

웹 기술을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템 개발*

Development of a Facility Management System for Underground Conduits Using Web Technologies

구경이*, 김지윤*, 안효진*, 김주성*, 강재모**, 김영진**, 김유성*

Kyong-I Ku, Ji-Yoon Kim, Hyo-Jin Ahn, Joo-Sung Kim, Jae-Mo Kang, Young-Jin Kim, Yoo-Sung Kim

요약 현재까지 전국의 여러 도시에 설치된 지하 공동구는 효율적인 관리가 필요한 중요 국가시설물임에도 불구하고 이들을 통일된 기준에 따라 통합 관리하기 위한 지원 시스템이 미비하여 지하 공동구의 현황을 파악하기 위해서는 전문가들이 직접 지하 공동구를 방문해야 하기 때문에 많은 시간과 비용을 낭비하고 있는 실정이었다. 본 연구에서는 전국의 여러 도시에 설치되어 있는 지하 공동구의 효율적인 원격 관리를 지원하기 위해 웹 기반의 지하 공동구 시설물 관리 시스템을 개발하였다. 구현된 시스템에서는 지하 공동구의 단면도를 웹상에서 간략하게 그릴 수 있는 요약 맵 기능을 포함시켜 지하 공동구내의 시설물의 위치 등을 단면도상에 쉽게 표시할 수 있도록 하였으며 단면도로부터 수용 시설물의 위치 및 관리 상태를 사진 이미지, 동영상, 또는 3D 파노라마 기술을 이용하여 현장에 있는 것과 같은 느낌으로 정확하게 확인할 수 있도록 하였고, 지하 공동구의 보수 보강, 수시 점검, 안전 진단 결과를 관리 이력 데이터베이스에 축적하여 통합적이면서 효율적인 지하 공동구의 관리가 가능하도록 하였다.

Abstract Even though underground conduits have become important city-infra structures which should be exhaustively and efficiently managed, there is few systems which supports the well-defined facility management standards. Due to the lack of the supporting systems, experts must visit underground conduits scattered several cities over the country to see and check the status of the underground conduits including built-in facilities. This type of management gives us a little bit delayed status information at the end of so much time and money costs. In this paper, to solve this problem and manage the conduit synthetically, we developed a web-based facility management system for underground conduits by using information technologies. The developed management system has a simplified map drawing interface to depict the overall architectures and locations of underground conduits and their built-in facilities into sketch maps. And, the system uses the 3D panorama image technology with zooming functions in addition to still images and video images to give the feeling of a spot inspection. Moreover, since the system accumulates the data of repair/reinforcement, occasional inspections and safety diagnosis, conduit managers can synthetically and effectively manage the facilities within underground conduits and themselves.

주요어 : 지하 공동구, 원격 시설물 관리, 관리 이력 데이터베이스, 요약 맵, 3차원 파노라마 뷰잉

KeyWords : underground conduit, remote facility management, management history database, simplified map, 3D panorama viewing

* 이 논문은 국가 R&D 연구사업(과제번호 03기반기술 A06)의 연구비를 지원받아 실시하였음.

* 인하대학교 정보통신공학부

mabtovl@mdl.inha.ac.kr, rechoco@resl.inha.ac.kr, folyllove@hotmail.com, dutch5@mdl.inha.ac.kr, yskim@inha.ac.kr

** 한국건설기술연구원 지반연구부

{jmkang, yckim}@kict.re.kr

1. 서 론

공동구는 현대 사회의 필수적인 인프라 시설을 구축하기 위해 도로의 노면굴착을 수반하는 지하매설물을 공동 수용함으로써 도시의 미관, 도로 구조의 보전과 원활한 교통의 소통을 위하여 지하에 설치하는 시설물을 말한다[1],[2]. 우리나라의 공동구는 1969년 여의도 공동구로부터 시작하여 최근에 건설된 상암 공동구에 이르기까지 전국의 여러 도시에 19개가 건설되었으나, 공동구의 종합적인 관리를 지원하기 위한 시스템이 미비하다. 현재, 대부분의 공동구는 지방자치단체 또는 이로부터 위탁받은 기관이 공동구 단위로 관리하고 있으며 중앙 부처에서 공동구 현황 파악을 위해서는 전문가가 직접 공동구를 방문하여 내부 상태를 확인하거나, 전국의 공동구 관리 주체들로부터 정기적 또는 비정기적으로 실시한 관리 상태 보고서를 제출 받아 공동구의 상황을 확인해야 하기 때문에 많은 시간과 비용이 낭비되고 있다.

지하 시설물과 지하철 시설물을 관리하기 위한 기존의 시스템으로는 [3],[4],[5]가 있다. [3],[4],[5]에서는 시설물들을 관리하기 위해 VRML을 이용한 시설물의 시각화와 3차원 지형 가시화를 위한 GIS 기술의 이용, 지하 시설물의 측량을 통한 수치 지도화 등 시설물의 모양을 3차원으로 제공하여 불가시적인 지하 공간을 직관적으로 관리할 수 있도록 하고 있다.

본 논문에서는 3차원 지형 가시화를 통한 시설물 관리 시스템들([3],[4],[5])과 달리 한국건설기술연구원에서 제안한 지하 공동구 표준 관리 기준([6])에 따라 시설물의 현 상태, 관리 상태, 점검 일시 등을 데이터베이스화하여 전국의 19개 공동구를 효율적으로 관리할 수 있는 웹 기반의 지하 공동구 시설물 관리 시스템을 개발하였다. 지하 공동구내의 시설물의 설치 상황 및 관리 상태를 원격지에서 온라인으로 점검할 수 있도록 하기 위해 데이터베이스 기술과 파노라마 뷰잉 기술 및 웹 기술이 이용된다. 개발된 시스템에서는 관리자가 웹상에서 지하 공동구의 전체 구조 및 시설물의 위치 등을 쉽게 편집 및 지정할 수 있도록 하기 위해 단면도(요약 맵) 그리기 인터페이스를 제공하고 있다. 또한, 줌(zoom) 기능을 가진 3D 파노라마 뷰잉 기술과 정지 영상 및 동영상을 이용하여 사용자가 공동구의 중요 지점에서 서 있는 것처럼 내부 시설물들의 상태를 정확하게 확인할 수 있도록 하였다. 또한, 중앙의

공동구 관리 지침 규정에 따라 각 공동구 관리자가 공동구 수시 점검 내용과 그에 따른 안전 진단, 보수 보강 이력을 웹상에 등재하도록 하여 공동구 유지 및 보수 보강에 관련한 정보를 공유할 수 있다. 따라서 중앙관리자가 직접 공동구를 방문하여 내부 상태를 확인해야 하는 번거로움을 해소하고, 공동구 내부 상태 변화에 대한 자료를 축적하여, 지속적이고 체계적인 공동구의 상태 관리가 가능하다. 지속적이고 체계적인 공동구의 관리는 지하 공동구 관리 비용을 절감시키고, 지하 공동구 시설물의 상태를 정확하게 체크해서 사고를 미연에 방지할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장은 관련 연구로서 지하 시설물 관리에 대한 기존의 연구들을 살펴보고, 현재 지하 시설물을 관리하기 위해 실시되는 방문 조사의 문제점을 살펴본다. 제3장은 웹 기술을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템의 구조, 관리 데이터와 관리 기준, 요약 맵 인터페이스와 본 논문에서 이용된 파노라마 기술을 기술한다. 제4장은 웹 기술을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템의 개발과 공동구 지하 시설물의 관리 과정에 대해 기술한다. 마지막으로 제5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 기술한다.

2. 관련 연구

공동구는 도시생활을 영위하는데 필요한 전기, 가스관, 상·하수도, 통신 선로 등의 공공시설물을 가공선이나 지하매설물 형태로 설치함에 따라 발생하는 여러 문제점들을 해결하기 위해 2종 이상의 시설물을 동일 구내에 공동 수용함으로써 도로의 이중 굴착방지로 도로구조의 보전과 원활한 교통소통을 기하고 도로 공간의 효율적 이용을 통한 도시 미관을 향상시키며 건설투자비 및 유지관리비의 절감 등을 목적으로 지하에 설치하는 도로의 부속물을 말한다. 공동구를 도입하게 되면, 도로교통 장애의 제거, 도시정비의 수단, 지하공간의 활용, 건설투자비 및 유지관리비의 절약, 장기 수요증가에 따른 탄력적으로 대응하게 된다. 또한, 이러한 지하 공동구는 국가보안시설물로 지정되어 관리되고 있으며 현재 공동구 관리는 지방자치단체에서 직접 관리하거나 시설관리공단이나 위탁관리기관을 통해 여러 관리 기관에서 독립적으로 관리되고 있다.

공동구의 지하 시설물과 지하 시설물로서의 지하철

구조물을 관리하기 위해 도형 요소 기반의 시설물 관리 시스템으로는 [3],[4],[5]가 있다. [3]에서는 지하 시설물을 분석, 관리하기 위해 지하 시설물 데이터를 웹 상에서 3차원으로 조작하고 형상화하기 위한 3차원 공간 데이터 구조를 설계하였다. 또한 인터넷에서 3차원 물체 표현에 강력한 기능을 제공하는 VRML과 인터넷 표준 프로그래밍 언어인 JAVA간의 연계를 통하여 인터넷 웹에서 지하 시설물을 3차원으로서 조작 및 분석이 가능한 시스템을 구축하여 지하 시설물의 모양을 시각적으로 볼 수 있도록 하였다. [4]에서는 상수도 지하시설물의 위치 등을 관리하기 위해 시설물 조사/탐사 과정 및 방법의 문제점을 제시하였다. 또한, 자료 조사 및 탐사를 통해 상수도 시설물의 데이터 베이스를 구축하고, 구축된 자료를 기반으로 지하 시설물도를 제작하고 이를 이용해 상수도를 관리하는 시스템이다. [5]는 지형공간정보체계를 이용하여 지하철 시설물의 수치화된 도형 요소와 이력 정보를 데이터베이스화하고 지하시설물로서의 토목 구조물을 보다 체계적으로 관리하게 하였다. 또한, 해당 시설물의 위치를 온라인 지도상에 표시할 수 있도록 하였다.

기존의 연구들이 주로 지하시설물의 3차원 관리, VRML을 이용한 시설물의 시각화와 3차원 지형 가시화를 위한 GIS 기술 이용에 초점이 맞추어져 있는 것과 달리 본 논문에서는 공동구를 관리하는 중앙관리자와 공동구 관리자의 협력하에 공동구의 시설물들이 통합적이면 효율적으로 관리되도록 시스템을 개발하였다. 따라서 지하 공동구내 시설물들의 관리 기록 형태와 이력이 한국건설기술연구원의 통일된 기준에 따라 제공되기 때문에 기록하는 사람이나 전임자의 특성에 따라 다양했던 기록 형태를 통일하여 공동 작업자들이 통일되게 업무를 수행할 수 있다.

[6]에서는 공동구 본체, 공동구 내부 시설물(상수도, 전력 케이블, 통신 케이블 등), 방재시스템, 환기 및 조명시설 등에 대한 종합적 평가 리스트를 작성하고, 전국 19개 공동구에 대한 방문 조사를 수행하였다. 또한 각 공동구별 미비사항과 개선점에 대한 조사하고, 각 시설물별 기능 상태를 평가하여 유지보수 관리 대상 우선순위를 제시하였다.

공동구 관리자는 지하 시설물의 상태 파악을 통해 화재감지, 침수감지, 난방관 파손감지, 출입자 감시, 입·출구 관리 등의 업무를 수행한다. 또한, 각 공동구에 대한 체계적인 관리와 화재 등의 비상시 신속한 대

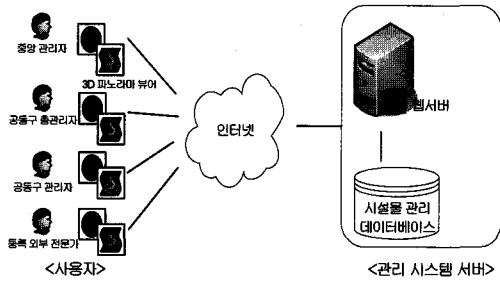
응하기 위해 시설평면도(노선, 부대시설위치 등), 공동구 종·평면도, 재해방지시설 위치도(경보, 소화, 통신, 피난시설 등), 교점부 상세도(교점부 구조, 규격, 시설물 등), 수용시설(상수도, 전력, 통신, 난방관) 상세도 등을 관리해야 한다. 중앙 관리자는 통합적인 공동구 관리를 위해 전국의 공동구의 방문 조사나 공동구들로부터 정기적 또는 비정기적으로 실시한 관리 상태 보고서를 제출받아 공동구의 상황을 확인한다. 그러나 공동구 관리자가 관리해야 하는 시설물과 정보의 양이 너무 많으며, 중앙 관리자에게 공동구의 상황 보고가 문서로 이루어지기 때문에 중앙 관리자가 지역의 지하 시설물의 상태를 정확하게 파악하기 위해서는 방문 조사가 이루어져야 했다. 그러나 방문 조사가 정기적으로 실시되지 않을 경우, 각 공동구별 미비 사항과 개선점 파악은 쉽지 않으며, 각 시설물별 기능 상태의 평가로부터 유지보수 관리 대상 우선순위를 제시하기 어렵다. 그리고 방재 대책을 하기에 너무 늦을 경우 도시민이 일상생활을 영위하는데 필요한 전기, 통신, 상수도, 도시가스, 하수도 공급에 큰 손실이 초래될 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 지하 공동구내의 시설물의 설치 상황 및 관리 상태를 원격지에서 온라인으로 점검할 수 있도록 하기 위해 웹 기술을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템을 개발한다. 컴퓨터 네트워크가 설치된 어느 컴퓨터에서라도 권한이 인증된 사용자는 지하 공동구의 시설물 현황을 온라인으로 확인할 수 있으며 3D 파노라마 사진, 정지 사진 및 동영상을 통하여 내부 시설물을 관람할 수 있다. 또한, 공동구 관리 지침 규정에 따라 작성된 공동구 유지 및 보수 보강에 관련된 정보를 공유하여 중앙 관리자와 공동구 관리자의 협력 하에 종합적이면서 효율적으로 지하 공동구를 관리할 수 있다.

3. 웹 기술을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템의 설계

3.1 지하 공동구의 시설물 관리 시스템의 구조

본 논문에서 구현된 웹 기술을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템은 한국건설기술원에서 제안한 지하 공동구 관리 표준을 기반으로 하였다[6]. 구현된 시스템의 구성도는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 지하 공동구의 시설물 관리 시스템의 구성도

지하 공동구의 시설물 관리 시스템은 19개 공동구의 단면도와 내부 시설물의 위치 및 관련 정보를 공동구별로 등록하고 검색할 수 있도록 하였다. 따라서 등록된 사용자는 인터넷에 연결된 컴퓨터의 웹 브라우저를 이용해 로그인후에 권한에 따라 공동구 및 설치 시설물의 관리 정보 등을 등록 및 검색할 수 있다.

사용자는 중앙 관리자, 공동구 총관리자, 공동구 관리자, 등록 외부 전문가로 구분된다. 중앙 관리자는 공동구를 새로 등록하거나, 공동구의 관리 방식을 변경하고, 특정 지역 공동구에 공동구 총관리자를 지명할 수 있다. 지하 공동구의 시설물 관리 시스템을 통하여 지하 공동구의 관리 상태를 알 수 있으며, 특정 공동구의 중요 지점의 시설물 이미지, 시설물 동영상 3D 파노라마 이미지 등을 이용해 시설물의 상태를 확인할 수 있다. 또한, 보수 보강 내역의 참조 및 지역 공동구의 안전 진단, 수시 점검 진행을 지시하여 공동구의 안전 실태를 점검할 수 있다. 따라서 공동구 내부 영상을 일관 사진, 파노라마 영상, 동영상으로 웹상으로 확인이 가능하도록 하여 중앙 관리자가 직접 공동구를 방문하여 내부 상태를 확인하여야 하는 번거움을 해소하였다. 또한, 중앙 관리자는 지하 공동구 및 시설물의 전문가를 시스템에 등록 외부 전문가로 등록하여 지하 공동구 및 시설물에 관련된 상황 점검 및 자문을 받을 수 있도록 하였다. 따라서 등록 외부 전문가는 중앙 관리자의 요청에 따라 특정 공동구의 특정 시설물의 관리 현황 및 문제점 해결에 대한 자문을 하기 위해 해당 공동구의 해당 시설물에 대한 현황을 웹을 통해서 점검할 수 있다.

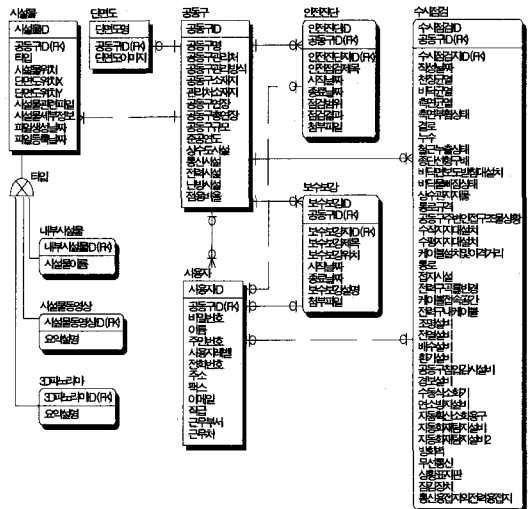
공동구 총관리자는 특정 지역 공동구에 공동구 관리자를 지명하여 해당 공동구의 관리 업무를 수행하게 한다. 공동구 총관리자는 중앙 관리자의 지시에 따라 안전 진단, 수시 점검을 진행하며 필요시 보수 보

강 내역을 입력한다. 또한, 공동구 중요 지점의 시설물의 상황을 시스템에 입력하여 관련 기관이 공유할 수 있도록 한다. 공동구 중요 지점의 시설물의 상황은 사진 이미지, 동영상, 3D 파노라마 이미지로 표현된다. 그리고 공동구 관리에 필요한 안전도 등급 평가 리스트를 관리 시스템에서 작성해, 공동구 내부 상태변화에 대한 자료를 축적한다. 축적된 자료를 바탕으로 지속적이고 체계적으로 공동구를 관리할 수 있다.

공동구 관리자는 공동구 총관리자의 통제 하에 해당 공동구의 관리와 시설물 관리를 진행하고, 공동구의 관리 상황을 입력한다. 공동구 안전 진단 내용과 그에 따른 보수 보강 이력을 시스템에 등재하도록 하여 공동구 유지 및 보수 보강에 관련한 정보를 공유하여, 보수 보강 공법 선정시 실무자가 참조할 수 있도록 한다.

3.2 시설물 관리를 위한 데이터와 관리 기준

지하 공동구 시설물의 효율적인 관리를 위해 관리 시스템 서버에서 유지되어지는 데이터베이스 구조는 <그림 2>와 같다[7],[8]. 시설물의 점검 항목은 한국건설기술연구원의 담당자 및 지하 공동구 시설물 관리자의 의견을 취합하여 도출하였다.



<그림 2> 지하 공동구 시설물 관리 데이터베이스의 개체-관계도

시설물 관리를 위해 공동구 엔티티는 공동구ID, 공동구명, 공동구 관리자, 공동구 관리방식(지방자치단

체 공무원이 직접 관리, 위탁 기관을 통한 위탁 관리. 시설 관리 공단에서 관리중의 한 값), 공동구 소재지, 관리자 소재지, 공동구 연장, 공동구 총연장, 공동구규모, 준공연도, 상수도 시설의 유무, 전력 시설의 유무, 통신 시설의 유무, 난방 시설의 유무, 그리고 점용 비율의 정보를 관리한다.

사용자 엔티티는 사용자ID, 관리 공동구ID, 비밀번호, 이름, 주민번호, 사용자 레벨(중앙관리자, 공동구 총관리자, 공동구 관리자, 등록 외부 전문가 중의 한 값), 전화번호, 주소, 팩스, 이메일, 직급, 근무부서, 근무처 등을 관리한다.

공동구는 해당 공동구의 단면도 이미지를 가지고 있다. 단면도 엔티티는 공동구의 등록된 단면도 이미지를 관리한다. 공동구의 내부 시설물을 표현하기 위해 시설물 엔티티가 있으면 이는 설치 공동구의 공동구ID, 시설물 타입, 시설물의 공동구내 위치, 시설물의 단면도 이미지내의 X좌표, Y좌표값, 시설물의 관련 파일, 세부 정도 등을 표시하기 위한 속성을 갖는다. 시설물의 타입에 따라 이름 및 요약 정보 등을 가질 수 있다. 보수 보강과 안전 진단 엔티티는 공동구의 보수 보강과 안전 진단 내역을 위해 ID, 관련 공동구 ID를 주키로 갖고 보수 보강자 ID 또는 안전 진단자 ID, 제목, 위치, 시작날짜, 종료날짜, 설명, 점검에 따른 첨부파일 등을 관리한다. 수시 점검 엔티티는 각 공동구별 수시 점검 일자에 따라 점검자가 실시한 공동구의 천장 균열, 바닥 균열, 측면 균열, 측면부 휨상태, 결로, 누수, 철근 누출 상태, 중단선형구배, 바닥면 보도 받침대 설치, 바닥 물 빠짐 상태, 상수관 지지물, 통로 규격, 공동구 주변 인접 구조물 상황, 수직 지지대 설치, 수평 지지대 설치, 케이블 설치 및 이격거리, 통로, 접지시설, 전력구곡률 반경, 케이블 접속 공간, 전력구내 케이블, 조명 설비, 전열 설비, 배수 설비, 환기 설비, 자동화재 탐지 설비, 공동구 침입 감시 설비, 경보 설비, 수동식 소화기, 연소 방지 설비, 자동 확산 소화용구, 방화벽, 무선 통신, 상황표지판, 잠금 장치, 통신용 접지와 전력용 접지 등의 정보를 저장하도록 한다.

공동구의 수시 점검 시 2004년 6월 현재 관련 법규의 개정 기준[6]에 의해 시설물의 결합의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D, E의 5가지 단계로 공동구 시설물의 안전도를 평가한다. 공동구 시설물의 안전도 등급은 <표 1>과 같다.

<표 1> 공동구 시설물의 안전도 등급

안전도 등급	상 태
A	관련 기준에 적합하게 시설되어 있는 상태
B	관련 기준에 적합하게 시설되어 있으나, 시설 투자없이 개선 가능하고 경미한 상태
C	공동구 시설기준에 일부 부적합한 상태이며, 연간 시설 보완 계획에 의거 보수 보강이 필요한 상태
D	관련 기준에 부적합하게 시설되어 있는 상태이며, 긴급한 보수 보강이 필요한 상태로 사용 제한 여부를 판단
E	공동구 시설물에 심각한 노후화 또는 단면 손실이 발생하였거나 안전성에 위협이 있어 시설물을 즉각 사용 금지하고 개축이 필요한 상태

3.3 요약 맵 그리기 인터페이스

공동구에 대한 종합적이고 체계적인 관리와 화재 등의 비상시 신속한 대응 및 복구 대책 수립을 위해 각 공동구 내의 방재시설 현황에 대한 도면이 필요하게 된다. 도면에는 동일한 기능의 시설물별로 같은 표식을 해야 하며 특히 각종 방재시설에 대해서는 시설의 종류, 위치 등을 명확히 표시하여 비상시에 신속하고 효율적으로 대처할 수 있도록 작성해야 한다. 도면 중 공동구 전체 배치도에는 도로 내 위치, 소방대가 진입할 수 있는 작업구·환기구의 위치 및 크기, 중앙 통제실 등의 위치 및 진입방법 등을 표시되어 있다. 도면 중 공동구의 방재시설 현황도에는 감지기 및 수신반의 위치, 연소방지를 위한 연소살수설비 및 방화구획의 위치, 연결 살수설비 송수구의 위치 및 개수, 환기·배연설비의 위치 등을 표기한다. 그리고 공동구의 세부 단면도에는 공동구의 크기, 수용시설물의 수, 종류 및 배치 현황 등을 표기한다. 이러한 공동구 단면도가 외부 유출시, 공동구의 외부 시설물인 환기구, 작업구, 맨홀들로부터 공동구 내부로의 무단 침입이 발생할 수 있다. 무단 침입은 공동구의 시설물을 손상시키며, 크게는 도시 생활 공급선의 손상으로 도시 기능이 전면적으로 마비될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 실제 단면도 대신, 요약 맵을

이용해 지하 공동구내의 시설물의 설치 여부를 확인하게 한다. 요약 맵 그리기 인터페이스는 지하 공동구의 간략 지도 그리기 기능과 출입구, 환풍기, 집수정, 분기구등의 배치 현황을 사용자가 쉽게 표시할 수 있도록 지원한다.

요약 맵 그리기 인터페이스는 GDI(graphics device interface)를 이용한 윈도우 어플리케이션형 액티브엑스(ActiveX) 컨트롤로 구현되었다. GDI는 마이크로소프트 윈도우 화면에 스크롤바와 선 등을 그리는 공통 요소들을 포함하고 있다. 액티브엑스 컨트롤은 웹 문서에 존재하는 대화형 객체로서, 웹상에서 OLE(Object Linking and Embedding) 기능을 제공한다. 액티브엑스를 사용하면 멀티미디어 사용 대화식 사용자 입출력 등 대화형 웹 서비스가 가능하며, 사용자가 실행할 페이지에 접속하면 사용자의 컴퓨터에 자동으로 다운로드되어 설치된다[9].

요약 맵 액티브엑스 컨트롤은 공동구의 가상 단면도를 제작할 때 사용되며, 그림으로 그려진 데이터는 BMP 이미지 파일로 저장된다. 요약 맵 액티브엑스 컨트롤은 건물 영역 표시, 직선 그리기, 자유 곡선 그리기, 지우기 등 단면도 제작시 필요한 기본 기능을 포함하고 있으며, 여러 가지 아이콘(환풍구, 출입구, 분기구, 집수정 등등)과 텍스트(건물이름, 장비 이름 등)를 이미지상에 삽입시킬 수 있다. 요약 맵의 선그리기에서 검정선은 도로, 빨간선은 구역경계선, 녹색선은 공동구, 파랑선은 에너지구, 노랑선은 상수구를 의미한다. 요약 맵 그리기 인터페이스의 사용 예는 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 요약 맵 그리기 인터페이스 예

새롭게 생성된 공동구의 요약 맵 이미지의 특정 좌표위에 주요 시설물의 정지 사진 이미지, 동영상 이미지, 3D 파노라마 이미지 정보를 볼 수 있도록 하여 관리자가 효율적으로 공동구 내부 시설물을 점검할 수 있다. 이에 대해서는 4장에서 자세하게 기술한다.

3.4 3D 파노라마 뷰잉 기술

VR(Virtual Reality) 파노라마는 풍경이나 실내 인테리어 등을 360° 회전하면서 촬영된 여러 장의 사진들을 VR 소프트웨어로 제작하여 360°의 파노라마 이미지를 만드는 기술로서, 이를 통해 컴퓨터상에서 마치 현장에 있는 것 같은 느낌으로 주변 상황을 세밀하게 관찰하는 것을 가능하게 해 주는 기술이다 [10],[11],[12].

3D 파노라마를 위해서는 3D 파노라마 촬영용 장비와 3D 포토 VR 스티칭(Stitching)이 필요하다. 3D 파노라마 촬영용 장비는 디지털 카메라에 초광각 어안 렌즈(사각(寫角)이 180°를 넘는 초광각 렌즈)가 장착되어 있으며, 로테이터(상, 하, 좌, 우로 정확한 각도마다 카메라를 돌려주는 특수 장비)를 이용하여 촬영 각도를 조절할 수 있다. 3D 포토 VR 스티칭은 3D 파노라마 촬영용 장비를 이용하여 여러 장을 촬영한 후, 스티칭 합성 툴을 이용해 촬영한 여러 이미지를 한 장의 파노라마 이미지로 만드는 것을 말한다. Panoweaver[12]는 2~3장의 원형 어안 렌즈로 촬영된 이미지를 파노라마로 정밀하게 스티칭하는 프로그램으로, 파노라마 뷰어 기능을 동시에 가지고 있는 프로그램이다. Panoweaver에 의해 이어진 파노라마 출력물은 위치에 따라 화소의 밀도차이가 심하기 때문에 이미지 변환 과정이 필요하다. 3D 파노라마 뷰어로는 Photovista Viewer, PTVViewer, QuickTime Viewer를 이용하는데, Photovista Viewer나 PTVViewer는 자바 애플릿 방식이므로 별도의 플러그인 없이 웹상에 표현할 수 있으나, QuickTime 뷰어는 별도의 플러그인을 설치하여야만 웹상에 표현할 수 있다. Panoweaver에는 자체적으로 QuickTime Viewer와 PTVViewer가 자체 내장되어 있다.

본 논문에서는 3D 파노라마 촬영용 장비로 2장의 사진을 이용하여 원통형 파노라마 영상을 제작한다. 사진은 어안 렌즈를 이용해 전후 180°씩 2장을 찍어서 Panoweaver 합성 툴을 이용한다. 두 장으로 촬영된 이미지를 Panoweaver에 입력한 후 세밀한 수정 작업

을 거치면 한 장의 이미지가 된다. 사용자들은 사용한 3D 파노라마 이미지의 재생 프로그램으로 PTVViewer를 사용한다. PTVViewer는 Java를 통해 구현되어 있으며 무료로 제공되는 프로그램으로서 마우스를 사용한 이미지 회전, 간편한 키보드 조작을 통한 이미지 확대/축소가 가능하고, 작은 용량으로 빠른 뷰어 서비스를 제공한다.

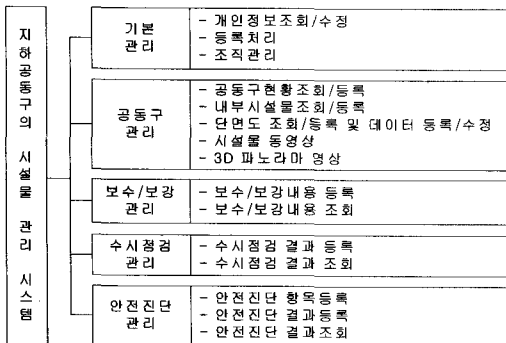
4. 웹 기술을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템의 개발

웹 기술([13],[14])을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템의 구현 사양은 <표 2>와 같다. 구현된 시스템에서는 위치별, 종류별로 지하 시설물의 검색이 가능하며, 상태 관리 지침에 따라 점검 결과를 입력하고, 관련 자료(시설물의 사진 이미지, 3D 파노라마 이미지, 동영상)를 등록 및 검색, 열람할 수 있다. 이러한 시스템은 전국 19개 지하 공동구의 정보가 입력되어 시범 서비스되고 있다.

<표 2> 시설물 관리 시스템의 시스템 사양

구분	사양
CPU	2.8GHz
메인 메모리	512M
웹서버	IIS 5.0
DBMS	MS SQL Server 2000
스티칭 합성 툴	Panoweaver
3D 파노라마 뷰어	PTVViewer

개발된 시스템은 <그림 4>와 같이 사용자를 관리하는 기본 관리, 공동구 관리, 보수 보강관리, 수시 점검 관리, 안전 진단 관리의 기능으로 구성되어 있다.



<그림 4> 지하 공동구의 시설물 관리 시스템의 기능도

웹 기술을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템에서는 로그인 체계가 이원화되어 각 공동구 관리자는 담당 공동구만 조회가 가능하며, 중앙 관리자는 모든 공동구에 대한 열람이 가능하다. '기본 관리'에서 새로운 사용자가 등록을 신청하면 중앙관리자, 또는 공동구 총관리자가 새로운 사용자의 등록 처리를 수행한다. 또한 각 공동구별로 총관리자와 관리자 목록을 조회할 수 있다. 중앙 관리자를 제외한 공동구 총관리자와 공동구 관리자는 자신이 속한 공동구의 정보, 시설물 자료, 보수 및 보강, 수시 점검 및 안전 진단 내용을 등록, 검색 및 열람할 수 있다.

'공동구 관리'에서는 공동구의 정보를 상세하게 조회하며, 각 공동구 별로 요약 맵, 시설물, 내부 시설물의 사진 이미지, 동영상, 3D 파노라마 이미지등을 등록, 검색 및 열람할 수 있다. 공동구 정보의 상세 보기에는 <그림 5>와 같다. <그림 5>에서는 총관리자가 'A공동구'의 정보를 열람하는 화면이다. 중앙 관리자나 A 공동구의 총관리자는 A 공동구의 정보를 수정할 수 있다.

A공동구		미디어보기
공동구명	A공동구	
관리처	A구청	
관리방식	시정업	
소재지	A구 A사동	
관외소 위치	A구 A사동	
면적/용면적	면적: 20m / 용면적: 25m	
규모	300㎡	
공공년도	2005년	
수용시설	전기, 통신	
점용비율	0%	

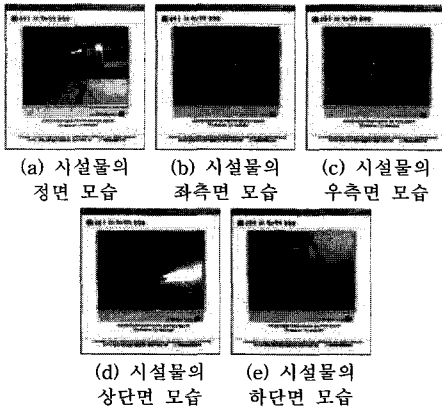
<그림 5> A 공동구의 등록 기본 정보

<그림 6>은 A 공동구의 '요약 맵 보기' 기능이다. 요약 맵은 3.3절에서 기술한 요약 맵 그리기 인터페이스를 이용하여 생성된 요약 맵 이미지의 특정 좌표위에 주요 시설물의 정보 유무를 표현한다. 시설물을 표현하는 자료의 타입(시설물의 사진, 시설물의 동영상, 3D 파노라마 이미지)에 따라 아이콘을 달리하였다. 해당 아이콘에 하이퍼링크를 적용하여 쉽게 해당 자료를 열람할 수 있다.



<그림 6> 공동구 단면도에 주요 시설물을 표현한 요약 맵의 예

요약 맵에서 3D 파노라마 이미지를 클릭하게 되면, 3D 파노라마 뷰어를 이용해 사용자가 그 위치에 서 있는 것처럼 주변 관람을 할 수 있다. 3D 파노라마 영상의 뷰어는 <그림 7>과 같다. 사용자는 마우스를 이용하여 이미지를 회전시킬 수 있으며, 키보드 조작으로 이미지를 확대/축소하여 관람할 수 있다. <그림 7(a)>는 현재 전기 배전반을 중앙으로 위치시킨 3D 파노라마 뷰어의 상태이고 (b)~(e)는 각각 좌측 회전 그림, 우측 회전 그림, 상측 회전 그림, 하측 회전 그림을 표시하고 있다. 사용자는 마우스 조작으로 360° 회전하고 키보드 조작으로 이미지를 확대, 축소하면서 공동구 내부의 상황을 관찰할 수 있다.



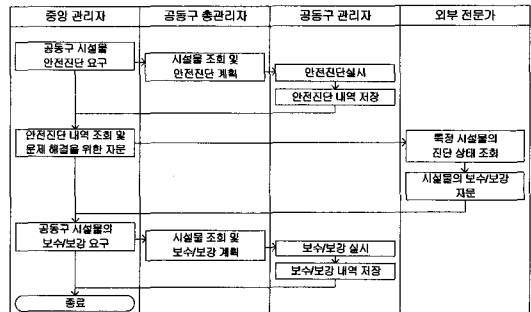
<그림 7> 3D 파노라마 영상 뷰어의 실행 예

구현된 시스템에서 '보수/보강'은 보수 보강 내역을 등록하고, 조회할 수 있다. '수시점검'에서는 관리되어져야 하는 시설물의 점검 항목들에 대해 시설물의 결함의 범위 및 정도에 따라 <표 2>의 5가지 단계로 안전도를 평가한다. '수시점검'을 위한 시설물의 점검 항목과 안전도 평가 인터페이스는 <그림 8>과 같다.

산공구별	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	지역구별	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
출연구별	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	수선구별	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
종류	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	부수	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
설치유형상태	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	출입현황	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
비파괴검사결과	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	비파괴검사상태	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
상수관지대	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	물표구	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
공동구주변인물구조물상태	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	수역지대	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
수행지대	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	적외열화상검거	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
별도	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	물차	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
건축구체물건	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	제어실습용구	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
건축구내기	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	보통설비	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
건물설비	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	특수설비	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
장기설비	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	직통회로설비	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
공동구내합설비	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	물보설비	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
수동여소	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	연동설비	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
자동화소	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	자동화설비	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
발파	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	무선통신	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
상용조각	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ	표지판	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ
통신회로	ⓐ ⓑ ⓒ ⓓ ⓔ ⓕ		

<그림 8> 시설물의 점검 항목과 안전도 평가 인터페이스

구현된 시스템에서 '안전진단'은 중앙관리자의 판단에 따라 안전 진단이 필요한 경우, 진단 항목을 등록한다. 안전 진단을 위한 업무 흐름은 <그림 9>와 같다. 공동구의 총관리자와 공동구의 관리자는 안전 진단의 요청에 따라 안전 진단을 수행하고, 해당 결과를 시스템에 입력한다. 중앙 관리자는 안전 진단의 결과에 따라 외부 전문가에게 시설물의 문제점 해결에 대해 자문하고, 해당 시설물의 보수 보강을 실시하게 된다.



<그림 9> 지하 시설물의 안전 진단을 위한 업무 흐름

본 논문에서 개발된 시스템의 이용시 중앙 관리자는 직접 방문 없이 공동구 내부 상태 변화에 대한 시설물의 상태와 보수 보강, 수시 점검 및 안전 진단 자료를 이용해 지속적이고 체계적으로 공동구를 관리할 수 있다. 공동구 책임자는 안전 진단, 수시 점검 업무를 진행하며, 공동구 시설물의 종합적인 평가를 통해 자신이 속한 공동구의 미비사항과 개선점을 알고, 각 수용물의 기능 상태 평가를 통해 유지 보수 대상의 우선순위를 알 수 있다. 또한, 중앙 관리자에게 공동구 현황 보고뿐만 아니라, 해당 공동구의 내부 상태 변화에 대한 이력 자료로 축적하여 지속적이고 체계적으로 공동구를 관리할 수 있다.

5. 결론

도시의 기본 시설인 지하 공동구와 공동구에 설치된 시설물의 종합적이고 효율적인 관리를 위해 본 논문에서는 웹 기술을 이용한 지하 공동구의 시설물 관리 시스템을 개발하였다. 본 논문에서 개발된 시스템은 컴퓨터 네트워크가 설치된 어느 컴퓨터에서라도 사용자 인증을 한 사용자는 지하 공동구의 상황을 정확하게 온라인으로 확인할 수 있으며, 3D 파노라마 기술을 관리 시스템에 적용하여 공동구의 중요 지점에서 사용자가 서있는 것처럼 내부 시설물들의 상태를 확인할 수 있다. 또한, 공동구 관리 지침 규정에 따라 작성된 공동구 유지 및 보수 보강에 관련한 정보를 공유하여 중앙 관리자와 공동구 관리자는 종합적이면서 효율적으로 지하 공동구를 관리할 수 있다. 이러한 공동구의 관리는 지하 공동구 관리 비용을 절감시키고, 지하 공동구 시설물의 상태를 정확하게 체크해서 사고를 미연에 방지할 수 있다.

본 연구에서는 3차원 지하시설물 관리 시스템과의 연동을 배제하였는데 향후 GIS 시스템의 도형자료와 속성자료 부분과 연동한다면, 시설물 관리의 효율성을 재고시킬 수 있으며, 지하시설물의 설계, 시공 및 관리 시 의사 결정에 활용될 수 있을 것이다. 또한, 누수, 홍수등의 사고발생시 신속한 상황 판단 능력까지 제공될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 김영진, 홍성완, "지하 공동구의 설계, 시공에 관한 연구", 한국건설기술연구원, 1988
- [2] 공동구의 정의,
http://kdaq.empas.com/kdic/kdic_view.html?sn=54349, 2000.10
- [3] 오승, 이윤, 김인현, "웹 기반 3차원 지하시설물 관리 시스템의 설계 및 구현", 개방형GIS학술회의, 개방형GIS학회, pp.125-136, 2000
- [4] 오권호, 진철하, 이근상, 정승현, 조기성, "상수도 지하시설물의 효율적 관리를 위한 응용시스템 개발-전주시를 대상으로", 한국측량학회지, 제18권, 제 2호, pp.111-120, 2000
- [5] 김충평, 김갑래, "지하시설물로서의 지하철 구조물 관리 방안에 관한 연구", 한국측지학회지, 한국측지학회, 제15권, 1호, pp.21-28, 1997
- [6] 공동구관리시스템보고서, 한국건설기술연구원, 2005
- [7] 이석호, 데이터베이스 시스템과 SQL Server, 정익사, 2001
- [8] D. M. Kroenke, Fundamentals, Design, and Implementation Database Processing(9th Ed), PrenHall, 2004
- [9] 김용성, Visual C++ 6 완벽가이드 2nd Edition, 영진.COM, 2004
- [10] 기명석, 김옥중, 이인재, 안상우, 김규현, "파노라마 및 다시점 영상 저작 도구 동향 분석", 주간기술동향, 통권 1168호, 정보통신연구진흥원, 2004
- [11] 어안렌즈의 정의,
<http://100.naver.com/100.php?id=110018>
- [12] Panoweaver, <http://www.easypano.com>
- [13] 배재현, ASP.NET Databases(C#편), 정보문화사, 2003
- [14] 유상용, ASP.NET과 ADO.NET을 이용한 웹 솔루션 구축하기, 정보문화사, 2002



구경이

1997년 인하대학교 전자계산공학과
(공학사)

1999년 인하대학교 전자계산공학과
(공학석사)

2004년 인하대학교 컴퓨터·정보공학과(공학박사)

2004년 ~ 현재 인하대학교 박사 후 과정

관심분야 : 이동 데이터베이스, 멀티미디어 데이터베
이스



김지윤

2001년 ~ 현재 인하대학교 정보통신공
학부 학부 과정

관심분야 : Home-Networking,
System-Programming



안효진

2003년 대전대학교 산업공학과
(공학사)

2004년 ~ 현재 인하대학교 정보통신공
학과 석사 과정

관심분야 : Web Based Workflow Management,
Information Modeling



김주성

2003년 인하대학교 통계학과(이학사)

2005년 인하대학교 정보통신공학과
(공학석사)

2005년 ~ 현재 인하대학교 정보통신공
학부 박사 과정

관심분야 : XML보안, DRM, Bioinformatics



강재모

1999년 한양대학교 토목공학과
(공학사)

2002년 한양대학교 지반공학과
(공학석사)

2002년 ~ 현재 한국건설기술연구원 지반연구부
연구원

관심분야 : 공동구의 설계 시공 및 관리기술개발,
극지지반 특성 분석과 국가 첨단시설
기초구조물의 안정적 설계, 시공연구,
대구경 샘플러



김영진

1978년 충남대학교 토목공학과(공학사)

1988년 국민대학교 지반공학과
(공학석사)

1996년 인하대학교 지반공학과
(공학박사)

1988년 인하대학교 전자계산공학과 (공학석사)

1995년 ~ 1996년 북해도대학 지반공학 Post Doc.

1983년 ~ 현재 한국건설기술연구원 지반연구부
수석연구원

관심분야 : 지반 조사 및 해석, 지반 보강, 지하 공동구
의 재해 방지 기술, 첨단 지반보강 재료 개
발 및 적용, 지반공학에서의 폐기물 재활용



김유성

1986년 인하대학교 전자계산학과
(이학사)

1988년 한국과학기술원 전산학과
(공학석사)

1992년 한국과학기술원 전산학과(공학박사)

1996년 ~ 1997년 미국 퍼듀대학교 전산학과 방문연구원

1992년 ~ 현재 인하대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : 이동 데이터베이스, 멀티미디어 정보검색,
트랜잭션 관리