을 제시하였다. 이는 빠른 시각검색을 가능하게 하여 GUI의 직관성과 가시성을 향상시킨다[2]. 본 논문에서는 유사한 접근을 통해 색 매핑 단계를 거치고, 추가적으로 사용자 실험 데이터를 참조하여 공간적 매핑 단계를 거치 이 두 가지 매핑 단계를 통해 효율성을 측정하여 최적의 효율성을 지니는 매핑 결과를 찾는다.

\* 본 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 중견연구자, <실감교류 인체감응솔루션> 글로벌프론티어사업의 지원으로 수행되었음(2012R1A2A2A01045719, 2012M3A6A3055695)

### 3. 알고리즘

본 논문에서는 색 디자인(color design) 및 색에 관한 사용자 실험들을 바탕으로 색 팔레트를 생성하고, 이를 사람의 시각체계에 기반하여 Metro-Style GUI에서의 버튼의 공간적 매핑과 색 매핑 방법을 제시한다. 또한 모바일 기기 사용 및 어플리케이션의 사용빈도, 물리적 접근용이도(reachability)를 이용하여 각 버튼의 중요도를 모델링한다. 그림 1에 전체 프레임워크를 보인다.

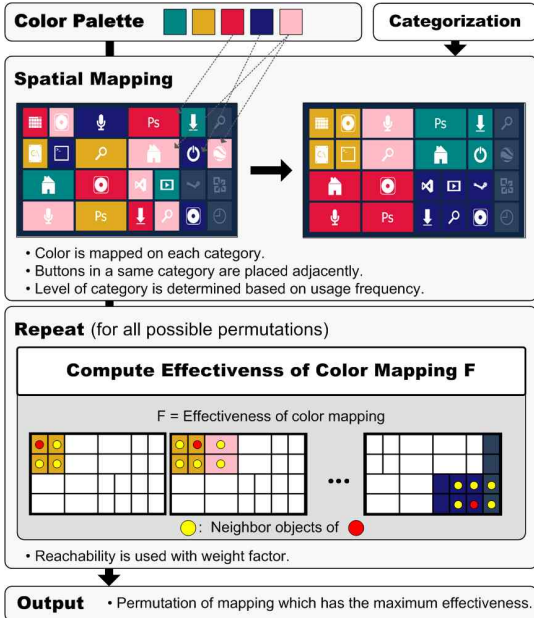


그림 1. 전체 프레임워크.

#### 3.1 사전 정의(Preliminary Definitions)

Metro-Style GUI를 구성하기 위해서는 버튼크기, 배경화면, 사용될 색 팔레트, 어플리케이션 아이콘을 정의해야 필요하다. 또한 Metro-Style GUI를 사용하는 경우 사람의 시계에는 모바일 디스플레이 이외에도 많은 것들이 존재한다. 본 논문에서는 Metro-Style GUI에서 면적이 가장 작은 버튼을 단위 버튼으로 명명한다. 단위 버튼은 ISO 및 ANSI에 의한 손가락이 터치기반 디스플레이에 접촉되는 면적 및 선택 오류(selection error)를 감안한 기준이 있다.

Metro-Style GUI에서 사용될 색 팔레트(color palettes)를 생성하기 위해, 사용될 색의 종류와 색의 개수를 정함이 필요하다. GUI에서 사용되는 색은 사용자의 기호가 반영되어야 하기 때문에, 색 팔레트는 사용자가 선택함을 가정한다. 색의 개수는 색이 있는 객체들의 구별 능력에 대한 사용자 실험의 결과를 따른다[8]. 이 사용자 실험은 색을 가진 객체들을 구별하는 사람의 능력이 5개 이하의 색을 사용하였을 경우 가장 잘 구별한다는 결과를 보인다.

효율적인 시각체계 내 검색을 위한 한 가지 방법으로 그룹을 생성하여 분류하는 것(grouping)이 있다[9]. 본 논문에서는 버튼의 어플리케이션에 따라 버튼들의 카테고리를 설정하여 분류하고, 같은 카테고리에 해당하는 버튼은 같은 색을 띄게 한다.

#### 3.2 공간적 매핑(Spatial Mapping)

Metro-Style GUI의 구성은 디스플레이 화면에 대해 버튼의 공간적 매핑과 색 매핑의 2단계 과정을 거친다. 먼저, 앞에서 정의한 카테고리의 기준을 기반으로, 같은 카테고리에 속하는 어플리케이션은 서로 인접하게 배치한다. 같은 카테고리로 분류된 버튼을 인접하게 배치하는 것은 임의적으로 배치하는 경우보다 시각적 검색의 영역을 줄인다.(그림 2)

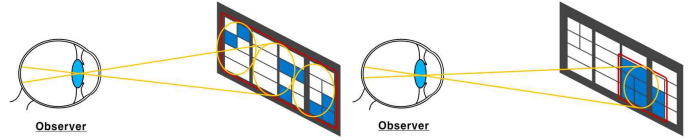


그림 2. 시각 검색 영역 축소.

#### 3.3 색 매핑 (Color Mapping)

본 논문에서의 색 매핑은 같은 카테고리에 대해서 같은 색을 매핑한다. 이는 사전정의에서 설명되어 있는 색 팔레트의 개수의 제한을 만족시키기 위해 전체 사용되는 색의 개수를 줄여줄 뿐 아니라, 어플리케이션별로 색을 매핑한 경우, 인터페이스가 현란하고 난해한 색을 지니는 시각적인 불편함을 줄여주는 이점을 지닌다.

색 매핑을 위해서 각 버튼이 얼마나 눈에 잘 띄는 정도(Saliency)는 각 버튼의 인접한 버튼과의 색 대비의 합으로 정의된다. 눈에 잘 띄는 정도(Saliency)는 사람의 시야를 고려하여, 모든 픽셀에 대해서 계산되어야 하나, Metro-Style GUI의 경우 버튼단위로 동일한 색을 지니는 픽셀들이 많기 때문에, 그 계산의 단위를 버튼으로 근사하여 정의하였다[2].

$$S_p = \sum_{p \in \Omega_q} \Delta \epsilon(c_p, c_q) \quad (1)$$

$\Omega_p$ 는 p에 인접한 버튼의 집합이고,  $c_p, c_q$ 는 버튼 p, q에 매핑된 색을 나타내며,  $\Delta \epsilon$ 는 색거리를 의미한다(식 2). 버튼이 눈에 잘 띄는 정도  $S_p$ 는 해당 버튼과 주변 버튼간의 색거리의 선형합으로 정의되었다[1].

본 논문에서는 CIE Lab color space 기반의 CIE1976 metric을 사용하여 색간 거리를 계산하며, x,y라는 색에 대한 색간 거리  $\Delta \epsilon$ 는 다음과 같이 정의 된다[2][10][11][12].

$$\Delta \epsilon(x, y) = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2)$$

중요도가 가장 낮은 하나의 카테고리에 대해서 배경색과 동일한 색조(Hue)를 사용함으로써, 상대적으로 중요도가 높은 카테고리들과 구별시킨다. 이를 위해서 어플리케이션의 레벨을 정의하여, 두 개의 단계로 구분한다. Level 1은 상대적으로 중요도가 높은 어플리케이션으로, 해당 어플리케이션이 속한 카테고리의 색을 버튼의 색으로 하며, 큰 아이콘 아래 작은 텍스트를 배치한다. Level 0은 GUI의 배경색과 동일한 색조(Hue)의 바탕색을 지니고, 작은 아이콘이 텍스트의 아래에 배치한다. 이는 어플리케이션의 사용도에 기반을 둔 것으로, 가장 낮은 사용도를 지니는 카테고리를 level 0을 적용하였다.

#### 3.4 중요도 모델링(Importance Modeling)

본 연구에서는 터치 기반 디바이스(mobile phone, tablet)에서 사용되는 Metro-Style GUI를 타깃 모델로 한다. 이에 어플리케이션의 사용빈도에 관한 사용자 실험 및 모바일 디바이스를 사람이 손으로 잡는 방법에 따른 엄지손가락과 버튼과의 거리(reachability)를 정의하여, 이를 중요도로 모델링한다[13]. (그림 3)

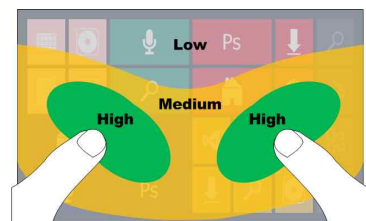


그림 3. 휴대폰의 화면 영역 분류.

어플리케이션별 사용자 빈도는 어플리케이션이 매핑될 버튼의 중요도를 결정하는 요인이 될 수 있다. 우리는 모바일 앱 분석 회사인 Flurry에서 시행한 어플리케이션 사용빈도를 측정한 사용자 실험 결과를 바탕으로[14], 사용 빈도의 비율에 따라서 중요도를 모델링하였다.

### 3.5 효율 최적화(Effectiveness Optimization)

버튼이 매핑된 결과의 Metro-Style GUI의 효율성은 각 버튼의 눈에 잘 띄는 정도(saliency)의 선형함으로 정의하였다. 앞에서 모델링된 중요도가 선형함의 가중치로 사용된다.

$$E = \sum_p (w_p \times S_p) \tag{3}$$

$w_p$ 는 중요도,  $S_p$ 는 눈에 잘 띄는 정도(saliency)를 의미하며, 효율성  $E$ 를 최대화하는 것이 최적화의 목표가 된다[2]. "Metro 스타일 GUI를 위한 색 선택 최적화"와 유사한 접근이나, 본 논문에서는 생성한 팔레트 색의 수가  $n_p$ 의 수가 색이 있는 객체에 대한 사람의 구별능력에 대한 사용자 실험의 결과를 기반으로 사용되는 색을 5개 이하로 제한하고, 이로 인해 가능한 permutation의 수는  $5!(120)$ 이하가 된다. 따라서  $n_p!$ 개의 색 팔레트를 생성한 후, F값이 최대가 되는 permutation가 최적화의 결과이다. 상세한 알고리즘은 아래 알고리즘 1과 같다.

#### 알고리즘 1

Algorithm 1 Effectiveness Optimization	
<b>Input:</b> $O[N]$ : objects	$\triangleright N$ : number of objects
<b>Input:</b> $C[M]$ : categories	$\triangleright M$ : number of categories
<b>Input:</b> $w[M]$ : weight	
1: $F_{max} \leftarrow 0$	
2: categories are mapped on each object	
3: <b>for</b> $i=1$ to $M$ ! <b>do</b>	$\triangleright M!$ : number of possible permutations
4: generate permutations of category colors	
5: $F \leftarrow 0$	
6: <b>for each</b> object $p$ <b>do</b>	
7: <b>for each</b> object $q$ <b>do</b>	
8: <b>if</b> $q$ is a neighbor of $p$ <b>then</b>	
9: $F \leftarrow F + w_p S_p(c_p, c_q)$	
10: <b>if</b> $F > F_{max}$ <b>then</b>	
11:         update objects' colors to the current colors	
12: $F_{max} \leftarrow F$	

### 4. 결과

그림 4에서 Metro GUI의 효율성 최적화를 반영하지 않은 예시를 제시하고, 이를 최적화를 통해 향상한 배치를 비교한다. 객체 팔레트 색은 일반 사용자의 색 선택에 근사한 샘플들을 얻기 위해, 비전문가 7명을 대상으로 각 버튼간 구별이 가장 잘되는 색 배치 및 색 조합에 대한 사용자 실험을 통해서 도출하였다. 알고리즘을 적용한 결과 본 논문에서 제시하는 Metro-Style GUI의 효율성 F는 알고리즘을 적용한 경우 약 20%~35%의 상승률을 보인다.



그림 4. 샘플의 비교 (좌측), 공간적으로 매핑된 결과 (중앙), 최적의 색상 매핑 결과 (우측).

### 5. 결론

본 연구에서는 다음과 같은 제한점이 있으며, 추후연구로 진행될 예정이다. (1) 색 팔레트는 정해진 것으로 가정하고, 주어진 색 팔레트에서 최적의 색 매핑을 얻는다. 색 후보를 선형함에 있어, 다수를 대상으로 사용자 실험이 필요하다. (2) 몇몇의 어플리케이션은 예외적으로 고유의 색을 사용하기 때문에, Metro-Style GUI의 구성을 이루는 요소인 어플리케이션 아이콘의 색이 고려되지 않았다.

본 논문은 보다 효율적인 Metro-Style GUI 구성을 위하여, 사람의 시각체계 내 탐색의 부하를 줄일 수 있는 인터페이스 구성 방법을 제안하였다. 이러한 구성은 사람의 색, 모양, 크기의 특징이 혼합된 객체에 대한 시각적 탐색은 독립적이고 병렬적으로 처리된다는 이론에 배경하여 공간적 매핑 및 색 매핑의 2단계로 설계되었다. 또한, 지각기반이론을 바탕으로, 이 결과의 효율성을 검증하기 위한 Metro-Style 인터페이스 효율성 측정방법을 정의하고, 이를 최적화시키는 알고리즘을 함께 제안하였다.

제안된 방법은 Metro-Style GUI에 한정되지 않고, 다른 유형의 GUI에도 쉽게 적용될 수 있다. 이를 통해 사람의 시각체계 및 인터페이스를 구성하는 요소들을 반영한, 보다 시각적으로 개선된 GUI를 사용자에게 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

### 참고 문헌

- [1] M. D. Zmura, "Color in visual search," Vision Research, Vol. 31, No. 6, pp. 951-966, Elsevier, 1991.
- [2] K. Kim et al. "Metro 스타일 GUI를 위한 색 선택 최적화." HCI Korea 2013, 365-367, 2013.
- [3] S. Lee, et al. "Perceptually Driven Visibility Optimization for Categorical Data Visualization," IEEE Trans. Vis. and Computer Graphics, Vol. 19, No. 10, pp. 1746-1757, IEEE Computer Society, 2013.
- [4] B.E. Trumbo, "A Theory for Coloring Bivariate Statistical Maps," Am. Statistician, vol. 35, no. 4, pp. 220-226, 1981.
- [5] A.M. Treisman and G. Gelade. "A Feature-Integration Theory of Attention," Cognitive Psychology, Vol. 12, No. 1, pp. 97-136, Elsevier, 1980.
- [6] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur. "A Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 11, pp. 1254-1259, Nov. 1998.
- [7] P.T. Quinlan and G.W. Humphreys. "Visual search for targets defined by combinations of color, shape, and size: An examination of the task constraints on feature and conjunction searches." Perception & Psychophysics, Vol. 41, No. 5, pp. 455-472, Springer, 1987.
- [8] C.G. Healey. "Choosing Effective Colours for Data Visualization," Proc. IEEE Conf. Visualization, pp263-270, 1996.
- [9] M. Tory and T. Möller. "Human Factors in Visualization Research," IEEE Trans. Visualization and Computer Graphics, Vol. 10, No. 1, pp. 72-84, IEEE, 2004.
- [10] Recommendations on Uniform Colour Spaces, Colour Difference Equations, Psychometric Colour Terms, CIE publication, 1978.
- [11] C.I.E. "Industrial Colour Difference Evaluation." CIE Technical Report No.116, Vienna, 1995.
- [12] C.A. Brewer. "Color use guidelines for data representations," Proc. Statistical Graphics, American Statistical Association., pp. 55-60, 1999.
- [13] Steven Hoober. "How Do Users Really Hold Mobile Devices?" Uxmatters(<http://www.uxmatter.com>). Published: February 18, 2013.
- [14] S. Perez. "Flurry Examines App Loyalty: News & Communication Apps Top Charts, Personalization Apps See High Churn." Techcrunch(<http://www.techcrunch.com>). Published: Oct 22, 2012.