



행렬 기반의 시각화를 위한 조밀한 배치 기법

신동화¹ · 송현주^{2*}

¹서울대학교 컴퓨터공학부

²덕성여자대학교 IT미디어공학과

Compact Layout for Matrix-based Visualization

DongHwa Shin¹ · Hyunjoo Song^{2*}

¹Department of Computer Science and Engineering, Seoul University, Seoul 08826, Korea

²Department of IT Media Engineering, Duksung Women's University, Seoul 01369, Korea

[요 약]

매트릭스 형태의 배치 기법은 다차원 자료를 표의 형태로 시각화하기 위해 사용되어 왔다. 하지만 행과 열에 대응되는 항목들이 같은 경우, 대각선 셀들을 제외한 것들 중 절반은 동일한 행과 열의 조합에 대응된다. 이에 따라 순서가 의미 없는 경우 대각선의 반대편에 위치하는 두 개의 셀들은 동일한 정보를 표시하게 된다. 대용량 자료에 대한 시각화에서 이러한 비효율성은 각 셀에 적은 공간 밖에 할당할 수 없게 되는 상황을 악화시킬 수 있다. 본 논문에서는 이러한 매트릭스 기반의 시각화를 위한 조밀한 배치 기법을 제시한다. 제안하는 기법은 중복 영역 중 하나의 직각 삼각형 영역을 세로 혹은 가로로 양분한 뒤, 분할된 삼각형의 끝 부분을 반대편에 배치함으로써 조밀한 배치를 완성하게 된다. 이 기법을 통해 각 칸에 보다 많은 공간을 할당함으로써 장방형의 화면에서 보다 높은 해상력과 화면 사용율의 시각화를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

[Abstract]

Matrix-based layout has been used to visualize multidimensional data in a tabular form. However, when rows and columns consist of identical items, half of the table other than the diagonal cells corresponds to redundant combination of items. Thus, when order of the pair does not matter, two cells on the opposite side of the diagonal cells present identical information. In large data visualization, such inefficiency could aggravate the deficiency of screen space for each cell. In this paper, we present a compact layout for matrix-based visualization. It discards one of the redundant areas and splits the remaining right-angled triangle vertically or horizontally. Then the sliced tip of the triangle gets relocated to the other side to form a compact layout. With this layout, we can allocate more space to each cell in matrix, and this could lead to a visualization with higher resolution and screen utilization rate in wide displays.

색인어 : 화면비, 정보 시각화, 배치 알고리즘, 매트릭스기반 시각화

Key word : Aspect Ratio, Information Visualization, Layout Algorithm, Matrix-based Visualization

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.10.1967>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 17 September 2018; **Revised** 10 October 2018

Accepted 22 October 2018

***Corresponding Author; Hyunjoo Song**

Tel: +82-2-901-8767

E-mail: hjsong0001@duksung.ac.kr

I. 서론

다변량 자료에 대한 시각적 분석을 진행하기 위하여 표 형태의 배치를 사용한 시각화 기법이 많이 활용되고 있다. 이러한 접근 방법은 고차원의 자료를 행과 열을 따라 2차원으로 사영하여 표현하게 된다. 이 때 표의 각 칸에 들어가는 내용은 다른 칸의 내용들과 스몰 멀티플(small multiples)[1]의 형태로 병치되어 있기 때문에, 정보를 분석하고자 하는 사용자로 하여금 보다 쉽게 비교를 진행할 수 있다는 점에서 이러한 시각화는 분석에 있어서의 장점을 갖고 있다. 이러한 시각화 기법의 대표적인 사례 중 하나는 산점도 행렬(SPLOM; scatterplot matrix)로, 다변량 데이터에서 2가지의 변수를 선택하여, 각 변수 쌍에 해당하는 산점도들을 표의 형태로 배치하게 된다. 또한 이와 유사한 시각화 사례로 네트워크의 연결 관계를 나타내는 인접 행렬(adjacency matrix)이 있다. 인접 행렬의 행과 열에는 노드(node)들이 같은 순서로 나열되고, 각 칸에 노드들 간의 연결 관계를 표시한다.

한편, 분석에 사용되는 자료의 크기가 점차 증가함에 따라, 대용량의 자료를 위한 시각화 기법 연구의 필요성이 증대되었다. 특히 상대적으로 작은 화면을 갖고 있는 휴대 기기에서의 시각화의 경우, 보다 효율적인 시각화 방법이 요구되고 있다. 그러나 대용량의 자료를 시각화하면서 기존 기법들의 한계가 확인되었는데, 예컨대 그래프(graph)에서 노드(node)간의 연결 정보를 표시하는 인접 행렬의 경우, 노드의 수가 늘어날수록 각 칸에 할당되는 공간이 급격하게 줄어들게 된다. 게다가 노드간의 연결 관계가 드물게 존재하는 경우에는 공간이 부족해짐에도 불구하고 연결 관계가 없는 칸들이 다수를 이루게 되어, 빈 여백이 지나치게 많아진다는 한계가 존재했다. 이에 대한 해결책으로 자료에 대한 군집화나 가공이 가능한 경우에는 후처리를 통하여 제한된 공간에 보다 압축적으로 정보를 표현하는 방안도 제안되었으나, 표의 형태로 자료가 존재하는 경우나 통계적 대푯값을 활용할 수 없는 경우에는 적용이 어려웠다.

본 논문에서는 이처럼 표 형태의 시각화를 사용하는 경우에 대해 기존의 사례들보다 공간 활용성을 높일 수 있는 방안에 대하여 서술하고자 한다. 2장에서는 표 형태의 시각화 방법과 시각화에서 사용되는 공간을 절약할 수 있는 방안을 연구했던 기존 사례들을 살펴보고, 3장에서 표의 일부를 재배치하여 공간을 절약할 수 있는 방안을 상술한다. 4장에서는 공간의 재배치에 대한 고찰을 각종 화면 비율에서의 효율성 측면에서 진행하고, 마지막으로 결론과 함께 향후 연구 방향을 정리했다.

II. 기존 시각화 사례 및 관련 연구

2-1 표 형태의 배치를 활용한 시각화

다차원 자료를 표 형태의 배치로 나타낸 경우는 표 내의 각

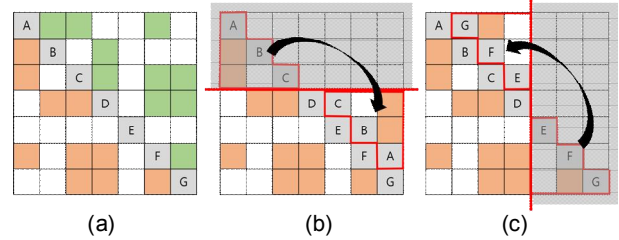


그림 1. (a) 중복된 정보가 존재하는 행렬 시각화 (b) 기존 시각화에서 중복되는 영역을 가로로 잘라서 재배치한 결과 (c) 중복되는 영역을 세로로 잘라서 재배치한 결과

Fig. 1. (a) Matrix-based visualization with redundant information (b) relocation of horizontally sliced piece from redundant area (c) relocation of vertically sliced piece from redundant area

칸에 대응되었던 자료의 특성에 따라 크게 두 종류로 분류될 수 있는데, 각 칸에 대응되는 항목이 하나의 대푯값인 경우와 여러 값이 대응되는 경우가 있다. 먼저 한 칸에 하나의 값이 대응되는 사례 중 하나로 인접 행렬[2]이 있는데, 해당 시각화 기법에서는 인접 여부를 각 칸의 배경 색깔로 나타내게 된다. 또한 보다 자세한 정보가 필요한 경우 배경 색깔의 명도와 채도에 그 값을 대응시켜서 간접적으로 정보를 표현한다. 하나의 대푯값이 있을 때 그 수치를 직접적으로 표시할 경우 일반적인 표가 되지만, 상술한 것처럼 각 칸의 배경 색깔을 활용하여 나타낼 경우 히트맵(heatmap)[3]과 유사한 결과가 도출된다. 다음으로 각 칸에 복수의 값을 나타낸 사례들이 있는데, 그 중에는 글리프(glyph)를 활용[4]하거나, 시계열 자료를 보여주기 위하여 스파크라인(sparkline)[5]으로 작은 차트를 배치한 경우[6]가 있다. 본 연구에서는 위에 언급된 자료의 형태들에 대하여 재배치를 한 결과를 통해 유용성을 확인하고자 한다.

표로 나타내어진 시각화를 행과 열의 특성에 따라서 분류하게 되면 다시 3가지로 분류가 가능하다. 첫 번째로 행과 열에 대응되는 차원 없이 각 칸이 나열되는 경우가 있다. 이러한 경우는 표 내에서 행과 열에 따른 위치가 별다른 의미를 나타내지 않으며, 별도의 순서에 따라 배치되게 된다. 다음으로 다차원 자료에서 행에 대응되는 차원과 열에 대응되는 차원이 다른 경우가 있다. 이는 Perin[7]의 연구에서도 확인할 수 있는 사례로써, 대응될 수 있는 모든 경우의 수를 표의 형태로 표시한 후, 자료를 분석할 때 행 또는 열 내에서의 순서를 바꿔가면서 유의미한 패턴을 찾아낸다. 마지막은 행과 열에 같은 차원이 대응되는 경우로 방향성이 없는 그래프에서의 인접 행렬이 이에 해당한다. 이 경우에는 앞서 언급된 두 가지 시각화와는 달리 같은 순서로 행과 열의 항목들이 배치되었을 때 대각선을 기준으로 그림 1(a)에서 볼 수 있듯이 주황색 부분과 녹색 부분 양쪽이 동일한 정보를 중복하여 표현하게 된다. 본 연구에서는 이와 같은 경우에 대해서 중복되는 정보가 표시될 수 있는 영역을 그림 1(b) 혹은 그림 1(c)와 같이 재배치함으로써 공간 활용도를 향상시키고자 한다.

2-2 화면상의 공간 절약을 위한 시각화

정보 시각화의 경우 화면의 크기에 제약이 받기 때문에, 크기가 큰 자료를 어떻게 정보를 표현할지에 대한 연구가 여러 각도에서 진행되어 왔다. 이와 관련된 일련의 연구들 중 하나로, 시계열 자료에 대한 표현 방법이 연구되었는데, LiveRAC[8]에서는 다수의 서버에서 수집되는 시계열 자료들을 아코디언 표현법(accordion drawing)[9]을 도입하여 제한된 공간에 나타내었다. 즉, 특이점이 없어서 사용자가 주의를 기울일 필요가 없는 시계열 자료들의 경우 적은 공간을 차지하도록 높이를 줄였고, 이렇게 확보된 공간을 활용하여 사용자가 관심이 있는 자료를 보다 자세히 표현함으로써, 오버뷰(overview)를 보여주면서도 상세 뷰(detail view)를 한 화면에 나타낼 수 있었다. Line Graph Explorer[10]에서는 이와 유사한 방법으로 선 차트(line chart)에 대해서 값의 크기를 색깔로 대응시키고 1 픽셀(pixel) 높이의 선으로 나타냄으로써 최대한 많은 시계열 자료를 보여주고자 했다. 시계열 자료를 보다 조밀하게 표현하는 다른 방법론으로는 제한된 높이에 맞춰 선 차트를 가로 방향으로 길게 분할한 뒤, 띠 형태의 분할된 영역들을 같은 위치에 겹쳐서 배치함으로써 공간을 절약하고자 하는 연구가 있었다[11]. 이러한 horizon graph는 추후 후속 연구[12]를 통해 효율성이 입증되었다. 본 연구에서는 행렬로 나타내어지는 표 형태의 시각화에 대해서 이와 같이 자료를 표시하는 영역 중 중복되는 영역의 일부를 horizon graph에서처럼 재배치했다.

행과 열로 구성된 표 형태의 시각화의 공간 활용 효율성과 관련된 연구 사례로, NodeTrix[13]는 많은 수의 노드를 포함하는 사회 연결망 자료에 대한 인접 행렬 기반의 시각화를 연구하였다. 해당 연구에서는 먼저 군집화(clustering)를 수행한 후, 군집 내에서는 인접 행렬을 그대로 사용하되 군집 간에는 기존 노드-링크(link) 표현법을 사용함으로써 표현 결과에서의 시각적 혼란(visual clutter)을 감소시키고, 불필요한 공간 사용을 줄일 수 있었다. 한편, TileMatrix[14]에서는 행과 열에 같은 항목들이 배치되고, 각 행과 열의 쌍에 대해서 대응되는 값이 존재하는 경우를 다루었다. 해당 연구에서 효율성 증대를 위해 살펴봤던 부분은 행과 열에 동일한 내용이 배치되었을 때 필연적으로 생기게 되는 정보의 중복이었다. 즉, 행 A와 열 B의 쌍에 대응되는 값과 행 B와 열 A의 쌍에 대응되는 값이 동일한 경우를 다루었는데, 중복되는 삼각형 형태의 영역에 또 다른 행렬의 반쪽을 표시함으로써 활용도를 높이고자 했다. 예컨대 시간의 흐름에 따라 여러 개의 표가 나타나게 되는 경우에 대해서, 각 시점별로 표를 삼각형으로 타일(tile)과 같이 인접하게 배치함으로써 낭비되는 영역을 최소화 하였다. 본 연구 역시 행과 열에 동일한 값이 배치되고 쌍을 이루게 되는 경우에 대해서 중점적으로 다루며, 다만 동일한 행과 열에 대해서 여러 차원을 나타내는 다수의 표가 존재하는 경우가 아니라 하나의 표만 존재할 경우에 대해서 항목들의 재배치를 통해 효율성을 확보하는 방법을 다룬다.

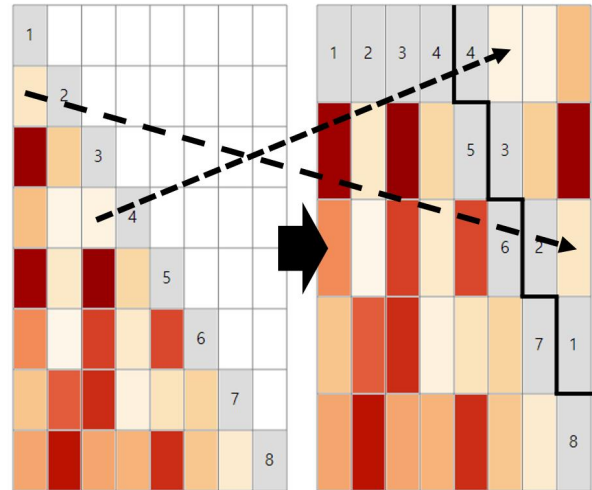


그림 2. 세로가 긴 9:16 화면에서 행과 열이 짝수일 경우와의 히트맵 원본 및 재배치 결과 비교

Fig. 2. Comparison between original and rearranged layout in 9:16 screen resolution with even number of rows and columns

III. 행렬 내 공간의 재배치를 활용한 시각화

3-1 행렬 내 공간 재배치 기법

본 연구에서는 d3.js[15]를 활용하여 표의 각 칸에 히트맵이나 선 차트를 표시하는 경우에 대해 재배치 기법을 구현하였다. 여기서 제시하는 재배치 기법은 동일한 항목으로 구성된 행과 열을 기준으로 정렬된 경우에 대해서 중복된 정보를 나타내게 되는 영역에 본래 행렬을 일부를 다시 넣는 형태로 진행된다. 이 때 영역은 가로 혹은 세로 방향으로 나눌 수 있는데, 예를 들어 그림 1(b)와 같이 가로로 나눌 경우 상단의 삼각형 부분을 행렬의 중앙을 기준으로 시계 방향으로 회전시켜 하단의 여백에 배치할 수 있다. 반대로 그림 1(c)와 같이 세로로 나누는 경우에는 우측의 잘린 부분을 반시계 방향으로 회전시켜서 재배치한다. 예컨대 그림 2에서는 행과 열에 배치된 항목이 짝수인 경우에 대해서 재배치를 적용한 결과를 나타내고 있으며, 위치가 이동된 전체 10개의 칸들 중에서 두 개의 재배치된 칸에 대해 재배치 이전의 위치와 재배치가 끝난 후의 위치를 화살표로 나타내주고 있다.

한편, 재배치를 위해서는 공간의 분할이 필요한데, 분할하는 지점은 행과 열에 배치된 항목의 수가 짝수인지 혹은 홀수인지, 그리고 대각선 영역을 보존할 것인지 여부에 따라서 최대한으로 공간을 절약할 수 있는 위치를 찾을 수 있다. 예를 들어 그림 2와 같이 라벨이 배치된 대각선 영역을 보존하는 경우에는 행과 열에 배치된 항목의 수가 짝수(2n)이므로 최대 n개의 행 혹은 열을 잘라서 이동이 가능하다. 이는 그림 3(a)에서와 같이 행과 열의 수가 홀수(2n + 1)일 경우에도 동일하며, 다만 라벨

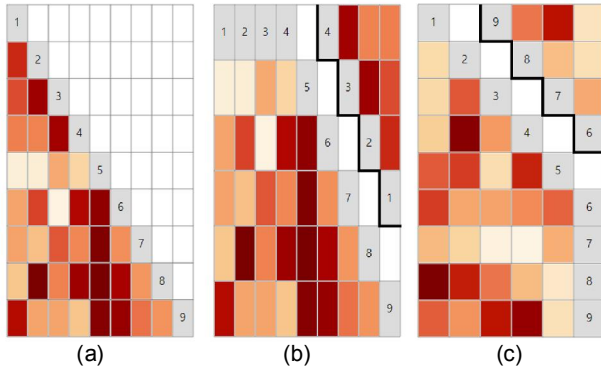


그림 3. 세로가 긴 9:16 화면에서 (a) 원본 히트맵과 (b) 가로로 분할하거나 (c) 세로로 분할하여 재배치한 결과의 비교
Fig. 3. Comparison between (a) original and rearranged heatmaps with (b) horizontally sliced and (c) vertically sliced area in 9:16 screen resolution

이 표시된 대각선 영역을 이동함에 따라 별도의 보완이 없을 경우 그림 1(b) 혹은 그림 1(c)에서처럼 재배치되지 않는 영역에 대한 라벨이 사라질 수 있기 때문에 그림 2와 그림 3에서는 상단에 라벨을 표시하기 위한 공간을 남겨두었다.

3-2 화면비와 공간 재배치 방향

최근 사용되는 모니터와 스마트폰의 경우 정방형의 화면비(1:1)보다는 한쪽이 긴 장방형 화면비(16:9 혹은 9:16)를 갖는 경우가 많다. 이에 따라 제안된 기법을 적용함에 있어서 재배치 방향과 화면비율은 결과에 큰 영향을 주게 된다. 예를 들어 그림 2와 같이 세로로 긴 화면에서 가로 방향으로 영역을 나눈 후 재배치를 진행하게 되면 전체적인 공간 활용도는 높아지지만 각 칸의 화면비가 극단적으로 변하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 경우 분할 방향을 다르게 적용하게 되면, 그림 3(c)와 같이 정방형에 가까운 영역을 확보할 수 있게 된다. 또한 가로로 긴 화면에서는 가로 방향으로 영역을 나눠서 재배치 할 경우 정방형 공간을 할당할 수 있게 된다.

이러한 영역 분할 및 재배치 방향에 따른 화면비의 조율은 각 칸별로 단일 자료를 문자나 히트맵으로 표시할 때는 큰 영향이 없을 수 있으나, 글리프나 작은 차트를 배치할 경우 공간 활용에 큰 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어 그림 4(b)의 경우 원본과 비교했을 때 세로 방향으로의 공간을 더 확보함으로써 선 차트에서 y값의 변화를 보다 세밀하게 관찰할 수 있으며, 그림 4(c)의 경우 가로 방향으로 더 넓은 공간을 할당하여 x축을 보다 높은 해상력으로 표현할 수 있다. 또한, 선 차트에 대한 기존 연구[16]에서는 단순히 해상력의 차이에서 오는 정확도의 차이 뿐 아니라 선의 기울기에 따라 인지의 정확성에 차이가 있음을 밝힌바 있다. 따라서 분할 방향을 유기적으로 선택함으로써 각 칸의 화면비를 조율하여, 기울기의 차이를 보다 인지하기 쉽도록 차트를 그릴 수 있게 된다.

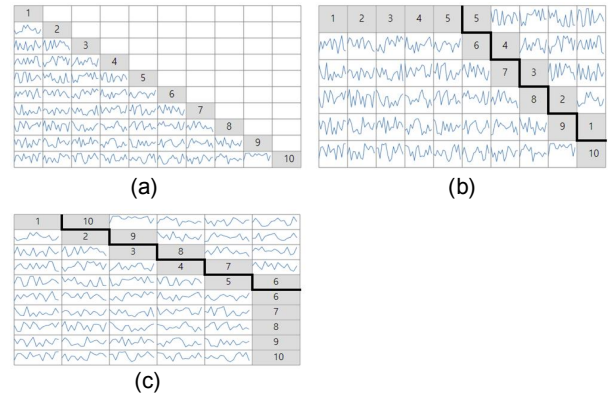


그림 4. 가로가 긴 16:9 화면에서 선 차트 (a) 원본과 (b) 가로 방향 분할 및 (c) 세로 방향 분할 후의 재배치 결과 비교
Fig. 4. Comparison between (a) original and rearranged line charts with (b) horizontally sliced and (c) vertically sliced area in 16:9 screen resolution

IV. 평가 - 시각화에의 적용 결과 분석 및 논의

4-1 정량적 공간 활용 분석

본 논문에서 제시하는 시각화 방법의 효율성을 평가하기 위하여, 기존 시각화 방법과의 공간 활용도에서의 차이를 비교해 보았다. 이를 위해 기존 시각화 방법과 개선안 모두 그림 3과 같이 라벨을 표시한다고 했을 때를 기준으로 하였으며, 행과 열에 n개의 항목이 있을 때 전체 공간 대비 유의미한 내용이 존재하는 공간의 비율 R을 구해보았다. 기존 시각화의 활용 비율은 아래의 수식(1)과 같이 도출할 수 있다.

$$R = \left(\frac{n(n+1)}{2}\right) / n^2 = 0.5 + \frac{1}{2n} \tag{1}$$

다음으로 개선안의 경우 n이 짝수일 경우와 홀수일 경우를 나눠서 수식(2)와 같이 도출하였는데, 짝수인 경우 그림 2와 같이 전체 영역을 모두 활용했음을 확인할 수 있다.

$$\begin{cases} n = 2k & R = 1 \\ n = 2k + 1 & R = \frac{n(n-1) - \frac{(n+1)}{2}}{n(n-1)} = 1 - \frac{n+1}{2n(n-1)} \end{cases} \tag{2}$$

위의 수식에서 확인할 수 있듯, 기존 시각화의 경우 n이 커질수록 화면 내의 공간 활용 비율은 50%에, 개선안의 경우 100%에 수렴하게 된다. 또한 활용 비율뿐 아니라 각 칸에 할당되는 공간의 넓이를 비교하더라도 기존 시각화 방법은 전체 화면의 1/n²을 할당받지만, 재배치를 하게 될 경우 그림 3(b)와 같이 라벨을 위한 공간을 추가로 배치하더라도 전차 화면 크기의 1/n(n-1)에 해당하는 약간 더 넓은 공간이 할당됨을 확인할 수 있다.

4-2 기존 연구와의 정성적 비교

본 시각화 기법의 평가를 위하여 관련 연구로 제시된 공간을 절약하기 위한 시각화들과의 정성적 비교를 진행하였다. 하지만 관련 연구들 중에서 TreeJuxtaposer[9], Line Graph Explorer[10], Saito et al.[11], horizon graph[12]의 경우는 나타내고자 하는 데이터가 계층적 자료이거나 시계열 자료였기 때문에 직접적인 비교가 불가능 했다. 그리고 본 연구에서 하나의 표 형태의 시각화를 상징하는 것과는 달리 NodeTrix[13]와 TileMatrix[14]는 다수의 표로 구성된 시각화를 다뤘기에 역시 비교 분석이 어려웠다. 이에 본 연구에서처럼 하나의 표로 구성된 시각화를 제시한 LiveRAC[8]과의 비교를 진행하였는데, 표 형태의 시각화를 나타내고 있지만 ROI 외의 다른 부분의 크기를 축소, 왜곡시키는 방식을 사용하고 있다는 점에서 본 연구에 비해 스몰 멀티플의 장점인 여러 시각화들 간의 직관적 비교가 힘들다는 단점을 확인할 수 있었다.

4-3 대각선 공간의 활용

본 연구에서 대각선을 따라 배치된 칸들은 각 행과 열에 대응하는 라벨을 표시하기 위하여 사용되었다. 하지만 표의 외부에 별도로 라벨을 배치하는 경우, 기존의 연구들에서는 대각선에 있는 칸들을 비워두거나, 필요에 따라 각 행 또는 열에 대해서 통계적 대푯값을 표시하였고, 행이나 열별로 전체적인 개관을 살펴보고 싶은 경우 행 또는 열별로 집계된 자료에 대한 시각화를 배치했다. 그러나 이러한 경우에도 라벨을 표시하는데 사용되는 영역이 고정적으로 할당되기 때문에, 시각화가 표시되는 영역의 공간 사용 효율성은 제고할 수 있다.

한편, 대각선 영역이 비어있었거나 아무런 의미가 없는 경우라도 대각선 영역까지 조밀하게 자료를 채우는 것은 시각적 혼잡도를 급격하게 높일 수 있다. 예를 들어 그림3(c)에서 기존처럼 6번 항목부터 9번 항목까지를 분할하지 않고, 대각선 영역까지 남김없이 사용하기 위하여 5번 항목부터 끝까지를 분할하여 배치하는 경우, 외부에 라벨이 존재하더라도 같은 열에 두 가지의 값이 대응하게 되어 인지 과정에서 혼선을 유발할 수 있게 된다. 따라서 대각선에 있었던 공간들은 조밀한 배치 과정에서 보존이 필요하다.

4-4 재배치에 따른 인지 과정에서의 복잡도 증가

본 연구에서 제안하는 시각화 방법은 기존에 행과 열의 정렬 순서에 따라 배치되어 있던 영역의 일부분을 새로운 공간으로 이동하게 된다. 이 과정에서 평행이동이 아닌 표의 가운데를 중심으로 한 회전이동을 적용하게 되기 때문에 축의 역전 현상이 발생한다. 이에 따라 다음의 두 가지의 시각적 분석 과정에서 복잡도가 증가하게 되는데, 첫 번째는 하나의 행이나 열을 따라서 경향성을 분석하는 경우로, 전체 행이나 열 중 절반에 대해서 일부분이 분할되어 배치되기 때문에 분석이 까다로워진다.

또 한 가지 경우는 행과 열의 배치가 시각적 분석에 영향을 주는 경우로, 예를 들어 인접 행렬에서 서로 완전히 연결된 노드들을 찾고자 할 때 해당 군집 중 일부가 바로 보이지 않는 경우가 생길 수 있다. 따라서 본 배치 기법은 행과 열 단위로 분석이 이뤄지지 않으며, 행과 열의 순서를 바꿔가면서 인접한 항목들에 대한 경향성을 파악해야하는 상황이 아닐 때 가장 높은 효율성을 보일 것으로 기대된다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 최소 자원인 화면상의 공간을 절약할 수 있는 배치를 제안하고, 이를 활용할 수 있는 사례들에 대해 알아보았다. 이러한 배치 기법을 사용할 경우 항목의 위치가 바뀌게 되고, 재배치된 항목들에 대해서는 행과 열의 순서가 반대로 뒤집히면서 패턴을 찾는 작업 등을 수행할 때 인지 과정에서의 부하를 일으킬 수 있다. 이러한 점을 좀 더 면밀히 분석하기 위해 향후에는 사용자 실험을 설계하여 어떠한 시각화 작업에 대해 인지적 부하가 얼마나 가증되는지에 대한 정량적, 정성적 분석을 진행할 예정이다. 그러나 행이나 열을 따라서 존재하는 패턴이 있는지 분석해야 할 필요가 없는 경우, 각 칸에 보다 많은 공간을 할당함으로써 보다 높은 해상력을 갖는 시각화를 도입할 수 있었다. 이는 특히 빅 데이터에 대한 시각화 요구가 점차 커지고 있는 상황[17]을 고려할 때, 장방형의 해상도가 많은 최근의 화면비에서도 보다 효율적인 시각화를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

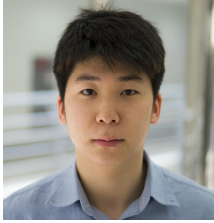
감사의 글

이 성과는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2017R1C1B5017772).

참고문헌

- [1] X. Liu, Y. Hu, S. North and H. W. Shen, "Correlated Multiples: Spatially Coherent Small Multiples With Constrained Multi-Dimensional Scaling," *Computer Graphics Forum*, Vol. 37, No. 1, pp. 7-18, February 2018.
- [2] S. P. Borgatti, M. G. Everett and J. C. Johnson, *Analyzing social networks*, Sage, 2018.
- [3] L. Wilkinson, and M. Friendly, "The history of the cluster heat map," *The American Statistician*, Vol. 63, No. 2, pp. 179-184, May 2009.
- [4] A. Yates, A. Webb, M. Sharpnack, H. Chamberlin, K.

- Huang, and R. Machiraju, "Visualizing multidimensional data with Glyph SPLOMs," *Computer Graphics Forum*, Vol. 33, No. 3, pp. 301-310, June 2014.
- [5] E. Tufte, Beautiful evidence, *Graphics Press*, 2006.
- [6] J. S. Yi, N. Elmqvist, and S. Lee, "TimeMatrix: Analyzing temporal social networks using interactive matrix-based visualizations," *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 26, No. 11-12, pp. 1031-1051, November 2010.
- [7] C. Perin, P. Dragicevic and J.-D. Fekete, "Revisiting Bertin Matrices: New Interactions for Crafting Tabular Visualizations," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 20, No. 12, pp.2082-2091, September 2018.
- [8] P. McLachlan, T. Munzner, E. Koutsofios, and S. North, "LiveRAC: interactive visual exploration of system management time-series data," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Florence: Italy, pp. 1483-1492, 2008.
- [9] T. Munzner, F. Guimbretière, S. Tasiran, L. Zhang, and Y. Zhou, "TreeJuxtaposer: scalable tree comparison using Focus+ Context with guaranteed visibility," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 22, No. 3, pp. 453-462, July 2003.
- [10] R. Kincaid, and H. Lam, "Line graph explorer: scalable display of line graphs using focus+ context," in *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, Venezia: Italy, pp. 404-411, 2006.
- [11] T. Saito, H. N. Miyamura, M. Yamamoto, H. Saito, Y. Hoshiya, and T. Kaseda, "Two-tone pseudo coloring: Compact visualization for one-dimensional data," in *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization*, Minneapolis: MN, 2005.
- [12] J. Heer, N. Kong, and M. Agrawala, "Sizing the horizon: the effects of chart size and layering on the graphical perception of time series visualizations," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston: MA, pp. 1303-1312, 2009.
- [13] N. Henry, J. D. Fekete, and M. J. McGuffin, "NodeTrix: a hybrid visualization of social networks," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 13, No. 6, pp. 1302-1309, June 2007.
- [14] X. Liu, and H. W. Shen, "The effects of representation and juxtaposition on graphical perception of matrix visualization," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Seoul: Korea, pp. 269-278, 2015.
- [15] M. Bostock, V. Ogievetsky, and J. Heer, (2011). "D³ data-driven documents," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 17, No. 12, pp. 2301-2309, December 2011.
- [16] J. Talbot, J. Gerth, and P. Hanrahan, (2012). "An empirical model of slope ratio comparisons," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 18, No. 12, pp. 2613-2620, December 2012.
- [17] S.-H. Bak, J. H. Kim, and H.-B. You, (2017). "Implementation of public data contents using big data visualization technology – Map visualization technique," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 18, No. 7, pp. 1427-1434, November 2017.

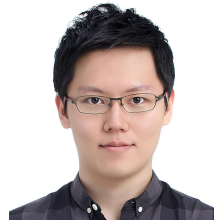


신동화(DongHwa Shin)

2013년 : 한국과학기술원 전산학과 (공학사)

2013년 ~ 현재 : 서울대학교 컴퓨터공학부 대학원 석박사 통합과정

※관심분야 : 휴먼-컴퓨터 인터랙션(Human-Computer Interaction), 데이터 시각화, 시각적 분석 등



송현주(Hyunjoo Song)

2009년 : 서울대학교 컴퓨터공학부 (공학사)

2011년 : 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 대학원 (공학석사)

2016년 : 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 대학원 (공학박사-휴먼-컴퓨터 인터랙션)

2017년~현재 : 덕성여자대학교 IT미디어공학과 조교수

※관심분야 : 휴먼-컴퓨터 인터랙션(Human-Computer Interaction), 데이터 시각화, 시각적 분석 등