

Rectangle Layout을 이용한 XML 기반 모바일 정보 시각화 시스템

(An XML based Mobile Information Visualization System
for Mobile Devices using Information layout Techniques)

유 희 용 † 전 서 현 ††
(Hee-yong Yoo) (Suh-hyun Cheon)

요약 본 논문은 제한된 디스플레이를 가지는 모바일 디바이스 상에서 XML로 작성된 정보를 사용자에게 효과적으로 보여주는 rectangle layout을 이용한 XML 기반의 모바일 정보 시각화 시스템을 제안한다. 먼저 트리 형태의 정보 뿐만 아니라 사이클이 존재하는 그래프 정보까지 기술하도록 XML 스키마를 정의한다. XML로 기술된 정보에 대해 디스플레이 화면상에 배치할 때, 사각형의 형태를 가지는 디스플레이 화면의 특징을 고려하여 기존 radial layout을 개선한 rectangle layout 방식을 적용한다. 그 다음 전체 정보와 사용자가 관심을 가지는 정보를 동시에 표현하기 위해 어안 뷰(fisheye view) 알고리즘의 DOI를 rectangle layout에 표현된 모든 정보에 적용한다. 또한 사용자가 새로운 관심 대상 정보를 선택하였을 때, 정보들의 화면 재배치에 따른 변화에 사용자 혼란을 줄이고 사용자의 인지력을 향상시키기 위한 방법을 모바일 디바이스의 능력을 고려하여 제안한다. 제안된 focus+context 방식의 정보 시각화 시스템은 데스크 탑에 비해 CPU 계산 능력과 디스플레이 화면, 메모리 제약이 심한 PDA, 셀룰라 폰, 스마트 폰과 같은 모바일 디바이스 상에서 정보 검색에 효과적인 인터페이스를 제공한다. 본 논문에서는 제안한 정보 시각화 시스템을 PDA 상에 구현하고 제안된 rectangle layout을 이용한 정보 시각화 방식과 기존 radial layout을 이용한 정보 시각화 방식에 다양한 조건을 적용하여 실험 및 평가를 진행한다.

키워드 : 모바일, 정보 시각화, 사용자 인터페이스

Abstract This paper proposes XML based mobile information visualization system using rectangle layout to show effectively XML based information to user on mobile devices which do not have a rich display feature.

We define XML schema that can describes information in graph with cycle as well as information in tree form. It suggests using rectangle layout method that is an improvement of the traditional method of the radial layout because the specificity of the mobile display should be considered when XML information is rendered on the screen. And then, it applies DOI of fisheye view algorithm to information on the rectangle layout to represent all and user interest information. And it also suggests an effective method considering capability of mobile devices to decrease user's confusion and improve awareness of user when a user interest target selected.

The proposed information visualization system in the form of focus+context supports an effective interface for information retrieval via mobile devices, such as PDA, cellular phone and smart phone, that usually have less power of CPU than that of PC and the constraints of display and memory. In this paper, it performs experiments and makes an evaluation comparing information visualization method between the traditional radial layout and the proposed rectangle layout.

Key words : mobile, information visualization, user interface

† 학생회원 : 동국대학교 컴퓨터공학과
yooheeyong@nate.com

†† 종신회원 : 동국대학교 컴퓨터공학과 교수
shcheon@dgu.ac.kr

논문접수 : 2005년 12월 27일

심사완료 : 2006년 7월 28일

1. 서론

최근 무선 인터넷 발전과 모바일 디바이스의 하드웨어 및 소프트웨어는 괄목할 만한 성장을 보이고 있다. 사용자는 언제 어디서나 무선 인터넷 망을 통해 자신의

이메일(e-mail)을 확인하고 원하는 정보를 검색하여 볼 수 있게 되었다. 모바일 디바이스 사용자의 다양한 요구에 비해 현재 모바일 디바이스에서 제공하는 정보와 이를 검색할 수 있는 환경은 기존 데스크 탑 방식에서 개발되어 서비스되고 있는 실정이다. 작은 디스플레이 화면을 가진 모바일 디바이스 사용자가 기존 데스크 탑에 맞춰 작성된 웹 페이지에 접속하여 정보를 얻으려 한다면 웹페이지의 일부분만 볼 수 있을 것이다. 그리고 사용자는 다른 보이지 않는 부분을 보려면 많은 스크롤링을 해야 할 것이다. 또한 모바일 디바이스 내에서는 HTML로 작성된 문서가 다양한 형태의 모바일 디바이스 브라우저에서 모든 내용이 올바르게 표현된다는 것을 보장할 수 없다. 다양한 디바이스와 운영체제를 사용하는 모바일 환경에서 정보를 서로 공유하고 이용하기 위해서는 표준화된 형식의 정보를 사용해야 한다. 현재 사용자의 요구를 충족시키며 다른 애플리케이션간의 정보 이동(migration)이 자유로운 형식의 문서를 작성하는데 XML(eXtensible Markup Language)이 적합하다. XML로 작성된 정보는 네트워크 대역폭이 작으며 느린 전송과 상대적으로 비싼 통신 이용료를 지불하는 모바일 환경에서 상호 정보 공유 시 적합한 기술 언어이다. XML로 작성된 정보는 다른 형식의 정보로 쉽게 변환이 가능하며 어떠한 스타일 시트를 적용하느냐에 따라 동일한 정보를 다양한 형태로 표현할 수 있다. 이와 같은 장점은 특정 시각화 방법을 통해 XML을 정보를 표현할 수 있는 반면 이런 특정 시각화 방법을 적용할 수 없는 환경에서는 차선책으로 XML 정보의 변환 없이 다른 방법을 통해 표현할 수 있는 장점을 가진다. 이런 XML 정보를 다양한 모바일 디바이스 사용자들에게 일관성 있는 방법과 효율적인 방식으로 정보를 표현하고 검색할 수 있도록 하기 위해 작은 디스플레이 화면에 정보를 효과적으로 배치하고 표현하는 시각화 방법을 적용해야 한다. 이런 시각화 방법은 모바일 디바이스의 특징인 느린 CPU 계산 능력, 작은 메모리 용량 등의 리소스 한계를 고려하여 수식이 비교적 간단해야 한다. 또한 사용자의 상호작용에 따른 정보들의 위치 이동과 같은 변화에서 사용자에게 혼란을 주지 않으며 사용자가 쉽게 정보 이동 모습을 인지할 수 있는 기법이 적용되어야 한다.

본 논문은 애플리케이션간의 정보 변환 없이 즉시 이용 가능하도록 XML을 이용하여 시각화 정보를 구성하고 이들 정보를 모바일 디바이스의 작은 디스플레이 화면에 효과적으로 배치하고 표현하는 정보 시각화 방법을 제안한다. 또한 사용자 상호작용에 의한 정보 재구성 시, 정보 인지력 향상 기법을 적용하여 사용자가 원하는 정보를 쉽게 검색하고 이용할 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 기존 XML의 응용에 대해 살펴보고 데스크 탑과 모바일 환경에서 개발된 정보 layout 방법과 시각화 알고리즘, 사용자 인지력 향상을 위한 관련 연구에 대해 알아본다. 3장에서는 제안된 XML 정보 구성 방법과 이를 디스플레이 화면에 배치하는 rectangle layout, 시각화 방법 그리고 사용자 인지력을 높이기 위한 방법이 적용된 XML 기반 모바일 정보 시각화 시스템을 알아본다. 4장에서는 제안된 XML 기반 모바일 정보 시각화 시스템을 실험 및 평가한다. 5장에서는 결론 및 향후 개선점에 대해 언급하고 마치고도록 한다.

2. 관련 연구

모바일 환경에서 데스크 탑에 비해 작은 메모리 용량, 좁은 네트워크 대역폭, 느린 CPU 속도, 작은 디스플레이 화면은 커다란 제약사항이다. 이런 제약사항에서 표준화된 기술언어를 사용하면 네트워크의 확장이나 새로운 종류의 디바이스 통합이 용이해진다. 이런 표준화된 기술언어로서 현재 XML 언어를 사용하여 사용자 인터페이스를 기술하고 있는 추세이다[1]. 또한 XML로 기술된 정보를 다양한 형태의 시각화 방법으로 표현하는 연구가 활발하게 진행 중이다. 특히 XML로 기술된 시각화 정보를 모바일 디바이스의 작은 디스플레이 화면에 효율적으로 보여주기 위해서는 먼저 제공된 정보 구조를 분석하여 디스플레이 화면에 배치해야 한다. 이렇게 정보 구조에 따라 디스플레이 화면에 배치된 정보에 효과적인 검색 환경을 제공하기 위해 모바일 환경을 고려한 적합한 시각화 알고리즘이 개발, 제안되고 있다. 그리고 정보 이동 시 사용자에게 효과적으로 정보 변화를 보여주기 위해 애니메이션 기법 등 다양한 정보 인지 관련 기법이 적용되고 있다. 이 장에서는 데스크 탑부터 모바일 디바이스까지 현재 개발된 정보 시각화와 관련된 연구에 대해 알아본다.

2.1 XML 정보

오늘날 XML 정보는 다양한 분야에서 다양한 형태로 사용되고 있다. 특히 인터넷 상에서 상호 애플리케이션간의 정보 교환에 유용하며 DTD나 XML 스키마를 통해 문서의 명확성을 보장하며 CSS나 XSL 등을 통해 동일한 정보를 다양한 형태로 표현이 가능하다는 점에서 XML을 이용한 정보 서비스가 증가하고 있다. 현재 모바일 환경에서도 XML의 변형으로 WML, HDML, XHTML 등을 이용하여 정보를 제공하고 있다. Nihar는 Java XML API를 이용하여 XML 파일을 생성하여 사용자에게 보여주는 시각화 브라우저를 제안하였다[2]. 그리고 XML을 이용하여 플랫폼에 독립적인 사용자 인터페이스를 기술하는 방법도 제안되고 있다[3]. 이런 특

정으로 XML은 점차 무선 인터넷 정보의 핵심 기술언어로 자리 잡고 있다.

2.2 Layout

Layout은 디스플레이 화면에서 정보의 시각적 위치를 결정하는 단계이다. 인터넷이나 데이터베이스 등에서 제공되는 정보들은 상호 연관성을 가지며 사용자들에게 제공되고 있다. 이들 정보들은 보통 계층적으로 구성되는데 대표적인 방식이 트리 구조를 이용한 표현 방법이다. 트리 구조는 그래프의 특수한 형태이고 사이클이 존재하는 그래프는 트리로 변환이 가능하다. Battista는 그래프 형태의 정보를 디스플레이 공간에 배치하는 여러가지 방법을 소개하였다. 그 중 원을 이용하여 정보를 배치하는 radial layout 방법은 트리나 그래프 정보를 디스플레이 공간에 정보 개수나 속성에 따라 효율적으로 배치하도록 도와준다[4-6]. 이런 radial layout 방식은 중앙에 루트 노드 정보가 있으며 그 주변에 일정 간격으로 떨어진 원 위에 각각의 계층 정보를 배치하여 보여주는 방식이다. 이와 같은 원을 이용한 radial layout은 디스플레이 화면 네 모서리 공간을 낭비하는 문제점을 초래하였다. 이런 문제점 보완하고자 사각형을 이용한 방법이 제안되었으나 각각 정보에 대한 배치가 있어 특별한 기준이 제시되지 않아 특정 위치에 정보가 밀집되는 단점을 보였다.

2.3 시각화 알고리즘

현재 제안된 시각화 알고리즘은 기존 데스크 탑에 대상으로 개발되었으며 이들은 다양한 방식으로 사용자에게 많은 정보와 정보들 간의 연관성을 보여주었다. 계층적인 정보 형태에 대해 여러 시각화 알고리즘이 제안되었는데 Shneiderman은 계층성을 가지는 파일 시스템을 디스플레이 화면에 분할하여 채워 넣는 방식의 트리맵(treemap)을 제안하였다. 이 방식은 전체 화면 공간을 이용한다는 장점과 사용자가 전체 정보들 간의 연관성을 파악, 이해하는데 어렵다는 단점을 가진다. 다른 정보 시각화 기법으로 전체 정보를 보여주며 사용자가 관심을 가지는 부분에 대해 상세한 정보를 보여주는 focus+context 방법이 있다. 이런 focus+context 방법의 대표적인 시각화 알고리즘으로는 쌍곡 평면(hyperbolic plane)을 이용하는 쌍곡 기하학(hyperbolic geometry) 알고리즘과 초점 정보 거리를 바탕으로 좌표 왜곡을 행하는 어안 뷰 알고리즘이 있다[7]. 쌍곡 기하학 알고리즘은 쌍곡 평면에 정보를 표현하고 이 쌍곡 평면을 원형의 표현 공간에 매핑(mapping)시킨다. 이 방법의 장점은 전체 정보들 간의 연관 관계를 보여주면서 초점 정보를 포함하여 모든 정보들 간의 이동을 애니메이션으로 표현한다. 하지만 원형에 정보를 표현함으로써 화면 네 모서리 부분이 낭비되는 단점을 가진다. 다른

방법으로 어안 뷰 알고리즘은 쌍곡 기하학 알고리즘에 비해 비교적 수식이 간단하며 계산이 빠르지만 좌표 왜곡에 의해 정보들이 디스플레이 화면 영역을 벗어나는 단점을 가진다. 정보량의 증가로 정보 시각화는 2차원에서 3차원 방식으로 발전하고 있는데 이는 많은 계산량을 요구함으로 모바일 디바이스 환경에서는 아직까지는 적절치 못하다. 하지만 현재 대부분 모바일 디바이스 시각화 방식은 기존 데스크 탑에 적용된 방식을 모바일 디바이스 특성을 고려하지 않고 적용하고 있는 실정이다. Karstens는 쌍곡 기하학 시각화 방법을 PDA상에 적용하여 정보 시각화 예를 보여 주고 있지만 실제 처리되는 정보량과 처리 속도가 사용자가 만족할 수 있는 지에 대해 언급하지 않았다. 대부분 현재 모바일 디바이스에서 처리하는 방식은 카테고리로 분류하여 하나의 카테고리를 선택하면 하위 카테고리로 이동하는 형식으로 정보 검색 방식을 제안하고 있는 실정이다.

2.4 사용자 인지력 향상 기법

사용자에게 정보를 효과적으로 제공하고 인지력을 높이고자 여러 다양한 기법이 사용되고 있다. 특히 사용자 상호작용에 의한 정보 재구성 시, 사용자의 정보 변화 인지력을 높이기 위해 애니메이션 효과를 제공하고 있다. John Lamping은 쌍곡 기하학 알고리즘을 적용하여 정보를 디스플레이 화면에 재구성 할 때 애니메이션 효과를 적용하였다. Munzner는 쌍곡 기하학 알고리즘을 3차원 공간으로 적용하였으며 이를 고려하여 애니메이션 기법을 적용하였다[8]. 다른 시각화 방법인 콘트리(Cone Tree)와 퍼스펙티브 월(Perspective Wall)도 사용자가 정보 트랙킹(tracking)하는 것을 돕기 위해 3차원 애니메이션 효과를 적용하고 있다. 애니메이션 효과를 좀 더 극대화하고자 Ka-Ping Yee는 슬로우인(slow-in), 슬로우아웃(slow-out) 타이밍 개념을 도입하였다. 또한 정보들 간의 layout 변경 시 간선의 교차를 줄이고자 orientation 방법과 ordering 방법 그리고 transition path 개념을 도입하였다.

3. 모바일 정보 시각화 시스템

다양한 모바일 플랫폼에서 정보 변환 없이 공유하고 표현할 수 있는 형태로 정보가 제공되며, 데스크 탑에 비해 느린 계산 능력, 작은 메모리 용량, 제한된 디스플레이 화면을 가지는 모바일 디바이스 상에서 사용자에게 정보를 효과적으로 제공하기 위해 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다.

첫째, 명확한 정보 구조를 가지며 특정 플랫폼에 국한되지 않고 모바일 환경에 적합한 정보 형태로 구성되어야 한다.

둘째, 제한된 디스플레이 화면을 효율적으로 이용할

수 있는 layout 방식을 사용해야 한다.

셋째, 데스크 탑에 비해 모바일 디바이스의 CPU의 느린 정보 처리 능력, 제한된 메모리 용량 등을 고려한 시각화 알고리즘을 적용해야 한다.

넷째, 사용자 상호작용에 따른 정보 재구성 시 사용자 정보 변화 인지력을 높이기 위한 방법이 제공되어야 한다.

3.1 전체 구성

본 논문에서 제안한 정보 시각화 시스템은 앞서 언급된 요구사항을 고려하여 모바일 디바이스 상에 구현한다. 본 논문에서 제안한 XML 기반 모바일 정보 시각화 시스템에서는 다음 그림 1과 같은 절차로 진행된다. 먼저 XML 정보를 분석하는 파싱(parsing) 단계를 거친다. 파싱된 정보는 화면에 효과적으로 표현하기 위한 화면에 정보 배치하는 단계, 배치된 정보에 대해 정보 크기를 결정하는 단계를 거친다. 그리고 사용자 상호작용에 따라 정보는 재배치되고 정보 크기가 재결정 된다.

3.2 XML 정보

모바일 정보 시각화 시스템의 입력으로 사용될 데이터는 XML로 기술된다. XML로 기술되는 정보는 계층 구조의 트리 정보와 사이클을 가지는 그래프 정보를 모두 기술할 수 있도록 한다. 먼저 트리와 그래프 정보를 모두 기술할 수 있는 XML 스키마를 작성한다. 다음 그림 2는 제안된 XML 스키마 일부를 보여준다.

이렇게 구성된 XML 스키마를 바탕으로 XML 정보를 작성한다. 작성된 XML 정보 일부는 다음 그림 3

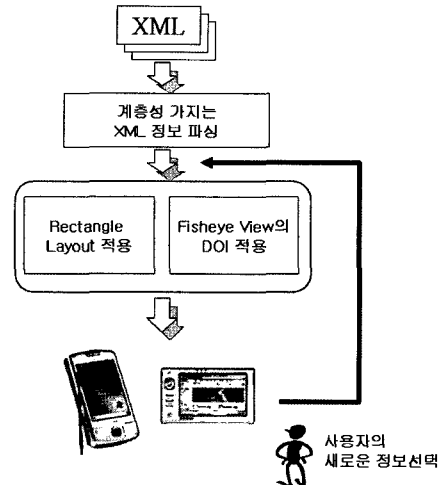


그림 1 XML 기반 모바일 정보 시각화 시스템

처럼 표현되며, 여기서 표현된 XML 정보는 트리 형태의 정보이다. 이 트리 형태의 XML 정보는 실제 실험에 사용된 정보이다.

먼저 제공되는 XML 정보는 <MobileRootNode>요소(element)의 radial_sequential 속성(property) 값을 통해 트리 정보인지 그래프 정보인지 구분하게 된다. 그리고 화면에 배치되는 각 노드 정보는 <MobileNode> 요소를 통해 기술되는데 이 요소의 속성 값 pnode는 현재 자신의 부모 노드를 가리키며 node는 고유 노드 번호를

```

<xsd:element name="MobileData">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="MobileRootNode" minOccurs="1" maxOccurs="1" />
      <xsd:element ref="MobileNode" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>
    
```

그림 2 제안된 XML 정보의 스키마

```

<MobileRootNode radial_sequential="1">정보 구별 노드 </MobileRootNode>
<MobileNode pnode="-1" node="0"> 루트 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="0" node="1"> 첫번째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="0" node="2"> 두번째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="0" node="3"> 세번째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="0" node="4"> 네번째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="0" node="5"> 다섯번째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="1" node="6"> 여섯번째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="1" node="7"> 일곱번째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="1" node="8"> 여덟번째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="1" node="9"> 아홉째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="2" node="10"> 열번째 노드 </MobileNode>
<MobileNode pnode="3" node="11"> 열한번째 노드 </MobileNode>
    
```

그림 3 트리 형태의 XML 정보 일부만 모습

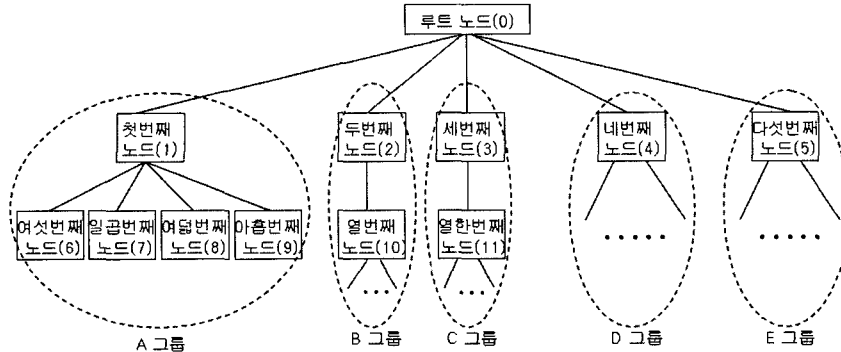


그림 4 그림 3의 파싱된 XML 정보의 일반적인 트리 표현

나타낸다. pnode가 -1값을 가지는 요소의 노드 정보는 루트 정보를 의미한다. 이렇게 표현된 XML 정보는 디스플레이 화면에 표현하기 위해 파싱 절차를 거치게 된다. 그림 3에 대해 파싱한 XML 정보를 일반 트리 표현 방식으로 나타내면 그림 4와 같이 표현할 수 있다.

3.3 파싱된 정보의 Rectangle Layout 배치

정보를 화면에 표현하는 제안된 정보 시각화 방법은 크게 2 단계를 거친다. 첫째, 디스플레이 화면에 정보를 배치하는 과정과 둘째, 배치된 모든 정보에 대한 정보 크기를 결정하는 단계를 따른다. 먼저 정보를 디스플레이 화면에 배치하는 단계에서 본 논문에서는 기존 원을 이용한 radial layout을 개선한 사각형을 이용한 rectangle layout을 적용한다. 적용된 rectangle layout 방식은 트리에서 루트를 제외한 각 서브 트리의 노드 정보 개수를 적용하여 디스플레이 화면을 분배하여 특정 부분에 정보가 집중적으로 표현되는 문제를 해결한다.

파싱 단계를 거친 XML 정보는 먼저 rectangle layout에 배치되기 전에 앞서 파싱 단계에서 얻어진 <MobileRootNode>요소의 radial_sequential의 속성 값을 통해 현재 제공된 정보 형태가 트리인지 그래프인지 검사를 한다. 만약 그래프 정보가 제공되었다면 rectangle layout상에 정보 배치에 앞서 BFS(Breadth First Traversal) 알고리즘을 사용하여 트리 형태로 변환을 한다. 그 다음 사각형을 이용한 제안된 rectangle layout 알고리즘을 적용한다.

본 논문에서 적용한 rectangle layout 방식은 radial layout 알고리즘을 보완한 방식으로 원이 아닌 사각형에 정보를 배치함으로 이를 위한 계산 보정이 필요하다. 그림 5의 좌측 이미지는 원을 이용한 배치 방법을 변형하여 사각형 위에 정보를 배치하기 위한 좌표 계산에 관해 설명하고 있다. 다음 수식은 사각형 위에 정보를 배치하기 위해 사용된 수식이다.

$$g = r^2 / d$$

$$B_x = C_x + \cos(\text{할당된 각도} * 3.14/180) * g$$

$$B_y = C_y + \sin(\text{할당된 각도} * 3.14/180) * g$$

먼저 닳은꼴 삼각형을 이용하여 중앙 루트 정보 C에서 원 위에 있는 정보 A와 사각형 위에 있는 정보 B간의 거리 비를 이용하여 거리 g를 구한다. 이 정보는 정보 B 좌표를 구하는데 사용된다. 두 번째 수식에서 Cx와 Cy는 화면 중앙 루트 정보 좌표를 나타내며 Bx, By는 실제 사각형 위의 각각 정보 좌표를 나타낸다. 또한 할당된 각도는 각 서브 트리에 존재하는 정보 개수에 따라 결정되는데 서브 트리 내 정보 개수가 많으면 할당된 각도가 커서 많은 디스플레이 화면 공간을 얻게 된다. 그림 5의 우측 이미지는 서브 트리 내 정보 개수에 따라 할당 받는 화면 공간에 대한 설명을 보여준다. 즉 루트 정보의 자식 정보 즉 깊이 1에서 각 서브 트리 내 정보 개수로 디스플레이 화면 공간을 나눈다. 다시 하나의 서브 트리에서 깊이 2부터 서브 트리의 정보 개수로 다시 디스플레이 화면 공간을 나눈다. 이런 방식으로 하위 단말 노드 정보까지 디스플레이 화면 공간을 할당하면 각각의 정보를 구성하는 서브 트리에 대해 합리적으로 디스플레이 화면 공간을 제공할 수 있다.

제안된 rectangle layout에 파싱된 정보를 배치시킨 다음, 사용자가 관심을 가지는 정보를 기준으로 모든 정보의 크기를 결정하는 단계를 진행한다. 이 때 화면 중앙에 위치하는 중앙 정보, 즉 루트 정보의 크기를 기준

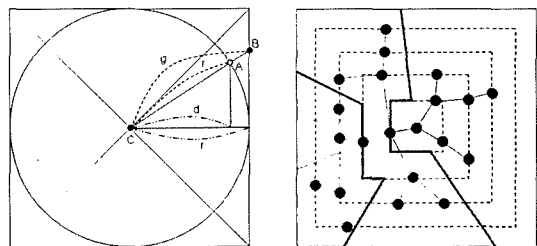


그림 5 제안된 rectangle layout

으로 각각의 하위에 존재하는 정보 크기를 결정한다.

3.4 배치된 정보 크기를 결정하는 어안 뷰의 DOI 적용

데스크 탑과 달리 모바일 디바이스의 CPU 능력, 제한된 메모리 용량, 작은 디스플레이 공간 등을 고려하여 rectangle layout에 배치된 정보에 크기를 결정하기 위해 적합한 수식을 적용해야 한다. 적용되는 은 사용자가 선택한 정보에 대해 상세하게 보여주며 동시에 전체 정보들의 연관성을 보여주어야 한다. 본 논문에서는 대표적인 focus+context 시각화 알고리즘인 어안 뷰 알고리즘에서 초점 정보를 기준으로 모든 정보 크기를 결정해주는 DOI(Degree Of Interface) 수식을 적용한다.

다음 식은 어안 뷰 알고리즘에서 DOI를 얻는데 사용되는 수식이다.

$$S_{feye} = \min(|Q_{feyex} - P_{feyex}|, |Q_{feyey} - P_{feyey}|)$$

여기서 Q 좌표는 현재 초점 정보 좌표를 나타내며 P는 각각의 정보 좌표로, 두 좌표의 x좌표 또는 y좌표간의 차가 적은 값을 사용하여 각 정보 크기를 결정하는 수식이다. 이 수식은 초점 정보와 각 정보들 간의 거리 정보를 이용하여 초점 정보로부터 멀리 떨어질수록 정보의 크기를 작게 표현하여 디스플레이 화면 공간을 유연하게 사용할 수 있도록 한다. 앞서 언급한 것처럼 rectangle layout에서 중앙에 위치하는 정보는 초점 정보, 즉 루트 정보로서 사용자로부터 현재 관심의 대상이 되는 정보이며 중앙의 루트 정보로부터 멀리 떨어진 정보는 사용자 관심으로부터 멀리 떨어져 있다는 의미이다.

다음 그림 6은 rectangle layout에 배치된 모든 정보에 대해 어안 뷰의 DOI가 적용되었을 때 각각의 정보 크기 모습을 보여준다. 최소 정보 크기의 최소 크기 값을 정하여 일정 크기 이상을 유지하도록 한다.

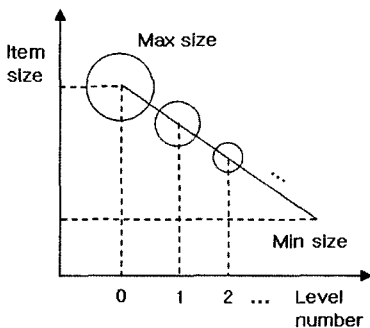


그림 6 Rectangle layout의 DOI값에 따른 정보 크기

3.5 모바일 CPU 계산 능력 및 rectangle layout을 고려한 인지력 향상 기법 적용

디스플레이 화면에 표현된 정보에 대해 사용자가 새로운 관심을 가지는 정보를 선택하였을 때, 정보가 재배

치되는 과정을 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 하여 사용자의 정보 변화 인지력을 높인다. 대부분 정보 시각화 방법에서는 정보의 재구성 과정을 연속적으로 보여주는 애니메이션 기법을 적용하고 있다. 본 연구에선 이런 애니메이션 효과를 모바일 디바이스에 적용시킬 때, CPU 계산능력과 layout을 고려하여 정보 이동시 사용되는 coordination 방식을 제안한다. 사용자 상호작용에 따른 정보간의 이동시 원호를 사용한 polar coordination 방식 보단 rectangle layout에 맞는 직선을 이용한 rectangular coordination 방식을 사용하고 실수 좌표 대신 정수 좌표를 사용하여 정보 재배치를 한다. 또한 애니메이션 효과 적용 시 정보 개수에 따라 이동되는 프레임 횟수를 조절하여 모바일 디바이스의 CPU 계산 능력을 고려하였다. 그리고 Ka-Ping Yee가 제시한 정보 이동시 새로운 초점 노드가 되는 노드와 그 초점 노드의 부모 노드와 연결된 간선의 방향대로 이동하는 방식인 orientation 기법과 같은 재충에 있는 노드간의 순서를 유지하여 정보 배치하는 ordering 기법을 적용하였다. 다음 그림 7에서 정보 재배치 시 간선 방향 유지의 orientation 기법과 노드간의 순서 유지의 ordering 기법에 대해 설명하고 있다. 노드 1과 7의 간선 방향으로 이동하며 초점 노드 7을 제외하고 노드 1의 자식 노드인 6, 8, 9 노드 순서가 유지되는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 앞서 언급한 것처럼 rectangle layout에 맞지 않는 원호의 path를 통해 각 노드가 이동하는 polar coordination 방식이 아닌 rectangle layout에 적합한 rectangular coordination 방식을 사용한다. 그림 7은 그림 3에서 언급한 XML 정보를 사용자 인지력 향상 기법을 적용하여 시각화한 모습을 보여주고 있다.

4. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안한 XML 기반 모바일 정보 시각화 시스템은 WindowsCE기반의 PocketPC 2002/2003을 대상으로 C언어를 이용하여 개발하였다. 본 논문에서 제안한 정보 시각화 시스템을 평가하기 사용되는 정보로서 구조 형태에 따라 다음과 같은 XML 정보가 사용되었다.

- 정수값으로 구성된 사이클이 존재하는 그래프 구조의 XML 정보
- 정수값으로 구성된 트리 구조의 XML 정보

실험에 사용된 모바일 디바이스로서 Compaq I-paq 3660모델 PDA를 사용하였다. 사용된 PDA의 중앙 프로세서는 Intel StrongARM 1110(206 MHz)며 기본메모리는 64Mbyte이고 해상도는 240×320이다. 그리고 각각의 정보 선택은 스타일러스 펜을 이용하여 스크린을 터치하는 방식이다. 다음 그림 8에서 좌측 이미지는

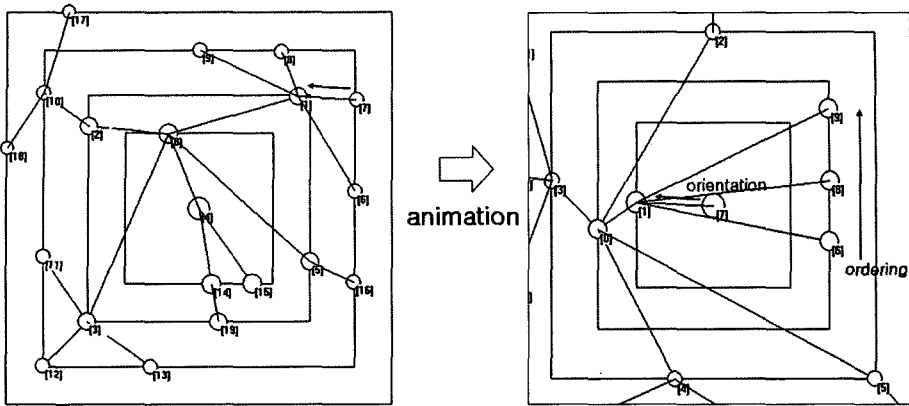


그림 7 정보 재배치 시 orientation과 ordering 유지

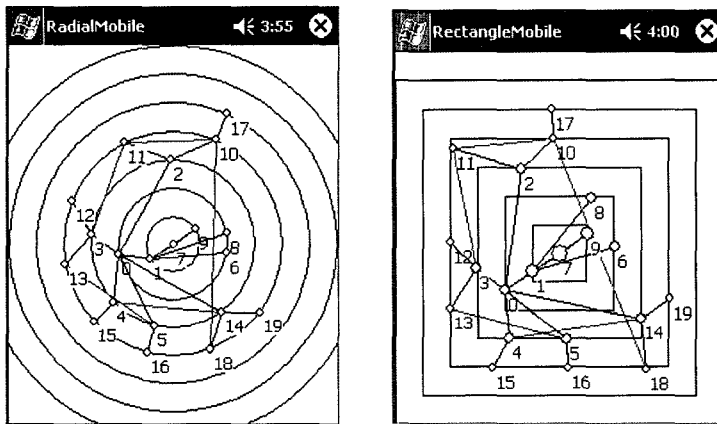


그림 8 기존 radial layout 시각화와 rectangle layout을 이용한 제안된 시각화 모습

기존 radial layout을 이용한 시각화 방법이고 우측 이미지는 rectangle layout에 정보 배치하고 정보 크기를 중앙 초점 노드를 기준으로 적용한 제안된 정보 시각화 모습이다.

실험 방법은 다음과 같이 진행하였다.

첫째, 각 트리의 계층별 노드들에 대해 기존 원을 이용한 radial layout과 제안한 사각형을 이용한 rectangle layout에 배치할 수 있는 최대 노드 개수를 비교하였다. 동일한 DOI의 값을 그대로 유지한 상태에서 각 노드의 계층 간의 간격을 조정했을 때 각 계층 레벨에 표현할 수 있는 최대 노드 개수의 변화를 비교하였다.

둘째, 실험 방식은 사용되는 XML 정보가 사이클이 존재하는 그래프와 사이클이 존재하지 않는 트리 구조로 구성되었을 때 기존 radial layout과 제안한 rectangle layout에서 사용자 상호작용으로 초점 노드 변경에 따른 노드 위치 이동시, 간선간의 교차 횟수를 비교하였다. 이때 사용된 노드 정보 개수를 변경하면서 실험을 진행하였다. 노드 정보 이동시 많은 노드 간선의 교

차는 사용자의 정보 인지에 방해가 되는 요소이다.

셋째, 정보 변화 시 사용자의 정보 인지에 향상을 위해 사용된 ordering 기법과 orientation 기법을 적용하였을 때와 orientation 기법만 적용하였을 때 노드 간선간의 교차 횟수를 비교하였다. 기존의 radial layout과 제안된 rectangle layout에서 노드 정보의 개수를 변경하면서 실험을 진행하였다.

실험에서 간선 간의 교차 횟수는 직선 교차 알고리즘을 사용하여 비교하였다. 그리고 사용된 노드의 개수에 따라 A그룹(노드 개수 10개), B그룹(노드 개수 20개), C그룹(노드 개수 50개)으로 분류하여 실험을 진행하였다. 표현되는 트리 구조의 각 노드의 계층 간의 간격은 일정하게 20, 25, 30 픽셀로 각각 설정하여 진행하였다.

4.1 각 layout에서 계층 간격별 최대 표현 가능 노드 수 비교

데스크 탑에 비해 상대적으로 작은 디스플레이 화면을 제공하는 모바일 디바이스에 많은 양의 정보를 표현하기 위한 방법이 중요하다. 본 연구에서는 기존의 원을

이용한 radial layout에 최대 배치 가능한 정보 개수와 사각형을 이용한 제안된 rectangle layout에 최대 배치 가능한 정보 개수를 상호 비교하였다. 실험은 그림 9와 같이 radial layout과 rectangle layout에서 각각 90, 180, 270, 360도에서 접하는 형태에서 진행하였다.

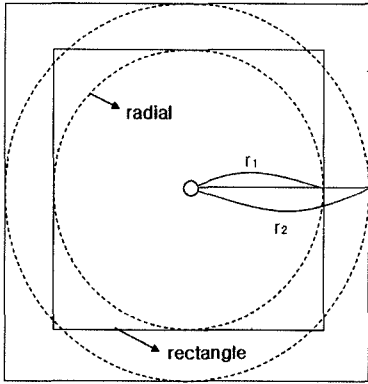


그림 9 Radial layout과 rectangle layout

실험 진행은 어안 뷰 알고리즘의 DOI값을 각 레벨별로 동일하게 적용하였으며 각 노드 계층 간격을 보여주는 r1과 r2간의 간격, r2와 r3간의 간격 등을 동일한 간격 20 픽셀로 설정한 상태에서 최대 배치 가능한 정보 개수를 계층별로 비교하였다. 또한 계층 간격을 25 픽셀, 30 픽셀로 각각 설정하고 실험을 진행하였다. 초기 중앙 초점 노드 정보로부터 첫 번째 레벨까지의 거리 r1은 40 픽셀이며 초점이 되는 노드 크기의 지름은 20으로 설정하였다. 다음 표 1은 각 layout에서 계층 간격

에 따른 표현 가능한 최대 노드 개수를 보여준다.

실험 결과를 비교해 보면 사각형 형태의 모바일 디바이스의 디스플레이 화면과 흡사한 rectangle layout 방식이 radial layout방식 보다 많은 수의 노드를 표현할 수 있으며 또한 계층 간격이 클수록 많은 노드 수가 표현되는 비례 관계가 성립함을 볼 수 있었다. 하지만 이 두 가지 방식 모두 계층 간격이 커질수록 레벨 계층이 모바일 디바이스의 디스플레이 영역을 벗어나는 문제가 발생하므로 이를 고려한 계층 간격을 결정해야 한다.

4.2 각 layout에서 정보구조에 따른 초점 정보 이동 시 간선 교차 횟수 비교

사용자 상호작용에 의해 초점이 되는 정보가 변경되었을 때, 각 정보들이 새로운 위치로 이동하는 동안 각 노드 정보를 연결하는 간선 간의 교차 횟수를 측정하여 비교하였다. 이때 사용한 정보는 트리 구조의 정보와 사이클이 존재하는 그래프 정보로 나누어 비교하였다. 또한 그래프 구조에서 사이클을 나타내는 빨간색을 표시되는 간선의 교차는 교차 횟수에서 제외하였다. 각각 A 그룹, B그룹, C그룹에서 각각 임의의 노드를 선택하였을 때, 트리와 그래프 구조에서 간선간의 교차 횟수를 radial layout과 rectangle layout에서 비교하였다. 다음 표 2는 트리 구조의 C그룹에서 간선간의 교차 횟수를 보여준다.

실험결과 트리 구조로 구성된 정보를 그룹별로 각각 radial layout과 rectangle layout에 배치하고 초점 정보를 변경하였을 때, 간선간의 교차 횟수는 radial layout이 rectangle layout보다 적었다. 또한 계층 간격이 멀어질수록 교차 개수는 일반적으로 적었으나 계층 간격

표 1 각 layout별 계층 간격에 따른 표현 가능한 최대 노드 개수

간격 \ 계층(DOI)		레벨1 (1.0)	레벨2 (0.8)	레벨3 (0.6)	레벨4 (0.4)	레벨5 (0.2)
		20	Radial	12	23	41
	Rectangle	16	28	52	100	240
25	Radial	12	25	47	90	219
	Rectangle	16	32	60	112	280
30	Radial	12	27	52	102	251
	Rectangle	16	32	64	128	320

표 2 트리에서 각 layout별 초점 정보 이동시 간선 교차 횟수(C 그룹)

간격 \ 선택한 노드		1	32	9	43	4	38	31
		20	Radial	0	0	0	60	0
	Rectangle	0	0	0	68	8	5	0
25	Radial	0	0	0	60	0	9	0
	Rectangle	0	0	0	68	12	5	0
30	Radial	0	0	0	64	0	8	0
	Rectangle	0	0	0	68	0	5	0

표 3 그래프에서 각 layout별 초점 정보 이동시 간선 교차 횟수(B 그룹)

간격 \ 선택한 노드		11	6	16	4	19	2	9
20	Radial	29	91	18	12	47	101	36
	Rectangle	33	101	20	10	50	96	37
25	Radial	29	89	18	12	42	99	39
	Rectangle	34	103	20	11	46	96	39
30	Radial	29	87	18	12	44	103	39
	Rectangle	33	115	20	10	43	99	39

표 4 트리에서 각 layout별 초점 정보 이동시 간선 교차 횟수(C 그룹, orientation 기법만 적용)

간격 \ 선택한 노드		1	32	9	43	4	38	31
20	Radial	0	164	234	305	119	309	348
	Rectangle	0	236	270	283	192	423	335
25	Radial	0	159	230	302	136	310	344
	Rectangle	0	239	246	286	181	413	349
30	Radial	0	154	232	302	122	316	358
	Rectangle	0	224	268	291	196	404	331

과 교차 개수의 반비례 관계가 성립하는 것은 아니었다. 같은 조건에서 그래프 구조로 구성된 정보를 그룹별로 각각 radial layout과 rectangle layout에 배치하고 초점 정보를 변경하였을 때, 간선간의 교차 횟수를 비교하였다. 다음 표 3은 그래프 구조의 B그룹에서 간선간의 교차 횟수를 보여준다.

실험결과 사이클이 존재하는 그래프에서는 초점 정보 선택 시, BFT 알고리즘의 적용으로 트리 구조가 변화하면서 간선간의 교차와 계층 간격과는 특별한 연관성이 없음을 알 수 있었다. 또한 radial layout과 rectangle layout에서 간선의 교차 횟수는 현재 노드 정보의 사이클 존재 유무와 방향성 등에 따라 결정되었으며 layout 형태에 큰 영향을 받지 않는 것을 알 수 있었다.

4.3 정보 인지력 향상 기법 적용 유무에 따른 교차 횟수 비교

Radial layout과 rectangle layout에서 초점 정보 선택 시 정보 인지력 향상 기법인 ordering과 orientation 기법을 모두 적용한 경우와 orientation 기법만 적용한 경우, 정보 변화 시 간선간의 교차 횟수를 각각 A그룹, B그룹, C그룹에 적용하여 비교하였다. 또한 각각 계층

간의 간격을 20, 25, 30으로 변화하면서 실험을 진행하였다.

다음 표 4는 트리 구조의 C그룹에서 orientation 기법만 적용하였을 때, 간선간의 상호 교차 횟수를 보여준다.

같은 조건에서 ordering과 orientation 기법을 모두 적용한 표 2와 ordering 기법만 적용한 표 4를 비교해 보면 초점 노드 정보 선택에 따른 정보 변화 시 ordering 기법만 적용한 경우, radial layout과 rectangle layout 정보 배치에 관계없이 사용자의 정보 변화 인지력에 좋지 않은 영향을 줄 수 있는 많은 간선간의 교차 횟수를 보였다. 표 5는 그래프 구조에 대해 표 3과 같은 조건에서 orientation 기법만 적용하였을 때 결과이다.

그래프 구조에서도 orientation만 적용된 경우 ordering 기법과 orientation 기법 모두 적용된 경우 보다 radial layout과 rectangle layout 모두에서 정보 변화 시 간선간의 교차 횟수는 증가하였다. 또한 radial layout과 rectangle layout에서 계층 간의 간격은 교차 횟수에 거의 영향을 주지 못하였다.

5. 결론

표 5 그래프에서 각 layout별 초점 정보 이동시 간선 교차 횟수(B 그룹, orientation 기법만 적용)

간격 \ 선택한 노드		11	6	16	4	19	2	9
20	Radial	62	50	25	25	53	120	68
	Rectangle	60	32	27	28	56	114	69
25	Radial	57	51	25	26	51	122	54
	Rectangle	57	33	28	29	53	114	70
30	Radial	56	52	27	26	54	112	54
	Rectangle	59	29	28	28	53	132	72

정보 시각화 방법은 제한된 디스플레이 공간에 정보를 효과적으로 배치하고 사용자가 쉽게 정보를 이해할 수 있도록 시각화 알고리즘을 적용하는 과정을 말한다. 이런 정보 시각화 방법은 데스크 탑을 대상으로 개발 연구 되어 왔으며 현재 사용자의 이동성을 보장하며 무선 인터넷을 사용하여 원하는 정보를 모바일 디바이스의 작은 스크린에 효율적으로 보여주고자 하는 연구가 진행 중이다.

본 논문에서는 기존 데스크 탑 뿐만 아니라 다양한 모바일 디바이스 상에서 트리 정보나 사이클이 존재하는 그래프 정보를 공통적으로 처리하기 위해 XML 정보를 표현하는 XML 스키마를 제안하였다. 제안된 스키마를 통해 작성된 정보는 기존 XML을 지원하는 브라우저에서 XSL을 통해 다른 형태로 쉽게 변환, 이용될 수 있는 장점을 가진다. 또한 제안된 XML 스키마를 통해 제공되는 XML 정보를 기존 데스크 탑에 비해 제약이 심한 모바일 디바이스의 작은 디스플레이 화면에 효과적으로 표현하고자 시각형을 이용한 rectangle layout을 제안하였으며 rectangle layout에 배치된 정보에 대해 전체 정보를 보며 사용자가 관심을 가지는 초점 정보에 대해 상세함을 보여주기 위해 어안 뷰의 DOI를 모든 정보에 적용, 표현하였다. 전체 정보를 보며 사용자가 원하는 정보에 대해 상세함을 보여주는 제안된 focus+context의 정보 시각화 기법은 데스크 탑에 비해 입력 방식이 다소 불편한 셀룰라 폰, 스마트 폰과 같은 모바일 디바이스에서 더욱 효과적이다. 기존 셀룰라 폰에서 이미지 파일을 다운로드 하기 위해서는 다수의 키누름을 통해 해당 파일을 찾아 이동해야 했지만 제안된 정보 시각화 기법을 이용하면 기존 방식보다 많은 정보를 표현함으로써 신속하게 해당 파일을 찾을 수 있는 장점을 가진다. 그리고 정보 검색 시 표현되는 정보 개수에 따라 애니메이션 프레임 수를 조절과 rectangular coordination 방식, 정수 좌표를 사용하여 모바일 디바이스 상의 정보 시각화 속도를 고려하였다. 또한 제안된 rectangle layout에 맞는 orientation 기법과 ordering 기법은 정보 재구성 시 사용자 인지력을 높여주었다.

실험 결과를 통해 작은 디스플레이 화면을 제공하는 모바일 디바이스 상에서 정보를 사용자에게 효과적으로 제공하기 위해 구현되는 정보 시각화 시스템은 많은 양의 정보 표현과 간선 간의 교차 횟수를 고려하여 radial layout보다 제안된 rectangle layout을 이용하여 정보 시각화를 진행하는 것이 유리하다. 정보 재구성 시 사용자의 정보 인지도 향상을 위해 orientation과 ordering 기법 모두를 적용하고 제공되는 정보는 사이클이 존재하는 그래프 보다 사이클이 없는 트리 정보로 구성하도록 해야 한다. 그리고 각각의 시각형의 정보 레벨 간격은

상호 간섭이 적은 범위에서 간격을 유지하는 편이 효과적이다.

향후 연구방향은 모바일 디바이스 상에 다양한 구조의 정보에 대해 다양한 시각화 방법을 제공하는 연구가 필요하다. 제안된 정보 시각화 방법을 이용하여 모바일 디바이스의 '파일 탐색기' 같은 응용 애플리케이션을 적용하여 유용성을 평가해야 할 것이다. 또한 XML 정보를 파싱하여 정보 형태에 따라 알맞은 정보 layout과 시각화 알고리즘을 적용하는 에이전트 개발이 필요하다. 그리고 하드웨어의 발전에 따라 많은 정보량 표현을 위해 3D 환경의 정보 시각화 인터페이스를 개발해야 할 것이다. 끝으로 모바일 디바이스간의 호환성을 가지며 좀 더 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 입력 방법을 연구, 개발해야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] K.W. Brodrie, J. Wood, D.A. Duce, J.R. Gallop, D. Gavaghan, M. Giles, S. Hague, J. Walton, M. Rudgyard, B. Collins, J. Ibbotson and A. Knox, "XML for Visualization," EuroWeb, 2002.
- [2] Nihar Sheth and Qin Cai, "Visualizing MeSH Dataset using Radial Tree Layout," Spring 2003 Information Visualization class project, 2003.
- [3] Kris Luyten and Karin Coninx, "An XML-based runtime user interface description language for mobile computing devices," DSV-IS 2001.
- [4] G. di Battista, P. Eades, R. Tamassia, and I. G. Tollis., "Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of Graphs," Prentice Hall, 1999.
- [5] Ka-Ping Yee, Danyel Fisher, Rachna Dhamija, and Marti Hearst, "Animated Exploration of Dynamic Graphs with Radial Layout," Proceedings of Information Visualization 2001, San Diego, CA, Oct. 2001.
- [6] T.J.Jankun-Kelly and Kwan-Liu Ma, "Focus+Context Display of the Visualization Process," Technical Report CSE-2002-13, Computer Science Department, University of California, Davis, 2002.
- [7] Bederson, Benjamin, "Fisheye Menus," UIST 2000, San Diego, CA, Nov. 2000.
- [8] Tamara Munzner, "H3: Laying Out Large Directed Graphs in 3D Hyperbolic Space," Proceedings of the 1997 IEEE Symposium on Information Visualization, Phoenix, AZ, 2-10, 1997.
- [9] Jones.M., Marsden.G., Mohd-Nasir.N and Boone.K., "Improving Web Interaction on Small Displays," Computer Networks 31, 1999.
- [10] S. Lok and S. Feiner, "A Survey of Automated Layout Techniques for Information Presentation," SmartGraphics Symposium '01, Mar. 2001.
- [11] Brend Karstens, Matthias Kreuseler, Heidrun Schumann, "Visualization of Complex Structures

on Mobile Handhelds," Proceedings International Workshop on Mobile Computing 2003.

- [12] John Lamping, Ramana Rao and Peter Pirolli, "A Focus+Context Technique Based on Hyperbolic Geometry for Visualizing Large Hierarchies," CHI 95, 1995.
- [13] Freitas, C. M. D. S., Luzzardi, P. R. G., Cava, R. A., Winckler, M. A., Pimenta, M. and Nedel, L. P., "Evaluating Usability of Information Visualization Techniques," In. 5th Symposium on Human Factors in Computer Systems (IHC), 2002.
- [14] P. Backvall, Per Martensson, P. Qvarfordt, "Using fisheye for navigation on small displays," Proceedings of NordiCHI 2000, Stockholm, Sweden, 2000.



유 희 용

1996년 원광대학교 컴퓨터 공학과(공학사). 1998년 동국대학교 컴퓨터 공학과(공학석사). 1998년~2006년 8월 현재 동국대학교 컴퓨터공학과 대학원 박사과정. 2000년 2월~2003년 7월 창해소프트 책임연구원. 2003년 8월~ 2005년 4월 네오엠텔 선임연구원. 관심분야는 유비쿼터스, 모바일 에이전트, 정보 시각화



전 서 현

1978년 경북대학교 전자공학과(공학사) 1980년 한국과학기술원 전산학과(공학석사). 1991년 한국과학기술원 전산학과(공학박사). 관심분야는 기호연산, 병렬처리, 함수언어