

**UN 국가의 투표 성향 유사도 분석을 위한
Proximity based Circular 시각화 연구**

Proximity based Circular Visualization for similarity analysis of voting patterns
between nations in UN General Assembly

주저자

최한민 (Choi, Han Min)
아주대학교 미디어학과

공동저자

문성민 (Mun, Seong Min)
아주대학교 라이프미디어 협동과정 통합디자인연구실 연구원

하효지 (Ha, Hyo Ji)
아주대학교 라이프미디어 협동과정 통합디자인연구실 연구원

교신저자

이경원 (Lee, Kyung Won)
아주대학교 미디어학과
kwlee@ajou.ac.kr

목차

1. 서론

- 1-1. 연구의 배경 및 필요성
- 1-2. 연구의 목적 및 방법

2. 관련 연구

- 2-1. 소셜 그래프 연구
- 2-2. 방사형 시각화 연구
- 2-3. 시계열 유사도 시각화 연구

3. 시각화 제안 및 분석

- 3-1. 데이터 수집 및 정제과정
- 3-2. 소셜 그래프 시각화
- 3-3. 방사형 시각화
- 3-4. 시계열 유사도 시각화
- 3-5. Proximity based Circular 시각화

4. 인터랙션

- 4-1. 타임 슬라이더
- 4-2. 하이라이트
- 4-3. 레이아웃

5. 그래프 비교 실험

- 5-1. 자료수집 및 표본설정
- 5-2. 신뢰도 분석
- 5-3. 집단 별 평균비교

6. 결론 및 제안

참고문헌

(요약)

본 연구는 1946년부터 2012년까지 총 5211건의 UN총회 투표데이터를 활용하여 국가 간의 관계를 기간별, 이슈별 등 다양한 관점에서 분석할 수 있는 인터랙티브(Interactive) 시각화 방법을 제안하였다. 연구를 위해 국가 간 유사도 매트릭스를 고안하고, 두 가지의 시각화 방법을 개발하였다. 첫 번째는 연도별로 UN 총회의 투표에 참여한 국가 간의 관계를 사회 연결망 그래프 형태로 표현한 네트워크 그래프(Network Graph)시각화이며, 두 번째는 특정 국가를 중심으로 다른 국가 간의 관계를 분석하거나 시간에 따른 국가 간의 투표 성향 변화를 동시에 분석할 수 있도록 고안된 Proximity based Circular 시각화이다. 본 연구는 기존의 투표 데이터를 활용한 분석 사례에서 시도되지 않았던 다양한 관점에서 네트워크 분석을 하기 위해 선과 원형 그래프가 결합된 Proximity based Circular 시각화를 제안하고 이를 구현하였다는 점에서 큰 의의가 있다. 또한 두 개의 시각화에 대한 비교 실험을 실시하여 각 시각화의 상호 보완점을 도출 하였다. 연구 결과로는 Proximity based Circular 시각화가 개별 국가 노드에 대한 정보를 더 잘 나타내며, 네트워크 그래프(Network Graph)시각화는 전체 데이터의 특성과 여러 데이터 간의 성향을 더 잘 나타낸다는 결과를 도출하였다. 따라서 UN국가의 투표 성향 데이터를 분석하기 위해서는 두 개의 시각화를 병행하여 사용하는 경우가 데이터 간의 관계 파악에 가장 도움이 된다는 결론을 제시하였다.

(Abstract)

In this study, we proposed Interactive Visualization methods that can be analyzed relations between nations in various viewpoints such as period, issue using total 5211 of the UN General Assembly voting data. For this research, we devised a similarity matrix between nations and developed two visualization method based similarity matrix. The first one is Network Graph Visualization that can be showed relations between nations which participated in the vote of the UN General Assembly like Social Network Graph by year. and the second one is Proximity based Circular Visualization that can be analyzed relations between nations focus on one nation or Changes in voting patterns between nations according to time. This study have a great signification. that's because we proposed Proximity based Circular Visualization methods which merged Line and Circle Graph for network analysis that never tried from other cases of studies that utilize conventional voting data and made it. We also derived co-operatives of each visualization through conducting a comparative experiment for the two visualization. As a research result, we found that Proximity based Circular Visualization can be better analysis each node and Network Graph Visualization can be better analysis patterns for the nations.

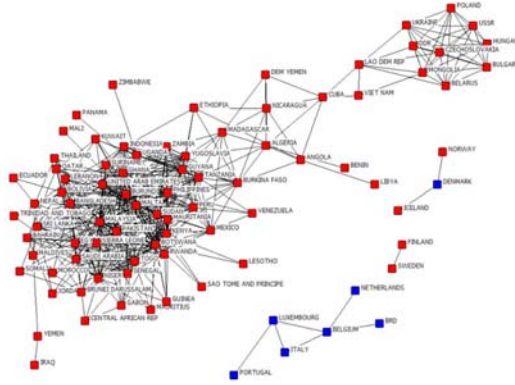
(Keyword)

Voting Patterns, Interactive Visualization, Similarity Metrics, Proximity based Circular Visualization, Network Visualization

1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 필요성

소셜 그래프(Social Graph) 시각화는 노드(Node)와 링크(Tie)를 이용하여 소셜 네트워크상에서 구조를 이루고 있는 각 요소들의 관계를 제시하는 시각화 방법이다.¹⁾ 또한 노드를 이용하여 데이터 간의 관계를 표현하기 때문에 사용자가 데이터간의 관계를 분석하는데 용이하다. 소셜 그래프는 다양한 분야에서 연구에 활용되고 있으며 그 중 정치학 분야에서 국가 간의 관계를 파악하는 연구에 사용되고 있다. 그에 대한 예시로 2010년 보쿠크테는 유럽연합에 소속한 국가의 관계를 <그림 1>과 같이 소셜 그래프를 이용하여 시각화하였다.²⁾



<그림 1> 공동 구매형 소셜커머스 순환도

보쿠크테의 소셜 그래프 사례는 국가 간의 관계를 전반적으로 볼 수 있다는 점과 높은 빈도로써 서로 간의 관계 링크를 공유하는 국가들은 군집화 되기 때문에 성향이 비슷한 국가들을 묶어서 볼 수 있는 면에서는 의미가 있는 시각화라 할 수 있다. 그러나 <그림 1>와 같이 많은 노드를 제시하는 경우에는 링크들이 겹치는 현상(Edge Crossing) 때문에 각 노드들 간의 정확한 관계를 파악하지 못한다는 단점이 있으며, 특정 국가를 중심으로 다른 국가들 간의 관계를 보고자 하는 경우 서로 근접한 국가들의 정확한 유사도 거리 관계를 파악할 수 없다는 점 및 시간에 따른 노드 간의 관계 변화의 추이를 볼 수 없다는 점 등 여러 한계점들이 존재한다. 이러한 문제점들을 보완하기 위해서는 기존의 소셜 그래프를 기반으로 한 사례들을 체계적으로 분석하여 한계점을 정리하고, 사용자가 보고자 하는 노드 데이터들 간의 관계를 효율적으로 표현하는 시각화 방법론을 마련해야 할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 소셜 그래프가 지니는 문제점을 보완하고자 네트워크 그래프(Network Graph)시각화와 방사형 시각화 및 시계열 유사도 시각화를 결합한 Proximity based Circular 시각화를 제안하였다.

1-2. 연구의 목적 및 방법

본 연구는 기존의 소셜 그래프가 가지는 한계점들을 보완하고자 특정 노드를 중심으로 다른 노드들 간의 관계를 보여줄 수 있는 시각화 및 시간이 지남에 따라 노드 간의 관계 변화를 보여주는 시각화를 제작하는 데 연구목적과 같이 하나의 특정 데이터를 중심으로 다른 데

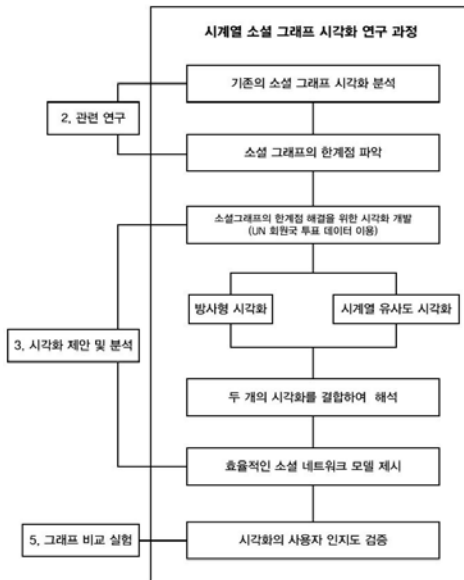
1) http://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%86%8C%EC%85%9C_%EA%B7%B8%EB%9E%98%ED%94%84

2) Beauguitte, Laurent. "Looking for European Union in the Word-System: a multi-graph approach." European Regional Science Association Conference, 2010, pp8-9.

이터들 간의 관계를 효율적이게 보여주게 되면 사용자가 원하는 기간에 따라 관찰하고자 하는 데이터를 중심으로 다른 데이터 간의 정확한 유사도 값 및 유사도의 흐름을 쉽게 파악할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구의 진행을 위해 첫 번째로, 1946년부터 2012년까지의 198개국을 대상으로 한 5211건의 UN 총회 투표 결의안을 대상 데이터로 선정하고 이를 시각화에 활용하기 위한 정제과정을 거쳤다. 각 국가의 투표 결과는 찬성, 반대, 기권, 불참, 미가입의 5가지로 분류되며 각각의 결의안은 그 성격에 따라서 중동문제(Middle East), 핵무기(Nuclear), 군비축소(Disarmament), 식민지정책(Colonization), 인권(Human Right), 경제(Economic)의 6가지 이슈로 분류되어 있다. 본 연구에서는 결의안 정보를 바탕으로 국가와 국가 간의 표결 일치에 따른 유사도 데이터를 정제하여 시각화에 활용하였다.

두 번째로는 선정한 데이터를 통해서 특정 국가를 중심으로 다른 국가들 간의 투표 유사성 관계를 보여주기 위해 두 가지의 시각화를 제안하였다. 하나는 특정 국가 노드를 정중앙에 배치하고 다른 국가들의 노드를 방사형으로 배치하고 정중앙에 놓인 국가와 다른 국가들의 유사도에 따른 거리 값을 동심원을 이용하여 제시하였다. 또 다른 하나는 방사형으로 제시되는 국가들의 유사도 관계가 시간에 따라서 어떻게 변화되는 지 알아보기 위해 시계열 유사도 그래프를 라인 그래프(line graph) 형태로 제시하였다. 그 후 사용자들이 방사형 시각화 및 시계열 유사도 그래프를 동시에 관찰했을 때, 하나의 국가를 중심으로 다른 국가들 간의 관계를 시각화로서 관찰하고 이슈가 되는 시점을 찾는 뒤 시각화 결과에 대한 원인을 역사적인 관점에서 바라보는 것을 시나리오 형태로 제시함으로써 본 연구가 제안한 시각화의 활용성에 대한 근거를 제공하였다. 그리고 시각화의 사용자 인지도 검증을 위해 그래프 실험을 진행하였다. 본 논문의 전체적인 연구 체계를 그림으로 표현하면 아래의 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 본 논문의 연구체계

2. 관련 연구

2-1. 소셜 그래프 연구

소셜 그래프(Social graph)는 주로 노드 사이의 힘의 관계를 이용하여 그래프를 그리는

Force-directed³⁾ 방식의 시각화 기법으로 네트워크 내의 의사소통 패턴을 밝히는 연구와 특정 노드를 중심으로 주변 노드의 변화 패턴을 밝히는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특정 네트워크 내의 의사소통 패턴을 시각화한 연구로는 2003년 Peter A. Gloor Rob Lauacher의 ‘Visualization of Communication Patterns in Collaborative Innovation Networks - Analysis of Some W3C Working Groups’이 있으며 W3C 소규모 그룹들의 메일 아카이브(Mail Archive)를 분석하여 커뮤니케이션(Communication)의 흐름을 시각화한 것이 특징이었다.⁴⁾ 또한 SNA(Social Network Analysis) 시각화 툴인 Pajek (Batagelj & Mrvar, 1998)과 UCINET(Borgatti et al., 1992)를 사용하여 나타냈으며, 그룹들의 관계를 통해 공개적으로 투명하게 운용되는 네트워크(Network)의 중요성을 추정하는 군집 패턴(Cluster pattern)을 보기에 매우 용이하였다.

특정노드를 중심으로 패턴을 보고자 하는 연구로는 Hans-Henning Gabriel, Myra Spiliopoulou, Emmanouela Stachtari, Athina Vakali의 ‘Summarization meets Visualization on Online Social Networks’라는 연구가 있으며 해당 연구는 거대한 소셜 네트워크를 압축하되 압축하기 이전의 연결망 관계(Social Constellations)를 반영하는 소규모 그래프를 통해 중심 커뮤니티를 표현하고 다른 커뮤니티들과의 의미 관계를 보여주었다.⁵⁾

2-2. 방사형 시각화 연구

방사형 그래프(Radial Graph)는 처음 감소하는 시간을 나타내는 기술로 고안 되었으며 동심원 지표를 기준으로 그 사이에 노드들이 위치하게 된다.⁶⁾ 방사형 그래프에 관한 연구는 Stephan Diehl, Fabian Beck, Michael Burch의 ‘Uncovering Strengths and Weaknesses of Radial Visualizations—an Empirical Approach’⁷⁾ 와 Jankun-Kelly, Kwan-Liu Ma의 ‘MoireGraphs: radial focus+context visualization and interaction for graphs with visual nodes’⁸⁾ 에 의한 선행 연구가 있다. ‘Uncovering Strengths and Weaknesses of Radial Visualizations—an Empirical Approach’에서는 데카르트 좌표계(Cartesian Coordinate)과 방사형(Radial)의 시각화에 특정 상황을 부여하고 그에 따른 인지적 측면과 행동적 측면에서의 차이점을 설명한 점이 특징이다. 특히 단일 초점(focus)의 시각화에서는 방사형 시각화(Radial visualization)이 데카르트 시각화(Cartesian visualization)보다 효과적이라는 점을 밝혔다. ‘MoireGraphs: radial focus+context visualization and interaction for graphs with visual node’에서는 이미지와 문서를 검색하는 ‘focus+context’방식의 인터랙티브(Interactive)한 방사형 그래프를 제작하였다. 여기에서 ‘focus+context’는 사용자가 문맥의 흐름을 잃지 않고 특정 세부사항에 초점을 맞출 수 있게 하는 기술들을⁹⁾ 아우르는 용어를

3) http://en.wikipedia.org/wiki/Force-directed_graph_drawing

4) Peter A. Gloor, Rob Laubacher, Scott B. C. Dynes, and Yan Zhao. 2003. Visualization of Communication Patterns in Collaborative Innovation Networks - Analysis of Some W3C Working Groups. In Proceedings of the twelfth international conference on Information and knowledge management (CIKM '03). ACM, New York, NY, USA, 56-60. DOI=10.1145/956863.956875 <http://doi.acm.org/10.1145/956863.956875>

5) Gabriel, H.; Spiliopoulou, M.; Stachtari, E.; Vakali, A., "Summarization Meets Visualization on Online Social Networks," Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT), 2011 IEEE/WIC/ACM International Conference on , vol.1, no., pp.475,478, 22-27 Aug. 2011 doi: 10.1109/WI-IAT.2011.77

6) Krystian Samp, Stefan Decker. 2010. Supporting menu design with radial layouts. ACM AVI'10, May 25-29, 2010, Rome, Italy, 978-1-4503-0076-6/10/05

7) Stephan Diehl, Fabian Beck, and Michael Burch. 2010. Uncovering Strengths and Weaknesses of Radial Visualizations---an Empirical Approach. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 16, 6 (November 2010), 935-942. DOI=10.1109/TVCG.2010.209 <http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2010.209>

8) Jankun-Kelly, T. J.; Kwan-Liu Ma, "MoireGraphs: radial focus+context visualization and interaction for graphs with visual nodes," Information Visualization, 2003. INFOVIS 2003. IEEE Symposium on , vol., no., pp.59,66, 21-21 Oct. 2003 doi: 10.1109/INFVIS.2003.1249009

뜻하며, 모이어 그래프(Moire Graph)는 방사형 그래프에서 사용자가 원하는 정보를 좀 더 세밀하게 포커싱(Focusing) 할 수 있는 방법을 제시하였다.

2-3. 시계열 유사도 시각화 연구

시계열 시각화는 연속적인 시간 간격에 의해 측정된 데이터를 보여주는 시각화 기법으로 시간의 흐름에 따른 데이터의 변화 측정 및 이전 데이터를 기반으로 향후의 데이터를 예측하는데 사용된다.¹⁰⁾ 노드 기반 시계열 데이터를 시각화한 연구는 Gapminder의¹¹⁾ ‘Gapminder Trendalyzer’이 있으며 시간의 추이에 따라 노드들의 위치 변화를 볼 수 있도록 산점도(Scatter Plot)를 사용하였다. 특히 화면에 선택한 노드의 잔상을 남겨 해당 노드의 전체적인 흐름을 볼 수 있게 하는 것이 특징인데, 여러 개의 노드가 선택 되었을 시에는 노드들의 잔상이 겹쳐 다른 노드들의 분석에 어려움이 발생하였다. Gapminder와 비슷한 사례로 NComVA의¹²⁾ 산점도(Scatter Plot)에서도 시간의 추이에 따른 자취를 볼 수 있으며 노드가 그대로 화면에 남는 Gapminder와는 달리 NComVA에서는 직선들로 표현을 하여 다른 노드들의 분석에 방해가 되는 요인을 최소화하였다.

3. 시각화 제안 및 분석

3-1. 데이터 수집 및 정제과정

본 연구에서는 시각화에 앞서 UN총회 투표결과 데이터를 가공하여 다음과 같이 두 가지 방법으로 유사도를 계산하여 유사도 매트릭스를 생성하였다.

먼저 네트워크 그래프(Network Graph)시각화의 유사도 측정 방법은 다음과 같다. UN총회에 참석한 국가들은 각각의 결의안 투표에 찬성 또는 반대 의견을 표명하나, 기권 또는 불참으로 투표에 참석하지 못한 경우가 있으며 시간에 따라 회원국이 가입하거나 탈퇴하는 경우가 있기 때문에 두 국가 간의 유사도는 두 국가가 모두 투표에 참여한 횟수 가운데서 같은 의견이 나온 확률로 정의한다. 따라서 국가A와 국가B의 투표 유사도는 다음과 같다.

$$\text{유사도}(A,B) = \frac{A\text{와}B\text{가찬성또는반대의견을동일하게투표한횟수}}{(A\text{와}B\text{가동시에참여한투표}) \cap (A\text{와}B\text{가찬성또는반대한경우})}$$

다음으로 Proximity based Circular 시각화의 유사도 측정방법은 ‘Proximity of Voting data’를 이용한 방법으로 두 국가 간의 각각의 투표결과를 비교하여 가중치와 부호를 가진 값으로 나타낸 뒤 그 값을 누적시켜 나타내는 방법이다. 이에 따른 유사도는 다음과 같다.

$$\text{유사도}(A,B) = \frac{w_i \cdot A\text{와}B\text{의동일투표횟수} + w_0 \cdot A\text{와}B\text{의상이투표횟수}}{A\text{와}B\text{가동시에참여한투표횟수}}$$

9) Ivan Herman, Guy Melançon, and M. Scott Marshall. 2000. Graph Visualization and Navigation in Information Visualization: A Survey. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 6, 1 (January 2000), 24-43. DOI=10.1109/2945.841119 <http://dx.doi.org/10.1109/2945.841119>

10) Oh kyung hwan, 1998, A study on the set-up and application of temporal gis database - A case of landuse change in the yaksoo subway station area-, Seoul national university

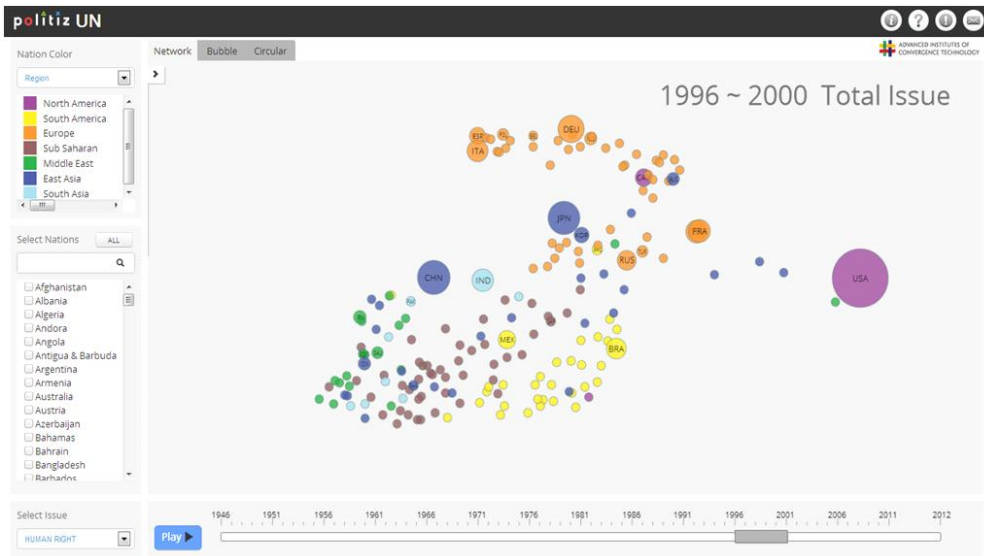
11) Gapminder Foundation (2010). Gapminder Trendalyzer. URL, <http://www.gapminder.org/world/>. Retrieved Feb., 2011. Robertson, G., Fernandez, R., Fisher, D., Lee, B., and Stasko, J. (2008). Effectiveness of Animation in Trend Visualization. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 14:1325-1332.

12) http://www.ncomva.se/guide/?chapter=Visualizations§ion=Scatter%20Plot#_General

3-2. 소셜 그래프 시각화

3-2-1. 목적 및 방법론

본 연구에서는 앞서 제시한 유사도 매트릭스를 기반으로 UN 총회 회원국들의 사회 연결망을 시각화 형태로 제시한 ‘Politiz UN 웹 어플리케이션’을 개발하였다. 웹 어플리케이션은 HTML5 및 자바스크립트로 구현하였으며 그래프는 Canvas 및 d3 오픈소스를 이용하여 화면에 렌더링하였다. 결과는 <http://203.234.55.97/politiz/un/>를 통해 확인할 수 있다.¹³⁾



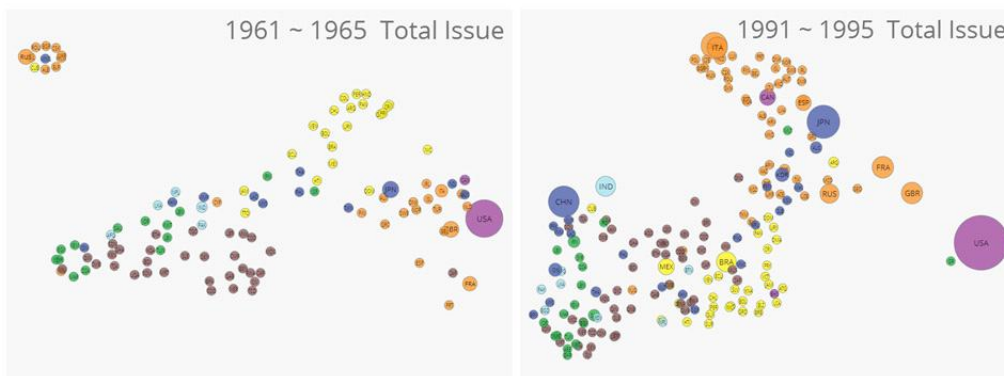
〈그림 3〉 1956년까지의 UN투표 결과를 네트워크 그래프로 시각화한 결과

‘Force-Directed’ 방식을 이용한 소셜 그래프인 네트워크 그래프(Network Graph)시각화는 각 기간별 UN 투표 결과에 따른 주요 국가들의 분포를 표현하며, 기존의 사회 연결망 그래프의 역할과 같이 투표 성향이 유사한 국가들의 클러스터(Cluster)를 나타내고 있다. ‘Force-directed’ 방식의 소셜 그래프 시각화는 모든 노드와 노드 사이의 관계에 따라 인력과 척력(Force)을 부여하여 좌표계상에 노드의 위치를 부여한다. 본 연구에서는 유사도가 이러한 관계를 대신하며 유사도가 일정 기준을 넘을 경우 인력을, 그 외에는 척력을 부여하였다. 노드의 위치를 결정하기 위해 초기 임의의 위치에서 자신을 제외한 다른 모든 노드들과의 관계를 분석한다. 그 후 업데이트된 위치를 부여받고, 모든 노드의 위치가 특정 지점에 고정될 때까지 이러한 일련의 과정을 반복한다. 이 그래프를 통해 각 기간별 국가 간의 투표 성향에 따른 분포를 비교할 수 있고, 아울러 국가 간의 이해관계 및 정치체제의 변화에 따라 투표 성향이 변하는 모습을 확인할 수 있다.

3-2-2. 시각화

〈그림 4〉(좌)는 냉전기간인 1961년부터 1965년 사이에 이루어진 UN투표결과를 시각화한 결과이다. 좌측 상단에 러시아를 비롯한 사회주의 체제 국가들이 위치해 있고 우측 하단에 미국을 비롯한 자본주의 체제 국가들이 위치해 있는 것을 볼 수 있다.

13) <http://d3js.org/>



〈그림 4〉 1965년(좌), 1995년(우)까지의 UN투표 결과를 네트워크 그래프로 시각화한 결과

기존의 ‘Force-directed’ 방식의 소셜 그래프(Social Graph) 시각화는 다 대 다 관계를 보기 위해 제작된 방식으로 전체적인 노드들의 관계를 나타낼 때에는 적절하나 에고(Ego) 노드와 에고(Ego)를 제외한 다른 노드들과의 관계를 나타낼 때인 일 대 다 관계를 보기에는 적합하지 않기 때문에 새로운 시각화 방법의 필요성이 제기된다. 따라서 본 논문에서는 노드 사이의 인력과 척력(Force)이 에고(Ego) 노드 및 그와 연결된 노드사이에만 존재함으로써 노드간의 관계 거리가 에고(Ego)와의 관계에만 영향을 받고 이를 확장하여 시간의 흐름에 따라 유사도의 변화를 볼 수 있는 시각화를 고안하고자 한다.

3-3. 방사형 시각화

3-3-1. 배경 및 방법론

방사형 형태의 시각화는 원형의 모습을 갖고 있는 시각화의 한 종류로, 19세기부터 사용되었으며 P. Hoffman et al에 의해 Radviz(radial visualization)라는 용어로 처음 제시되었다.¹⁴⁾ 방사형 시각화는 기존의 통계적 데이터만을 표현하던 수단에서 현재는 파이 차트(pie chart), 스타 플롯(star plot), 레이더 플롯(radar plot)과 같은 수치형 데이터를 시각화 하는 데에 확대되어 사용된다.¹⁵⁾

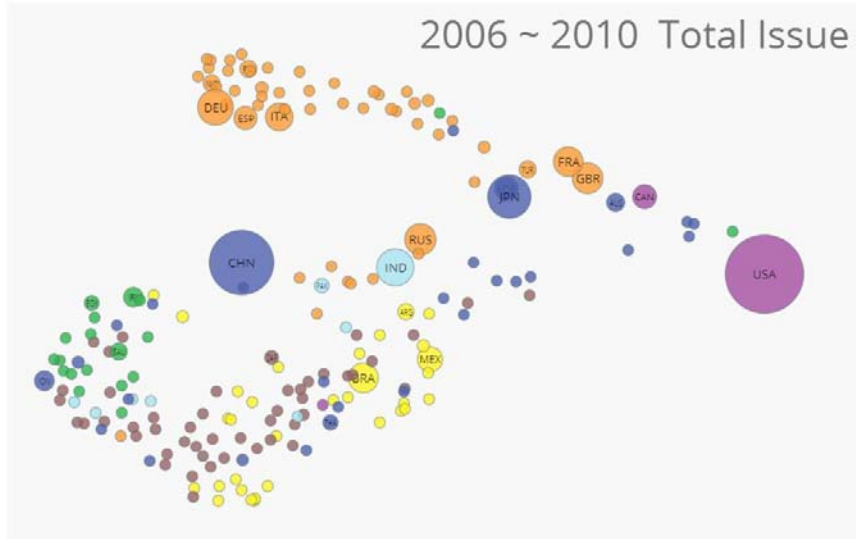
방사형 시각화는 기준이 되는 노드를 중심으로 다른 노드들을 원형 형태로 배치하는 시각화로써 기준점이 없는 네트워크 그래프 방식에 비해 분석 시작점이 명확하고 무엇보다도 사용자 시선의 중심이 자연적으로 에고(Ego) 노드에 위치하기 때문에 직관적으로 노드들의 관계 분석이 가능하다. 또한 에고(Ego)를 중심으로 노드들을 방사형으로 배치하게 되면 중심을 기점으로 관계 거리를 쉽게 알아볼 수 있으며, 이러한 형태로 노드들을 배치할 경우 선이 겹치는 에지 크로싱(edge crossing) 현상이 발생하지 않는다는 특징이 있다. 에고(Ego) 국가를 기준으로 특정 국가의 유사도 값이 1(유사)에 가까울 경우 노드의 거리를 나타내는 동심원의 중심에 가까워지며 유사도 값이 -1(상이)에 가까울 경우 중심에서 멀어지게 된다. 본 연구에서는 이러한 시각화를 방사형 뷰(Radial View)라 명명하였다.

3-3-2. 시각화

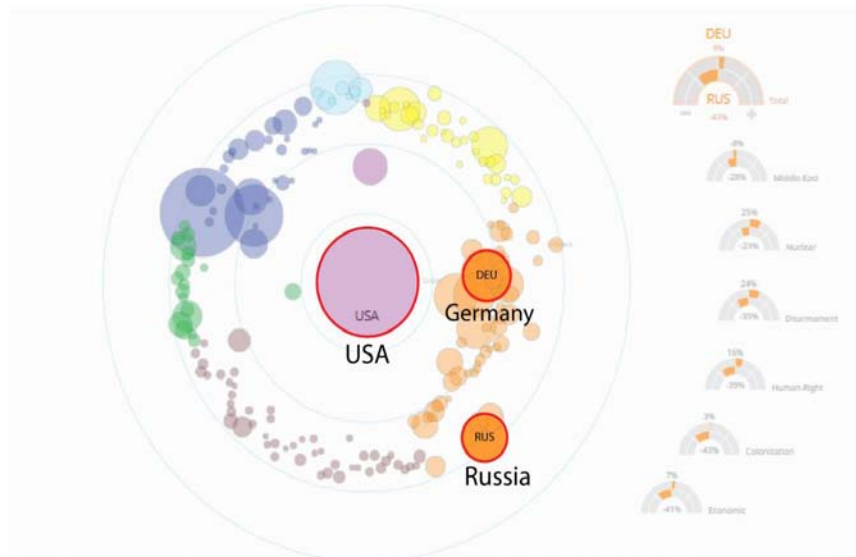
14) Hoffman, P.; Grinstein, G.; Marx, K.; Grosse, I.; Stanley, E., "DNA visual and analytic data mining," Visualization '97., Proceedings , vol., no., pp.437,441, 24-24 Oct. 1997 doi:10.1109/VISUAL.1997.663916

15) Draper, G.; Livnat, Y.; Riesenfeld, R.F., "A Survey of Radial Methods for Information Visualization," Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on , vol.15, no.5, pp.759,776, Sept.-Oct. 2009 doi:10.1109/TVCG.2009.23

아래 <그림 5>은 앞서 언급한 ‘Force-Directed’ 기반의 네트워크 그래프로써 2011년까지 총 투표결과의 유사도 관계를 보여주고 있다. <그림 6>는 미국(USA)을 중심으로 다른 국가들과의 2011년까지 총 투표결과의 유사도를 나타내고 있는 방사형 뷰(Radial View)이며 여러 국가들 중 독일(DEU)과 러시아(RUS)가 하이라이트 되어 있는 상태이다. 방사형 뷰의 국가 배치는 기본 값인 알파벳순으로 배치하였다.



<그림 5> 2011년까지의 UN투표결과에 따른 네트워크 그래프



<그림 6> 2011년까지의 UN투표결과에 따른 방사형 뷰(Radial View)의 미국을 에고(Ego)으로 한 독일(DEU)과 러시아(RUS)

<그림 6>의 방사형 뷰에서는 독일과 미국의 유사도가 독일과 러시아의 유사도보다 높게 나왔지만 <그림 5>의 네트워크 그래프에서는 그 반대의 결과를 보이고 있다. 이러한 결과는 네트워크 그래프의 특징 상 모든 노드가 인력과 척력(Force)을 받기 때문에 “러시아와 관계를 이루고 있는 주변 국가”와 “미국”의 유사도가 “독일과 관계를 이루고 있는 주변 국가”와 “미국”의 유사도 보다 높아서 생긴 왜곡된 결과라 할 수 있다. 또한 네트워크 그래프에서는 발견할 수 없었던 유럽국가(주황색)들이 대체적으로 미국과 유사한 투표를 한다는 점에 대해서도 추가적으로 발견할 수 있었다. 이처럼

개별 노드를 중심으로 한 시각화에서는 기존의 방법으로는 확인하기 힘들거나 확인할 수 없었던 사실들의 발견이 가능하다.

다만 위의 두 시각화는 모두 하나의 특정 시점을 나타내는 시각화로써 해당 시점의 유사도만 확인할 수 있다. 본 시각화에서 사용한 데이터는 시간에 따라 누적되는 유사도 데이터이기 때문에 특정 시점의 단면 데이터를 확인하는 것도 중요하지만 단면과 시계열 전체의 흐름을 확인하고 비교 분석하는 것은 더욱 의미가 있다. 이를 위한 유사도 변화의 추이를 확인하기 위해서는 또 다른 방식의 시각화 고안이 필요하다.

3-4. 시계열 유사도 시각화

3-4-1. 목적 및 방법론

시간의 흐름에 따른 관계 거리 변화의 추이를 확인하기 위해서는 시간의 변화에 따른 관계 값을 모두 나타내어야 한다. 방사형 뷰 혹은 네트워크 그래프 방식의 시각화에서 시간의 변화에 따른 모든 관계 값을 표시할 경우, 한 두 개의 노드는 확인이 가능하더라도 일정 수 이상의 노드를 모두 표현할 시 데이터 분석에 어려움이 발생한다. 위에서 언급한 Gapminder에서도 이러한 현상을 확인할 수 있었는데 3개 이상의 노드를 선택 시 다른 노드 혹은 다른 노드의 자취(Trace)를 가리는 현상이 발생했다.

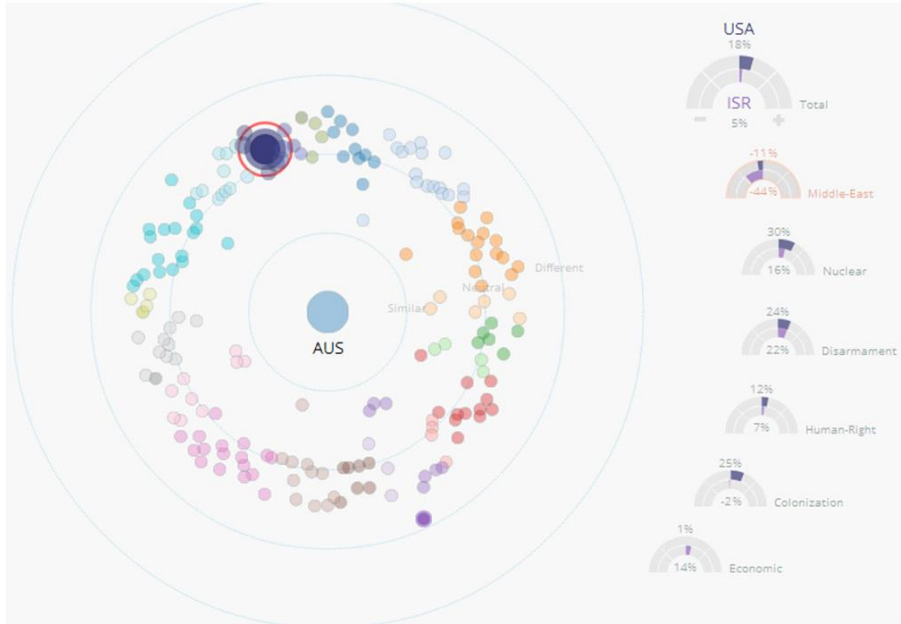
Tarik Crnovrsanin, Chris Muelder, Carlos Correa, Kwan-Liu Ma의 “Proximity-based Visualization of Movement Trace Data”에서는 특정 공간 내에서 사람들의 움직임의 자취(Trace) 및 패턴을 보기 위하여 ‘Proximity’를 기반으로 한 시각화를 제작하였다.¹⁶⁾ 해당 시각화에서는 시간을 X축으로 두었으며 Y축을 폭파로부터의 거리를 나타내는 ‘Proximity’값을 나타내고 있으며, 시간의 따른 ‘Proximity’값 변화 추이를 확인함으로써 사람들의 행동 변화를 추측할 수 있다.

본 연구에서는 시간에 따른 유사도 변화의 추이를 확인하기 위해 X축을 시간으로, Y축을 유사도 값으로 하는 선형 그래프 형태의 시계열 뷰(Stream View)를 제작하였다. Y축은 1에서 -1의 범위를 가지며 그래프 상단은 유사(Similar)를 의미하며 중단은 중립(Neutral) 하단은 상이(Different)를 뜻한다. 모든 유사도의 시작은 0(중립)에서 시작하기 때문에 그래프 중심을 기점으로 뻗어 나가는 형태를 취한다. 국가가 첫 투표를 한 시점부터 그래프가 그려지기 시작하며 에고(Ego) 노드가 투표를 하지 않았다면 중립을 유지하다가 에고의 첫 투표시점부터 유사도 값을 반영하여 그린다.

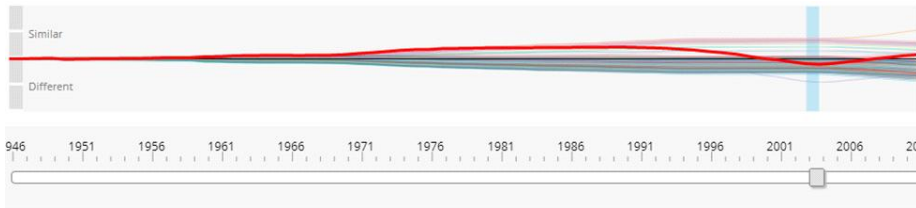
3-4-2. 시각화

<그림 7>은 호주를 중심으로 2003년 중동(Middle-East) 안전에 대한 다른 국가들의 유사도를 나타낸 방사형 뷰이며, 호주와 미국과의 중동 안전에 대한 유사도는 약간 상이하다는 결과 외에 별 다른 결과를 찾을 수 없다. <그림 8>은 호주를 중심으로 중동 안전에 대한 다른 국가들의 유사도를 나타낸 시계열 뷰이다. 이 시각화에서 미국의 호주에 대한 중동 안전에 대한 유사도가 1991년도부터 점차 감소하다가 2003년을 기점으로 상승하게 되는 것을 볼 수 있는데, 2003년 호주가 미국의 이라크 침공 시 파병을 지원한 것과 12월경 미국의 M.D.(Missile Defence)에 공식적 참가한 것을 확인하였다. 이처럼 방사형 뷰만으로는 확인할 수 없었던 사실을 시계열 뷰를 통해 확인함으로써 유사도 변화의 추이를 통해 특정 시점의 사건들이 유사도의 변화를 가져올 수 있다는 사실이 증명되었다.

16) Crnovrsanin, Tarik and Muelder, Chris and Correa, Carlos D. and Ma, Kwan-Liu. Proximity-based visualization of movement trace data. . IEEE VAST. 11-18, IEEE, Year 2009.



〈그림 7〉 호주를 중심으로 한 2003년 미국과 이스라엘이 하이라이트 된 방사형 View



〈그림 8〉 호주를 중심으로 한 미국이 하이라이트 된 시계열 View

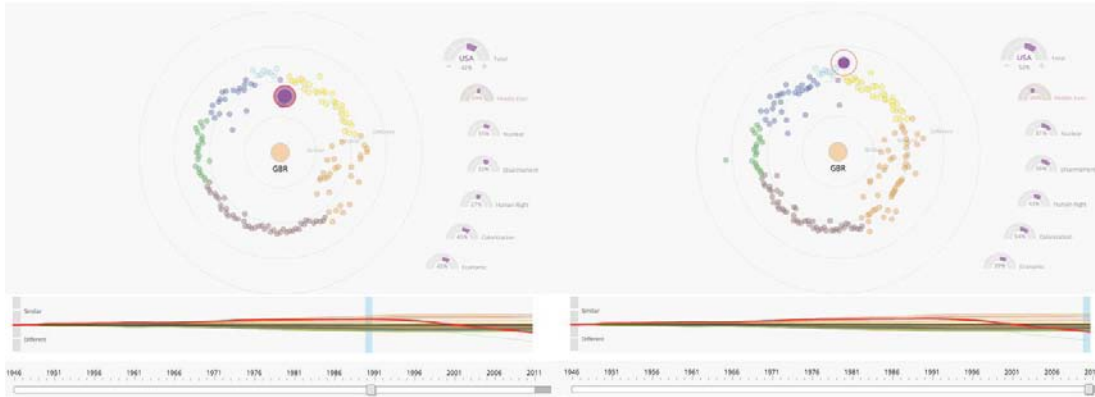
3-5. Proximity based Circular 시각화

3-5-1. 배경 및 방법론

Proximity based Circular 시각화는 방사형 뷰와 시계열 뷰는 각각 고유의 목적을 가지고 제작되었다. Proximity는 두 국가 간의 의견을 비교한 뒤 가중치와 부호를 가진(weighted, signed) value로 표현하여 누적시킨 값을 말한다. 예를 들어 두 국가가 1번째부터 1,000번째 법안까지 투표를 했다고 가정할 때 두 국가 간의 proximity는 1번째부터 1000번째까지의 일치된 의견(Identical voting) 및 상반된 의견(Opposite voting)을 각각 비교하여 가중치와 부호를 가진 value로 표현한 뒤, 그 value값들을 모두 더한 값이 된다. Galileo Mark Namata , Lise Getoor , Brian Staats , Ben Shneiderman의 “A Dual-View Approach to Interactive Network Visualization”라는 연구에서는 단일 시각화(Single View)로 보여줄 수 있는 한계점을 극복하기 위해서 다중 시각화(Multiple Coordinate Views)를 사용하였다.¹⁷⁾ 서로 다른 양상의 여러 시각화를 동시에 보여줌으로써 사용자들에게 데이터를 분석함에 있어 새로운 통찰력을 부여하였다는 점이 특징이다. 본 연구의 최종적인 시각화는 Proximity based Circular 시각화로 방사형 시각화 및 시계열 유사도 시각화를 결합한 시각화를 뜻한다.

17) Galileo Mark Namata, Brian Staats, Lise Getoor, and Ben Shneiderman. 2007. A dual-view approach to interactive network visualization. In Proceedings of the sixteenth ACM conference on Conference on information and knowledge management (CIKM '07). ACM, New York, NY, USA, 939-942. DOI=10.1145/1321440.1321580 <http://doi.acm.org/10.1145/1321440.1321580>

3-5-2. 시각화



〈그림 9〉 독일을 기준으로한 중동지역 안건의, 미국이 하이라이트 된 Proximity based Circular 시각화 1991년 기준(좌) 2011년 기준(우)

Proximity based Circular 시각화는 유사도의 흐름과 특정 시점을 동시에 보기 위해 제작되었으며 시계열 뷰를 사용함으로써 이 문제를 해결할 수 있다. 〈그림 9〉는 독일을 기준으로 중동지역 안건에 대한 미국이 하이라이트 되어있는 그래프이다. Proximity based Circular 시각화 하단의 시계열 뷰를 보게 되면 독일(GBR)과 미국(USA)의 중동지역 안건에 대한 투표유사도는 지속적으로 증가하다가 특정시점 이후부터 감소세에 들어서며 2011년에는 상이한 투표를 하는 것을 볼 수 있다. 유사도가 감소세로 바뀐 시점은 1991년이며 해당연도에는 걸프전이 발발한 시기와 일치하며, 방사형 뷰를 통해 걸프전 이후 독일(GBR)은 미국(USA)의 중동지역 안건에 대해서만 상이한 투표 성향을 보인다는 것을 알 수 있다.

4. 인터랙션

4-1. 타임 슬라이더

UN총회 투표는 1946년부터 2012년까지 67년의 기간 동안의 시계열 데이터이기 때문에 하나의 그래프가 아닌 여러 개의 연속적인 그래프로 구현된다. 타임 슬라이더는 이러한 시계열의 특징을 가지는 그래프를 다루는데 적합하며 대표적으로 Gapmainder를¹⁸⁾ 비롯한 많은 시각화에서 사용된다.

4-2. 하이라이트

사회 연결망 그래프를 분석할 때, 경우에 따라 특정 국가 또는 커뮤니티에 초점을 맞추어야 할 필요가 있다. 시계열 그래프의 경우 그래프가 전환될 때 해당 노드를 놓치는 경우가 생길 수 있다. 하이라이트 기능은 이러한 문제를 보완해 줄 수 있다. 본 연구의 시각화 결과물에서는 다음과 같은 세 가지의 하이라이트 방식이 있다.

4-2-1. 일시적 하이라이트

일시적 하이라이트는 노드에 마우스를 오버(Mouse-Over)하였을 때 이루어진다. 마우스가 노드를 벗어나면 하이라이트 효과는 사라지며, 선택적 하이라이트 기능과 달리 하이라이트 된 국가의 상세 정보가 표시된다. 〈그림 10〉(좌)는 일시적 하이라이트의 예시이다.

18) H Rosling - GapMinder Foundation <http://www.gapminder.org>, 2009

4-2-2. 선택적 하이라이트

선택적 하이라이트는 지속적으로 하이라이트 효과를 주고 싶은 국가를 클릭하는 기능으로, 하나 이

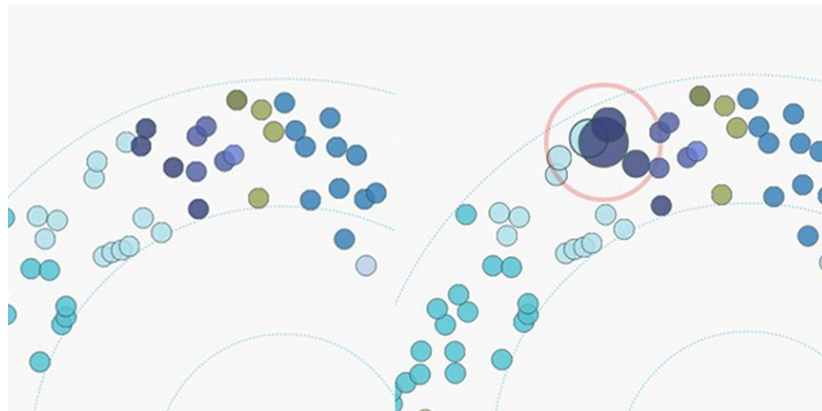


〈그림 10〉 일시적 하이라이트로 중국을 선택한 결과(좌)와 선택적 하이라이트로 영국과 캐나다를 선택한 결과(우)

상의 국가를 그래프 기간의 변화에 상관없이 하이라이트를 지속시킴으로써 그래프가 전환되어도 선택된 국가의 위치를 바로 알 수 있다. 〈그림 10〉(우)는 선택적 하이라이트의 예시이다.

4-2-3. 어안렌즈 하이라이트

Proximity based Circular 시각화의 어안렌즈(Fisheye Lens) 하이라이트는 다수의 노드가 분포되어



〈그림 11〉 어안렌즈가 적용되지 않은 모습(좌)과 어안렌즈가 적용된 모습(우)

겹쳐 있을 때 노드의 선택을 용이하게 하는 기능으로, 마우스의 일정 범위 내에 노드가 들어오게 되면 노드의 크기를 마우스 포인터와의 거리에 따라 변화시킨다. 〈그림 11〉은 어안렌즈 하이라이트의 예시이다.

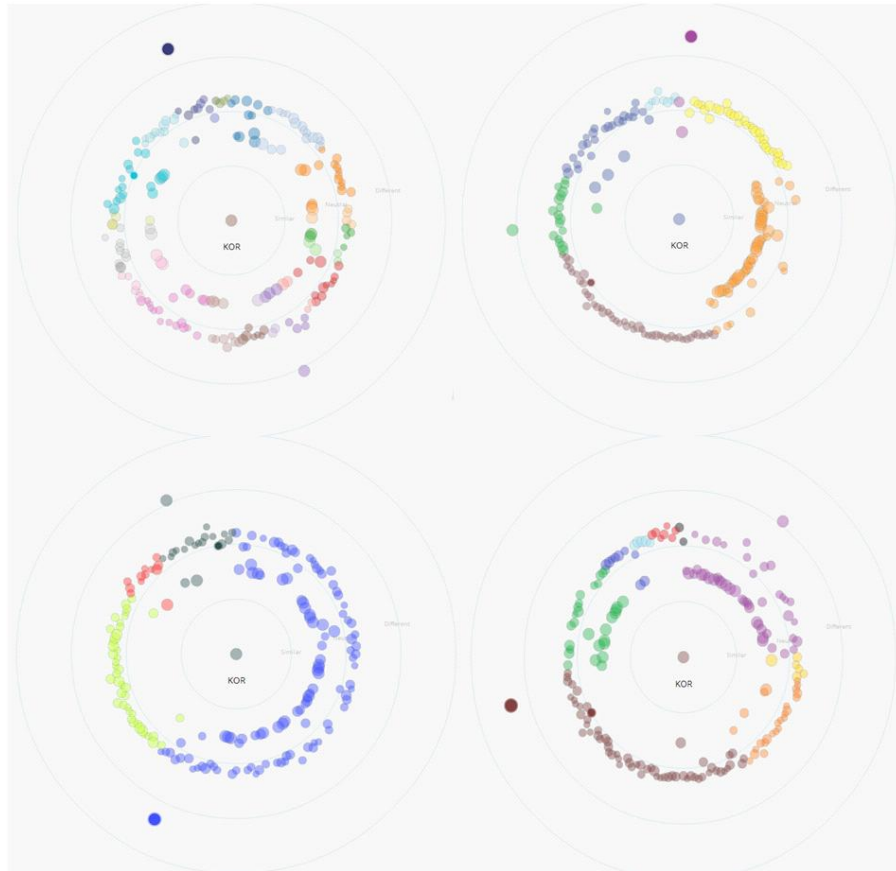
4-3. 레이아웃

UN총회 회원국들의 투표데이터를 이용하여 네트워크를 분석하기 위해서는, 네트워크 자체의 시각화를 해석하는 것도 중요하지만 노드들의 레이아웃 조건이 변함에 따라 시각적으로 다르게 해석할 수 있는 요소 또한 중요하다.

따라서 본 연구에서는 노드의 레이아웃을 변형시키기 위해 노드를 나누는 기준을 알파벳(Alphabet), 대륙(Region), 주요 종교(Religion), 정부 체제(Government System)등으로 나누고, 각각의 기준에

따라서 고유색을 부여하였다.

본 연구의 Proximity based Circular 시각화는 특정 국가를 중심으로 다른 국가의 관계를 방사형 구조로 구현함으로써, 노드를 분류하는 기준 및 노드의 색상 등과 같은 레이아웃의 변화에 따라 서로 다른 시각화 해석이 가능하다는 것을 알 수 있다.



〈그림 12〉 좌측 위에서 시계방향으로 알파벳 정렬, 대륙 정렬, 종교정렬, 정부 체제 정렬

〈그림12〉의 예시를 보면 중심국가인 한국(KOR)을 기준으로 알파벳 정렬(Alphabet Sorting)을 했을 때(좌측 위) 투표 성향이 유사한 국가(중심으로부터 거리가 가까운 국가)들이 어떤 국가인지 알아보기 위해서는 특정 노드의 국가를 일일이 확인해야한다. 그러나 대륙 정렬(Region Sorting)을 했을 때(우측 위) 대부분의 유럽 국가(주황색 노드)가 한국(KOR)과 투표 성향이 같다는 것을 쉽게 해석할 수 있다. 이 밖에도 종교 정렬(Religion Sorting)을 했을 때(좌측 아래) 투표 성향이 유사한 유럽 국가가 대부분 기독교(Christian, 파란색 노드)임을 해석할 수 있고, 정부 체제 정렬(Government System Sorting)을 했을 때(우측 아래) 의회 공화제(Parliamentary republic, 보라색 노드) 및 군주제(Parliamentary Constitutional Monarchies, 초록색 노드)가 투표 성향이 유사함을 알 수 있다.

5. 그래프 비교 실험

5-1. 자료수집 및 표본설정

본 연구에서는 기존의 네트워크 그래프 시각화와 Proximity based Circular 시각화에 대한 비교

분석을 시행하고 이를 통해 각 그래프의 장점과 단점을 도출하고 상호 보완 할 점을 찾고자 하였다. 실험은 각각의 시각화 기능에 대한 문항으로 구성된 설문지 실험으로 척도는 리커트 7점 척도를 사용하였으며, 자료의 수집기간은 2015년 3월 16일부터 3월 20일까지 5일간이었다. 실험 대상은 시각화 분야에 대한 지식을 지니고 현재 데이터 시각화 분야를 공부중인 대학교 학생들을 표본으로 설정하였으며 총 50명을 대상으로 실험을 하였다. 이 중에서도 데이터가 누락되거나 설문 문항에 성실히 응답하지 않은 20부를 제외하고 30부의 설문 데이터를 최종 자료로 사용하였다.

5-2. 신뢰도 분석

측정도구를 통해 얻은 데이터를 분석하기에 앞서 측정도구의 신뢰성(Reliability)을 검증하기 위해 신뢰도 분석(Reliability Analysis)을 실시하였다.

신뢰도 분석은 문항 간 내적 일관성(Internal Consistency)을 측정하는 방법으로 크론바하 알파(Cronbach's α)계수를 사용하여 이를 파악한다. 크론바하 알파 계수는 0에서 1의 값을 가지며 1에 가까울수록 문항의 신뢰도가 높다고 할 수 있다. 일반적으로 0.6이상의 값을 가지면 신뢰성이 있다고 하며 개별항목들을 하나의 척도로 종합하여 분석하는 것이 특징이라고 할 수 있다.

최종 측정 데이터를 활용하여 신뢰도 분석을 실시한 결과는 <표1> 과 같다.

<표 1> 신뢰도 분석 결과

요인	문항 내용	크론바하 (Network)	크론바하 (Circle-Proximity)	전체 크론바하
Patterns	1. 하나의 국가를 중심으로 다른 국가와의 유사성이 느껴진다.	.649	.667	.684
	2. 시간이 흐름에 하나의 국가를 중심으로 다른 국가와의 유사성이 느껴진다.	.675	.705	
Details	3. 시간이 흐름에 따라 UN 가입국의 수가 늘어나는 것이 느껴진다.	.683	.686	
	4. 시간이 흐름에 따라 선택 국가를 찾는 것이 수월하다.	.692	.685	
	5. 시간이 흐름에 따라 투표 성향이 변하는 지점을 파악할 수 있다.	.705	.696	
Overview	6. 안건이 변함에 따라 하나의 국가를 중심으로 다른 나라의 투표 성향이 변하는 것이 느껴진다.	.683	.696	
	7. 노드가 위치한 지점의 의미를 파악하기 쉽다.	.684	.687	
	8. 여러 국가 간의 관계를 전반적으로 파악하기에 효율적이다.	.677	.673	
Groups	9. 성향이 비슷한 나라끼리 군집이 형성되는 것을 확인 할 수 있다.	.675	.661	
	10. 색상을 부여하는 기준이 변함에 따라 하나의 국가를 중심으로 다른 국가와의 유사성이 느껴진다.	.701	.666	

신뢰도 분석결과 각 항목들의 크론바하 알파(Cronbach's α)계수 값은 최솟값 0.649(네트워크 그래프 1번), 최댓값 0.705(네트워크 그래프 5번, Proximity based Circular 시각화 2번)이었다. 또한 모든 항목에 대한 크론바하 알파 값이 0.6이상이므로 전체 문항 중 신뢰성에 음의 영향을 미치는 항목은 없고 모든 항목에 대한 내적 일관성이 높고 따라서 신뢰도가 높다고 할 수 있다.

5-3. 집단 별 평균비교

평균 비교는 독립표본 T검정(Independence T-test)을 실시하였는데 독립표본 T검정이란 두 집단이 각각 $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ 과 $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ 인 정규분포를 따르고 서로 독립이라는 가정 하에 두 집단 간 모평균에 차이가 있는지를 검정한다. 본 연구에서는 데이터의 정제 과정을 통해 최종적으로 30부의 설문 데이터를 사용하였으며 이는 중심 극한 정리에 의해 정규 분포를 가정하며 실험에 참여한 두 집단이 독립임을 가정하고 평균 비교를 시행하였다.

두 그래프에 대해 집단을 나누고 실험을 한 결과를 평균비교로 분석한 결과는 <표2> 과 같다.

<표 2> 독립표본 T-test 분석 결과

문항	P-value	등분산 가정	T-value	P-value	대립가설 채택여부
4_1 * 5_1	0.7528	등분산	-0.5063	0.6145	기각
4_2 * 5_2	0.946	등분산	0.9592	0.3414	기각
4_3 * 5_3	0.782	등분산	-1.3165	0.1932	기각
4_4 * 5_4	0.1175	등분산	-7.2924	0.000000009455**	채택**
4_5 * 5_5	0.4056	등분산	1.8591	0.06809*	채택*
4_6 * 5_6	0.06863*	이분산	-0.8322	0.4091	기각
4_7 * 5_7	0.209	등분산	-2.9039	0.005207**	채택**
4_8 * 5_8	0.5003	등분산	2.5304	0.01413**	채택**
4_9 * 5_9	0.005823**	이분산	3.389	0.001428**	채택**
4_10 * 5_10	0.4043	등분산	-1.8263	0.07296*	채택*

(* : 90%신뢰수준, ** : 95%신뢰수준)

Proximity based Circular 시각화 집단과 네트워크 그래프(Network Graph)시각화 집단에 대해 평균비교 분석(Independence T-test)을 실시한 결과, 문항4(시간이 흐름에 따라 선택 국가를 찾는 것이 수월하다.)와 문항5(시간이 흐름에 따라 투표 성향이 변하는 지점을 파악할 수 있다.), 문항7(노드가 위치한 지점의 의미를 파악하기 쉽다.), 문항8(여러 국가 간의 관계를 전반적으로 파악하기에 효율적이다.), 문항9(성향이 비슷한 나라끼리 군집이 형성되는 것을 확인 할 수 있다.), 문항10(색상을 부여하는 기준이 변함에 따라 하나의 국가를 중심으로 다른 국가와의 유사성이 느껴진다.)에서 유의한 차이가 있다는 결과가 나왔다.

아래의 <표3>은 대립가설을 채택한 문항에 대한 세부 사항이다.

<표 3> 대립 가설을 채택하는 문항의 세부 사항

문항	95% confidence	Network	Proximity based Circular
4_4 * 5_4	-3.016302 < μ < -1.717031	2.966667	5.333333
4_5 * 5_5	0.06389136 < μ < 1.20277530	4.300000	3.666667
4_7 * 5_7	-1.7456421 < μ < -0.3210246	2.700000	3.733333
4_8 * 5_8	0.2019721 < μ < 1.7313613	4.500000	3.533333
4_9 * 5_9	0.5147661 < μ < 2.0185672	5.433333	4.166667
4_10 * 5_10	-1.39738048 < μ < 0.06404715	4.366667	5.033333

시간의 흐름에 따라 노드를 찾는 게 수월한지를 묻는 문항4와 노드가 위치한 지점의 의미 파악이 수월한지를 묻는 문항7, 색상을 부여하는 기준에 따른 국가 간의 유사성이 느껴지는 지를 묻는 문항 10의 경우 Proximity based Circular 시각화가 네트워크 그래프(Network Graph)시각화보다 적합하다는 결과가 나왔고, 시간의 흐름에 따라 각 국가의 투표 성향이 변하는 지점을 찾는 것이 수월한지를 묻는 문항 5, 국가 간 관계를 전반적으로 파악하는 것이 수월한지를 묻는 문항8, 투표 성향에 따

라 나라들이 균집을 잘 이루는지를 묻는 문항9의 경우 Network Graph가 Circular Graph보다 적합하다는 결과가 나왔다.

이를 통해 개별 노드에 대한 해석은 Proximity based Circular 시각화가 네트워크 그래프(Network Graph)시각화에 비해 더 적합하다고 할 수 있으며, 여러 국가 간의 관계에 대한 해석은 네트워크 그래프(Network Graph)시각화가 Proximity based Circular 시각화에 비해 더 적합하다고 할 수 있는 결과이다.

따라서 데이터 간의 성향이나 추세에 따른 변화를 비교 분석 하고자 할 때 네트워크 그래프(Network Graph)시각화만을 사용하여 분석하기 보다는 Proximity based Circular 시각화를 병행하여 사용하는 것이 데이터 분석에 도움이 된다고 할 수 있다.

6. 결론 및 제안

본 연구에서 사용된 UN 투표데이터는 국가 간의 이해관계나 정치적 성향을 반영하는 지표로써 이를 활용한 수많은 연구들이 진행되어 왔다.¹⁹⁾ 하지만 유엔 투표데이터는 2012년까지 총 5211건의 총회를 통해 축적된 방대한 데이터이기 때문에 하나의 국가 또는 커뮤니티를 중심으로만 연구가 진행되었다는 한계가 있었다. 따라서 본 연구에서는 투표에 참여한 국가들 간의 관계를 다양한 관점에서 분석할 수 있는 시각화 및 인터렉션 방안을 제안함으로써 방대한 양의 네트워크 관계를 파악하고자 하였다. 또한 Proximity based Circular 시각화와 네트워크 그래프(Network Graph)시각화에 대한 비교 분석을 실시함으로써 각 시각화의 상호 보완점을 도출하고자 하였다. 본 연구의 결과가 의미하는 바는 다음과 같다.

첫째, 노드 간의 관계를 알아보는 가장 일반적인 방법인 네트워크 그래프(Network Graph)시각화는 사회 연결망 그래프라는 관점으로 볼 때 한 국가를 중심으로 다른 국가와의 관계를 파악하는 데 한계가 있다.

둘째, 네트워크 그래프 시각화에서 생길 수 있는 오류를 방지하기 위해 고안된 Proximity based Circular 시각화는 방사형 그래프와 라인 그래프를 동시에 사용함으로써 특정 시점과 연속적인 흐름을 동시에 비교할 수 있고 이를 통해 네트워크 그래프 시각화로 확인하기 어려웠던 국가 간의 유사도 추이를 확인할 수 있었다.

마지막으로 Proximity based Circular 시각화와 네트워크 그래프(Network Graph)시각화에 대한 비교 분석을 실시한 결과, Proximity based Circular 시각화는 네트워크 그래프(Network Graph)시각화에 비해 개별 노드에 대한 해석이 용이하며 네트워크 그래프(Network Graph)시각화는 Proximity based Circular 시각화에 비해 여러 국가 간의 관계에 대한 해석이 더 적합하다고 할 수 있다는 결론을 도출하였다.

따라서 방대한 양의 정보를 가진 데이터를 집단 간 비교 분석을 시행 할 때 네트워크 그래프(Network Graph)시각화만을 사용하여 분석하는 것보다 Proximity based Circular 시각화도 병행하여 사용하여야 두 시각화가 가지는 단점에 대한 상호 보완이 가능하며 정확한 데이터 분석에 도움이 된다고 할 수 있다.

19) Hanna Newcombe, Michael Ross and Alan G. Newcombe (1970). United Nations Voting Patterns. International Organization, 24, pp 100-121. doi:10.1017/S0020818300017422.

참고문헌

논문

- Beauguitte, Laurent. "Looking for European Union in the Word-System: a multi-graph approach." European Regional Science Association Conference, 2010, pp8-9.
- Peter A. Gloor, Rob Laubacher, Scott B. C. Dynes, and Yan Zhao. 2003. Visualization of Communication Patterns in Collaborative Innovation Networks - Analysis of Some W3C Working Groups. In Proceedings of the twelfth international conference on Information and knowledge management (CIKM '03). ACM, New York, NY, USA, 56-60.
- Gabriel, H.; Spiliopoulou, M.; Stachtari, E.; Vakali, A., "Summarization Meets Visualization on Online Social Networks," Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT), 2011 IEEE/WIC/ACM International Conference on , vol.1, no., pp.475,478, 22-27 Aug. 2011
- Krystian Samp, Stefan Decker. 2010. Supporting menu design with radial layouts. ACM AVI'10, May 25-29, 2010, Rome, Italy, 978-1-4503-0076-6/10/05
- Stephan Diehl, Fabian Beck, and Michael Burch. 2010. Uncovering Strengths and Weaknesses of Radial Visualizations---an Empirical Approach. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 16, 6 (November 2010), 935-942.
- Jankun-Kelly, T. J.; Kwan-Liu Ma, "MoireGraphs: radial focus+context visualization and interaction for graphs with visual nodes," Information Visualization, 2003. INFOVIS 2003. IEEE Symposium on , vol., no., pp.59,66, 21-21
- Ivan Herman, Guy Melançon, and M. Scott Marshall. 2000. Graph Visualization and Navigation in Information Visualization: A Survey. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 6, 1 (January 2000), 24-43.
- Oh kyung hwan, 1998, A study on the set-up and application of temporal gis database - A case of landuse change in the yaksoo subway station area-, Seoul national university
- Gapminder Foundation (2010). Gapminder Trendalyzer. URL, <http://www.gapminder.org/world/>. Retrieved Feb., 2011. Robertson, G., Fernandez, R., Fisher, D., Lee, B., and Stasko, J. (2008). Effectiveness of Animation in Trend Visualization. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 14:1325-1332.
- Hoffman, P.; Grinstein, G.; Marx, K.; Grosse, I.; Stanley, E., "DNA visual and analytic data mining," Visualization '97., Proceedings , vol., no., pp.437,441, 24-24 Oct. 1997
- Draper, G.; Livnat, Y.; Riesenfeld, R.F., "A Survey of Radial Methods for Information Visualization," Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on , vol.15, no.5, pp.759,776, Sept.-Oct. 2009
- Crnovrsanin, Tarik and Muelder, Chris and Correa, Carlos D. and Ma, Kwan-Liu. Proximity-based visualization of movement trace data. . IEEE VAST. 11-18, IEEE, Year 2009.
- Galileo Mark Namata, Brian Staats, Lise Getoor, and Ben Shneiderman. 2007. A dual-view approach to interactive network visualization. In Proceedings of the sixteenth ACM conference on Conference on information and knowledge management (CIKM '07). ACM, New York, NY, USA, 939-942.
- Hanna Newcombe, Michael Ross and Alan G. Newcombe (1970). United Nations Voting Patterns. International Organization, 24, pp 100-121.

인터넷 사이트

- http://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%86%8C%EC%85%9C_%EA%B7%B8%EB%9E%98%ED%94%84
- http://en.wikipedia.org/wiki/Force-directed_graph_drawing
- http://www.ncmva.se/guide/?chapter=Visualizations§ion=Scatter%20Plot#_General
- <http://d3js.org/>
- H Rosling - GapMinder Foundation <http://www.gapminder.org>, 2009