

# 3D 공간정보와 비디오 융합에 의한 X3D기반 웹 가시화 X3D Based Web Visualization by Data Fusion of 3D Spatial Information and Video Sequence

손홍규\* · 김성삼\*\* · 유병현\*\*\* · 김상민\*\*\*\*

Sohn, Hong Gyo · Kim, Seong Sam · Yoo, Byoung Hyun · Kim, Sang Min

## 要 旨

전세계적으로 다양한 관측 센서 및 자료처리 기술개발을 통하여 현실 세계에 대한 3차원 공간정보 구축에 관한 관심이 높아지고 있으며, 사생활 침해 논란에도 불구하고 도시지역 곳곳에 설치된 CCTV가 교통관리나 범죄 예방 및 재난 모니터링을 위한 핵심 관측장비로서 활용되고 있다. 도시지역의 안전 확보와 각종 재난 예방을 위해 기구축된 3차원 공간정보에 CCTV 영상이나 비디오 자료를 연계시켜 유사시 발생한 상황을 실시간으로 인터랙티브하게 파악하고 모니터링할 수 있는 감시 시스템의 필요성이 제기되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 웹 가시화의 국제 표준인 X3D를 기반으로 3차원 공간정보와 비디오 융합을 통하여 인터넷 상에서 실시간으로 인터랙티브하게 가시화할 수 있는 프로토타입 시스템을 개발하여 그 활용가능성을 제시하고자 하였다.

핵심용어 : 3차원 공간정보, 비디오 영상, 자료통합, 웹 가시화, 카메라 투영 모델링

## Abstract

Global interests for construction of 3 dimensional spatial information has risen due to development of measurement sensors and data processing technologies. In spite of criticism for the violation of personal privacy, CCTV cameras equipped in outdoor public space of urban area are used as a fundamental sensor for traffic management, crime prevention or hazard monitoring. For safety guarantee in urban environment and disaster prevention, a surveillance system integrating pre-constructed 3 dimensional spatial information with CCTV data or video sequence is needed for monitoring and observing emergent situation interactively in real time.

In this study, we proposed applicability of the prototype system for web visualization based on X3D, an international standard of real time web visualization, by integrating 3 dimensional spatial information with video sequence.

Keywords : 3D spatial information, Video sequence, data fusion, web visualization, camera projective modeling.

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

최근 도시지역의 산업 경제 및 서비스 집중이 심화되고 인구가 고밀화되면서 지진, 태풍 등의 자연재해나 테러, 교통사고, 가스폭발 등 인위적 재난 발생시 그 피해 규모가 급격하게 증가하고 있다. 도시 재난 증가와 피해 규모의 대형화로 인해 도시지역에 대한 전방위적인 관리 및 감시체계의 필요성이 대두되고 있으며, 도

시 곳곳에 설치된 CCTV가 사생활 침해 논란에도 불구하고 도시지역의 주요한 감시수단으로서 교통관리나 범죄 예방 및 모니터링을 위한 핵심자료로서의 활용성이 증가하고 있다. 또한, 1990년대 후반부터 현실 세계에 대한 3차원 공간 정보 구축과 위치정보가 연계된 가상공간 구현을 위해 근접촬영 영상에서부터 항공사진, 위성사진, 항공 및 지상 LiDAR에 이르기까지 다양한 관측 장비와 자료처리 기술, 구축 기법들이 제시되었다. 이렇게 다양한 센서 자료를 통해 구축된 3차원 공간정

2009년 11월 19일 접수, 2009년 12월 20일 채택

\* 정희원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 부교수(shon1@yonsei.ac.kr)

\*\* 교신저자 · 연세대학교 건설공학연구소 박사후과정(samskim@yonsei.ac.kr)

\*\*\* MIT Center for Environmental Sensing and Modeling(yoo@byoo.net)

\*\*\*\* 정희원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 석박사통합과정(netgo82@yonsei.ac.kr)

표 1. 웹 가시화 국제표준 기술비교

구분	3D Graphics Library	GML	X3D	KML
공간정보 표현	없음	Feature	Geospatial component	Feature
자료호환성	표준 아님	국제표준	국제표준	국제표준
재사용성	어려움	용이함	용이함	용이함
3D 가시화	우수(real-time)	어려움	우수(real-time)	우수(Google Earth)
비디오 연동	가능	불가능	3D 비디오 표현가능	2차원 비디오 표현 가능

보에 현장의 사실적 묘사와 모니터링 효과를 부여하기 위하여 CCTV 영상이나 실생활에서 흔히 취득할 수 있는 비디오 자료를 연계하는 기술개발도 이루어지고 있다. 2005년 Agarwala 등은 동적 환경에서 비디오 영상을 끊김없는(seamless) 파노라마 영상으로 모자이크 하는 연구를 수행하였으며, 2006년 Chen 등은 건물 측면에서 촬영된 비디오 영상을 모자이크한 후 3차원 공간 모델에 맵핑하는 연구를 수행하였다. Nuemann 등(2003)은 3D 모델 구축과 정제(refinement), 건물 추출, 센서 트래킹(sensor tracking), 실시간 비디오/영상 수집, 3차원 가시화를 위한 비디오 텍스처 매핑 등의 3D 모델과 비디오 영상간의 동적 융합(dynamic fusion)을 통하여 3차원 증강 가상현실을 구축하는 연구를 수행하였다. 그러나, 이러한 기존의 연구들은 3차원 공간정보 구축에 요구되는 위치정보 기반의 매핑 정확도 향상을 위한 기술적 논의가 부족하고, 최근의 인터넷 기술 여건이나 국제적 표준을 고려한 웹 가시화 기술에 대한 고려는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 웹 기반 3차원 공간정보의 인터랙티브(interactive)한 시물레이션과 실시간 3D 가시화를 위하여 3차원 공간정보와 비디오 퓨전 기술에 의한 X3D 기반의 웹 3D 가시화 시스템을 개발하고 그 활용가능성을 제시하고자 하였다.

## 2. 웹 가시화 표준 기술

### 2.1 웹 가시화를 위한 국제표준 기술

현재 웹 가시화를 위한 대표적인 국제표준으로는 GML(Geography Markup Language), X3D(Extensible 3D Graphics), KML(Keyhole Markup Language) 등이 있다. GML은 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 주도하고 있는 GIS 정보 표현을 위한 국제표준(ISO 19136:2007)으로 2008년 3차원 공간정보 표현을 위해 CityGML이 제안되어 표준으로 승인되었다(Kolbe et al., 2005; OGC, 2007; OGC, 2008b). X3D는 Web3D Consortium에서 주도된 3차원 실시간 그래픽스를 위한 국제표준(ISO/IEC 19775-19777)으로 3차

원 공간정보표현을 위한 Geospatial 컴포넌트를 포함하고 있으며, 2006년부터 전지구 모델을 가시화하기 위한 X3D Earth 프로젝트를 진행 중에 있다(Daly and Brutzman, 2007). KML은 Google Earth 및 Google Map에서 처음으로 사용되었던 기술로 Google에서 OGC에 제안하여 2008년 국제 표준으로 승인받고 있다(OGC, 2008a).

표 1은 현재 웹 가시화 국제표준간의 기술적 특성을 비교하고 있으며(Yoo et al.; 2008), X3D가 기타 표준에 비해 3D 가시화와 비디오 융합 측면에서 우수함을 알 수 있다.

### 2.2 X3D 국제표준의 특성

X3D는 웹 기반 실시간 인터랙티브 컴퓨터 그래픽스에 관한 승인된 국제 표준으로, 1997년 웹 가시화 국제표준인 VRML의 연장선에 있으며, X3D Earth 워크 그룹에서 Geospatial component의 표준화 및 응용 저변확대를 위한 노력이 진행 중에 있다. 최근에는 OGC와 Web3D Service에 관한 공동 표준을 개발하기 위한 상호협정을 교환하였으며, Khronos 그룹의 Collada와 호환을 추진하는 등 GIS 및 CAD 분야의 3차원 정보표현을 위한 상호호환성 확장에 힘쓰고 있다. X3D는 XML기반의 Markup Language로, 3차원 가상공간의 표현 및, 애니메이션, 인터랙티브 이벤트, 시물레이션을 위한 스크립트 및 Scene Authoring Interface (SAI) 등을 제공하며, 다수의 오픈 소스 브라우저(플레이어) 및 상용 브라우저가 구현되어 있다. 또한, 사용자의 요구에 따라 다양한 수준의 프로파일을 제공함으로써, 사용 목적에 따라 적절한 수준의 구현레벨의 사용과 브라우저를 선택적으로 제공할 수 있다. 웹 개발 측면에서의 X3D는 다양한 파일 인코딩과 프로그래밍 언어를 지원하는 강점을 갖고 있다. 표준 XML 인코딩 이외에도 Classic VRML 인코딩과 효율적인 압축을 위한 X3DB 바이너리 인코딩을 지원하며, 브라우저 내/외부에서의 3차원 Scene 연동을 위하여 EcmaScript를 이용한 스크립트 및 확장, SAI를 이용한 외부 Application 또는 웹 브라우저와의 통신이 가능하다.

2.3 카메라 및 투영 모델링을 통한 비디오 매핑  
 비디오 영상 등의 2차원 텍스처 영상을 3차원 공간 모델상에 투영하기 위해 카메라 모델링과 투영 모델링이 선행되어야 한다. 즉, CCTV 비디오 영상을 3차원 공간정보로 구성된 가상환경 속의 임의의 위치에 표현하기 위하여 가상의 카메라를 3차원 공간상에 위치시키고 카메라의 전방에 가상의 스크린에 영상을 투영하여 CCTV에서 촬영된 비디오 영상을 가시화함으로써, CCTV가 촬영된 위치에서 가상공간을 바라보면 실제 CCTV가 녹화하는 위치와 동일한 곳에서 영상이 보일 수 있도록 구현해야 한다. 3차원 공간 모델에 텍스처 영상을 매핑하기 위한 버텍스(vertex) 좌표 계산은 OpenGL의 texture coordinate generation(texgen)을 통해 수행되며, GL\_OBJECT\_LINEAR와 GL\_EYE\_LINEAR texgen이 버텍스 속성으로 부터 텍스처의 좌표를 생성하는 기능을 제공하고 있다. 카메라 및 투영 모델, 비디오 동영상의 메타데이터(metadata)를 이용하여 3차원 가상 모델 상의 위치나 방향 투영행렬(projection matrix)을 계산하게 된다.

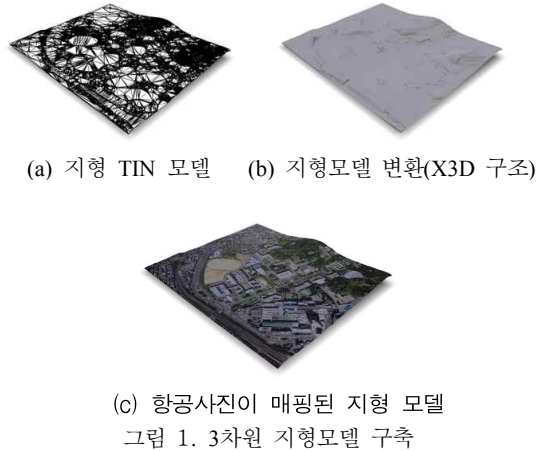


그림 1. 3차원 지형모델 구축  
 도의 등고선 레이어에서 생성된 TIN 자료로부터 구축된 VRML 모델을 이용하여 그림 1과 같이 IndexedFaceSet으로 구성된 지형 모델을 구성하고 최종적으로 항공사진을 텍스처 매핑하여 3차원 지형모델을 생성하였다.

3. 웹 가시화를 위한 3D 공간정보 구축 및 비디오 텍스처 모델링

3.1 3D 공간정보 구축

3차원 공간정보는 크게 가상공간의 기반이 되는 지형모델(terrain model)과 건물, 도로, 교량 등과 같은 인공지물로 구분할 수 있으며, 본 연구에서는 연세대학교 주변의 VRML 지형 모델과 학내 공학관 건물 모델을 이용하여 3차원 공간정보로 구성된 가상환경을 구축하였다.

3.1.1 3차원 지형정보 구축

일반적으로 3차원 지형 정보는 Elevation Grid 또는 삼각망(TIN, Triangulated Irregular Network) 형태의 정보모델을 사용하여 표현한다. 3차원 지형 정보의 표현에 사용 가능한 X3D 형상 노드 중 특히 Grid 및 TIN 형상의 표현에 적합한 노드는 IndexedFaceSet과 ElevationGrid가 있으며, 최근 Geospatial 컴포넌트 추가로 GeoElevationGrid의 사용이 가능해졌다.

본 연구에서는 연세대학교 주변의 1:1000 수치지형

3.1.2 3차원 건물정보 구축

3차원 건물 모델은 3차원 CAD 모델로부터 VRML 또는 X3D 포맷으로 변환하여 지형모델 위에 정합하여 구축하였다. 본 연구에서는 연세대학교 공과대학 주변을 대상으로 수치지형도에서 추출한 건물 경계선 정보를 이용하여 건물의 와이어프레임(wireframe)을 생성하였으며, 이를 3D MAX를 통해 변환된 VRML 건물 모델로부터 X3D 포맷의 3차원 모델을 생성한 후, 3차원 지형모델과 중첩하였다(그림 2).

그러나, 수치지형도 건물 레이어에서 추출한 초기 건물모델을 지형모델 상에 중첩한 결과, 모델 공간상의 위치와 축척이 상이하여 정합오차가 발생하였다. 1번 건물 모델(dSolid\_01)의 경우 약 20% 이상의 축척 및 위치 오차가 발생하였으며, 지형모델 상에서의 각 건물 모델의 위치와 축척을 고려하여 표 2와 같이 모델의 위치와 크기 오차를 보정하였다. 또한, 수치지형도에서 추출된 단순화된 건물 외곽선 정보만으로 정밀한 3차원 건물 정보를 구축하기 어려우므로, 지상 LiDAR 등의 정밀한 현장 관측 자료를 수집 활용하는 방안이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

표 2. 지형 및 건물모델의 보정

구분	모델명	초기 건물모델 좌표(중심점)			보정된 건물 모델 좌표(중심점)			축척변화
		X	Y	Z	X	Y	Z	
건물모델	dSolid_01	194200	-450900	12.5	194261.30	-450894.5	8	0.75
건물모델	dSolid_02	194300	-451100	42.05	194327.22	-451072.31	38.97	0.99

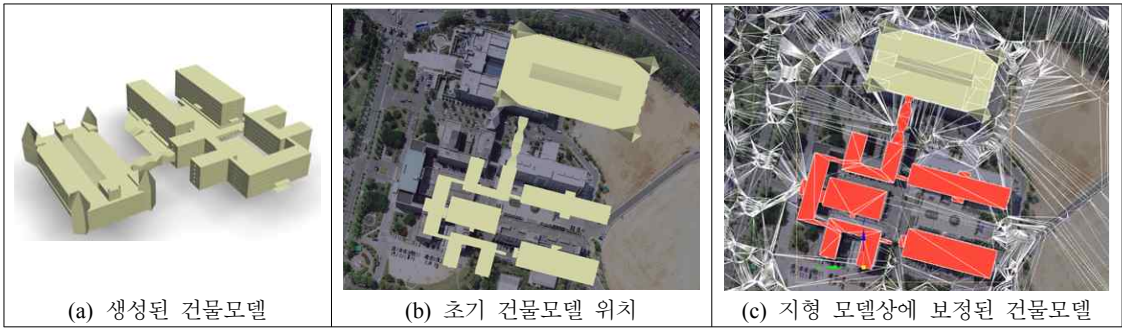


그림 2. 3차원 건물모델 구축

표 3. 3차원 공간정보 X3D 모델의 XML 코드

```

<X3D profile="Immersive" version="3.0">
  <head>
  </head>
  <Scene>
    <Transform translation='-194300 0 451100'>
      <Transform DEF="Transform 01" translation='0 30.55 0'>
        <Transform DEF="Building Transform 01" translation=
          '194261.296875 8 -450894.500000' scale='0.749459 0.749459 0.749459'>
          <Shape>
            <Appearance>
              <Material ambientIntensity='1' diffuseColor='0.9059 0.9176 0.5882'
                shininess='0.145' specularColor='0 0 0' transparency='0'/>
              <IndexedFaceSet DEF="Building Solid 01-FACES" ccw='true' coordIndex=
                [...]
              <Coordinate DEF="_dSolid_01-COORD" point= [...]
            </Transform> // 건물모델 #1

            <Transform DEF="Building Transform 02" translation= '194327.218750 38.973469
              -451072.312500' scale='0.993095 0.993095 0.993095'>
              <Shape>
                <Appearance>
                  <Material ambientIntensity='1' diffuseColor='0.9059 0.9176 0.5882'
                    shininess='0.145' specularColor='0 0 0' transparency='0'/>
                </Appearance>
                <IndexedFaceSet DEF="Building Solid 02-FACES" ccw='true' coordIndex= [...]
                <Coordinate DEF="_dSolid_02-COORD" point= [...]
              </Transform> // 건물모델 #2
            </Transform>
          </Scene>
        </Transform>
      </Transform>
    </Transform>
  </Scene>
</X3D>
  
```

표 4. X3D에서의 MovieTexture의 노트 정의

```

MovieTexture : [X3DTexture2DNode, X3DSoundSourceNode, X3DUrlObject {
  SFString [in,out] description ""
  SFBool [in,out] loop "Terrain Transform 01" translation='193800 22 -451100'>
  SFNode [in,out] topTerrain Transform 01
  SFNode [in,out] metadata NULL [X3DMetadataObject]
  SFTime < [in,out] pauseTime 0 (-∞,∞)
  SFTime < [in,out] resumeTime 0 (-∞,∞)
  SFFloat [in,out] speed 1.0 (-∞,∞)
  SFTime < [in,out] startTime 0 (-∞,∞)
  SFTime < [in,out] stopTime 0 (-∞,∞)
  MFString [in,out] url [] [URI]
  SFTime < [in,out] targetTime 0 (-∞,∞)
  SFTime [out] textureCoordTime DEF="Terrain01-TEXCOORD" point= [...]
  SFBool < [in,out] isActive // 지형모델
  SFBool [out] isPaused
  SFBool [in,out] repeatS TRUE
  SFBool [in,out] repeatT TRUE
  < [in,out] textureProperties NULL [TextureProperties]
  </MovieTexture>
  
```

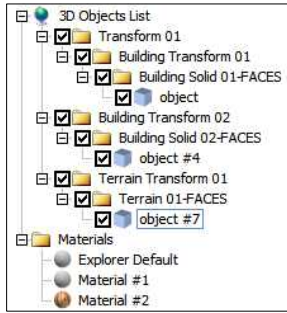


그림 3. 3D 공간정보의 X3D 모델구조

건물모델의 위치와 배율의 오차를 보정하여 지형모델 상에 정확하게 정합한 3차원 공간정보의 X3D 모델은 그림 2 (c)와 같다.

구축된 3차원 공간정보 X3D 모델 구조는 X3D의 Scene Graph의 트리구조로 구성되며, Transform 노드를 이용하여 건물모델과 지형모델을 구축하였다. 표 2는 지형모델과 건물모델이 정합된 X3D 모델을 간략화시킨 XML 코드를 나타내고 있으며, 그림 3의 트리 구조는 실제 3차원 공간정보를 표현하고 있는 X3D 모델을 보여주고 있다.

3.2 비디오 텍스처 매핑

본 연구에서는 일반적으로 정지화상을 이용하는 텍스처 매핑 기법과는 달리 동영상을 3차원 객체의 평면 위에 투사하는 비디오 텍스처 매핑(Video texture mapping) 기법을 이용하여 영상정보를 표현하였다(Segal et al., 1992). CCTV 카메라에서 촬영한 영상과 가상공간 속의 비디오 텍스처의 위치를 매핑하기 위하여 카메라 모델과 Viewpoint 모델의 상관관계를 이용하였다(그림

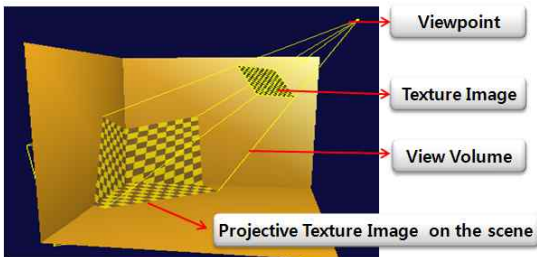


그림 4. 비디오 텍스처 매핑 컴포넌트

4). Viewpoint 모델은 Viewpoint, Texture Image, View volume, 투영된 texture image 등으로 구성된다. 비디오 텍스처 매핑을 위하여 X3D에서는 MovieTexture, 비디오 Prototype, Instance 노드 등을 제공하고 있다.

3.2.1 MovieTexture

X3D는 여타 표준기술들과는 달리 MovieTexture 노드를 이용하여 비디오 텍스처 매핑을 표현할 수 있는 장점이 있다. MovieTexture 노드는 시간에 따라 변화하는 텍스처 맵과 변화를 제어하기 위한 파라미터를 정의하기 위한 정보들로 구성된다. 또한 MovieTexture 노드는 소리에 대한 정보를 포함하기 때문에 Sound 노드의 소리 정보로 사용될 수도 있다. url 필드는 MovieTexture 노드에서 사용되는 비디오 영상의 위치를 정의하는데, 국제 표준인 ISO/IEC 11172-1 MPEG1-Systems(audio and video) 또는 MPEG1-Video(video-only)의 비디오 파일 포맷을 지원한다. MovieTexture 노드는 Appearance 노드의 Texture 필드에서 참조되어 실제 3차원 형상의 표현에 사용된다. MovieTexture 노드의 정의는 표 4와 같다.

표 5. CCTV 카메라 Prototype 설정

```
ProtoInstance name='CCTV'>
  <fieldValue name='description' value='CCTV Camera 1'>
  <fieldValue name='position' value='0 0 0'>
  <fieldValue name='orientation' value='0 1 0 0'>
  <fieldValue name='url' value='Sequence3.mpg'>
</ProtoInstance>
```

표 6. 비디오 카메라 촬영 지점

비디오 No.	sequence 01			sequence 02			sequence 03		
	X	Y	z	X	Y	z	X	Y	z
위치 (m)	194244.57	451104.60	25	194240.50	451043.58	25	194364.40	451060.13	1.6

3.2.2 CCTV Prototype

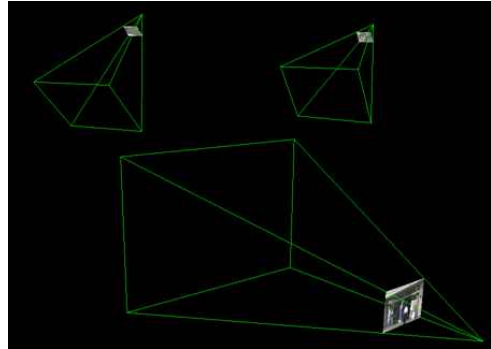
MovieTexture를 이용하여 CCTV에서 촬영한 영상을 표현하기 위해, CCTV의 위치로 부터 카메라의 렌즈에 들어오는 화각과 거리를 표현하고, 가상의 스크린에 영상을 투영할 수 있는 Prototype 노드를 개발하였다.

X3D는 스펙(specification) 상에서 정의하지 않은 새로운 노드에 대한 정의 및 확장을 보장하기 위해서 ProtoDeclare 및 ProtoInstance 노드를 이용하여 새로운 노드의 Prototype을 통한 확장 기능을 제공한다. 본 연구에서는 CCTV 카메라의 위치, 화각, 촬영범위를 시각적으로 표현하고, 가상의 스크린과 스크린에 투영될 CCTV 카메라 영상을 포함하는 CCTV Prototype을 개발하였다. CCTV의 Prototype을 사용하여 실제 CCTV의 Instance를 만들기 위해서는 표 5와 같이 ProtoInstance 노드를 이용한다. Prototype의 정의 과정에서 입력 필드로 정의한 CCTV 카메라의 이름, 위치, 방향, 그리고 비디오 영상의 주소를 Instance의 매개변수로 지정함으로써 CCTV의 Instance가 생성된다. CCTV Instance는 3차원 공간상의 임의의 공간에 원하는 위치와 방향으로 생성할 수 있으며, 사용자의 시점에 무관하게 CCTV의 비디오 영상이 자동으로 재생되도록 구현하였다.

3.2.3 CCTV 영상 Instance

실제 연세대학교 공학관 주변을 촬영한 비디오 영상을 이용하여 CCTV Prototype으로부터 Instance를 생성하였다. 사용된 영상은 총 3 곳에서 캡처를 이용하여 촬영한 영상으로 촬영된 위치의 좌표는 표 6과 같다.

이로 부터 카메라의 위치와 방향, 비디오 영상의 주소를 각 Instance의 필드 값으로 사용하여 3차원 공간 모델 상에 비디오 영상을 투영하기 위한 가상의 스크린을 가진 3개의 CCTV Instance를 그림 5 (a)와 같이 생성하였으며, 그림 5 (b)는 생성된 3개의 CCTV Instance를 X3D 브라우저에서 가시화한 모습을 나타내고 있다.



(a) 공간 모델상의 CCTV Instance 생성



(b) X3D 브라우저 상에서의 CCTV Instance

그림 5. CCTV Instance 생성 결과

4. 비디오 퓨전을 통한 3차원 공간정보 가시화

4.1 웹 3D 가시화 시스템 구성

비디오 퓨전을 통한 3차원 공간정보 가시화를 위하여 본 연구에서는 TIN 기반의 지형 모델을 생성한 후 항공사진을 이용하여 텍스처 매핑을 수행하였다. 3차원 건물 모델은 수치지형도의 건물 레이어를 활용하여 생성한 후, X3D 트리구조로 변환하여 3차원 공간정보를 구축하였다. 3차원 공간모델상에 비디오 영상을 매핑하

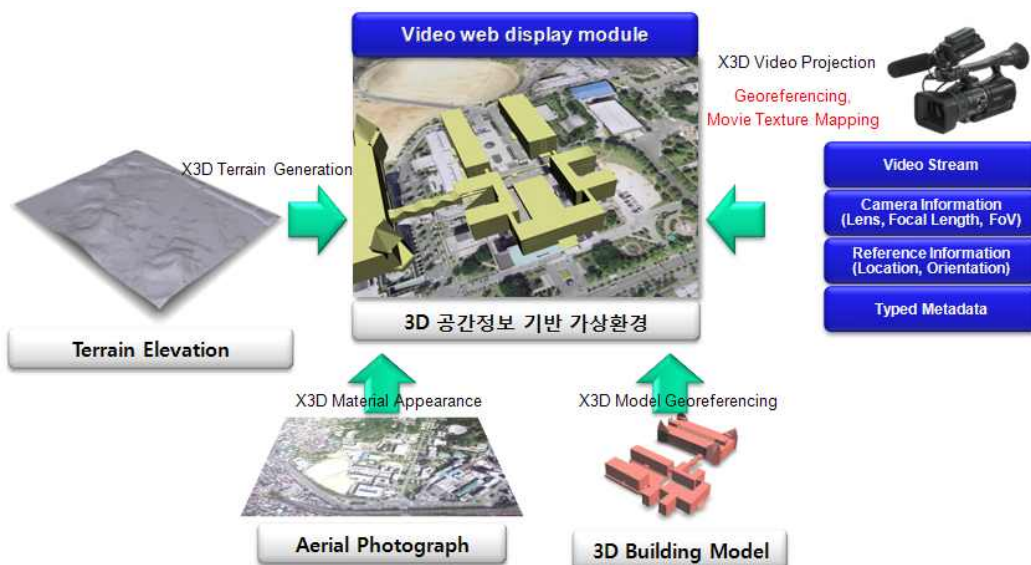


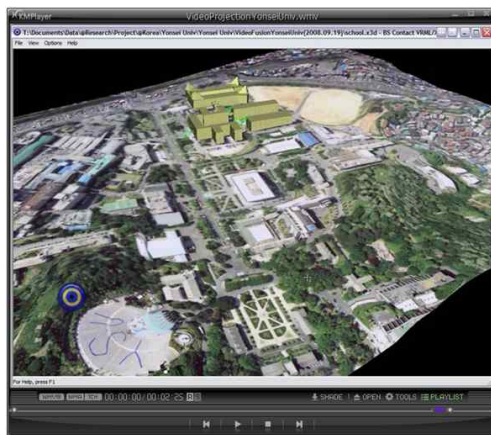
그림 6. 웹 3D 공간정보 구축 개념도

기 위하여 동영상상을 가상의 평면 위에 투사하는 비디오 텍스처 매핑 (Video texture mapping) 기법을 적용하였다. X3D에서 비디오 텍스처 매핑을 위해 제공되고 있는 MovieTexture 노드, 비디오 Prototype 노드와 Instance 노드를 이용하여 구축된 3차원 공간모델과 비디오 영상을 연계시켜 정확한 위치에서 재생하도록 구현하였다.

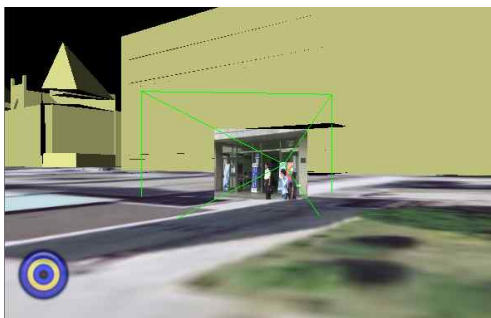
4.2 웹기반의 3D 공간정보와 Video 매핑

앞서 3장에서 기술한 일련의 과정을 거쳐 3차원 공간정보와 CCTV 비디오 영상이 융합된 X3D Scene을 구현하였으며, 표 7은 구현된 X3D Scene의 XML 코드를 나타내고 있다. 3차원 공간정보와 CCTV 영상으로 구성된 X3D Scene의 네비게이션을 용이하게 하기 위하여 5개의 Viewpoint를 정의하였다. 3개의 CCTV Instance 생성과정에서 각각의 CCTV 카메라가 위치한 곳에 Viewpoint가 생성되어 총 3개의 CCTV 카메라를 위한 Viewpoint를 추가하였다. X3D 브라우저상에서 Viewpoint 사이의 전환은 PageUp/Down 키를 이용하여 편리하게 수행할 수 있도록 하였다.

그림 7 (a)는 미리 정의된 5개의 Viewpoint 중 1번 포인터에서 실제 브라우저에서 보이는 X3D scene을 캡처한 영상이며, 그림 7 (b)는 3개의 CCTV Instance 생성과정에서 자동으로 생성된 CCTV 카메라의 위치와 동일한 Viewpoint의 실제 X3D 브라우저에서 구현된 그림을 보여주고 있다.



(a) Viewpoint 1에서의 X3D Scene 스크린샷



(b) X3D Scene의 CCTV 3 비디오 영상

그림 7. 구현된 X3D scene의 비디오

표 7. 비디오 영상이 추가된 3차원 공간정보 X3D 모델의 XML 코드

```

<X3D profile="Immersive" version="3.0">
  <head>
  </head>
  <Scene>
  <NavigationInfo type="FLY" "EXAMINE" "WALK" "ANY"/>
    <Transform translation='-194300 0 451100'>
      <Viewpoint description="Viewpoint 1"/>           //viewpoint 정의
      [...]

    <ProtoDeclare name='CCTV'>
      <ProtoInterface>
      [...]
    </ProtoDeclare>                               // 비디오 영상 Prototype 선언

    <ProtoInstance name='CCTV'>
      <fieldValue name='description' value='CCTV Camera 1'/>
      [...]
    </ProtoInstance>

    <ProtoInstance name='CCTV'>
      <fieldValue name='description' value='CCTV Camera 2'/>
      [...]
    </ProtoInstance>                               // 비디오 영상 Instance
  [...]

  <Transform translation='-194300 0 451100'>
    <Transform DEF="Transform 01" translation='0 30.55 0'>
      <Transform DEF="Building Transform 01" translation=
        '194261.296875 8 -450894.500000' scale='0.749459 0.749459 0.749459'>
        <Shape>
          <Appearance>
            <Material ambientIntensity=[...]
          </Appearance>
        </Transform>           // 건물모델 #1

      <Transform DEF="Building Transform 02" translation= '194327.218750 38.973469
        -451072.312500' scale='0.993095 0.993095 0.993095'>
        <Shape>
          <Appearance>
            <Material ambientIntensity= [...]
          </Appearance>
        </Transform>           // 건물모델 #2

      [...]

    <Transform DEF="Terrain Transform 01" translation='193800 22 -451100'>
      <Shape>
        <Appearance>
          <ImageTexture url='yonseil.jpg'/>
        </Appearance>
        <IndexedFaceSet DEF=[...]
      </Transform>           // 지형모델
      [...]

  </Scene>
</X3D>

```



## 5. 결 론

3차원 공간정보와 비디오 퓨전을 통하여 현재 실시간 웹 가시화의 국제표준인 X3D를 기반으로 하는 웹 가시화 시스템을 구축한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, Web 3D 가시화 국제 표준인 X3D와 OpenGL 기반의 표준 X3D 브라우저를 사용하여 실시간에 가깝게 3차원 공간정보를 가시화할 수 있는 3차원 웹 가시화 프로토타입을 제시하였으며, X3D Geospatial 컴포넌트에 의한 공간정보 표현의 정확도 향상과 비디오 자료를 3차원 모델 공간에 투영하는 비디오 융합 기술을 개발하였다.

둘째, X3D에서 비디오 텍스처 매핑을 위해 제공되고 있는 MovieTexture 노드, 비디오 Prototype 노드와 Instance 노드를 이용하여 구축된 3차원 공간모델과 비디오 영상을 연계시켜 CCTV 등의 비디오 자료를 3차원 공간정보와 위치적으로 정확하게 정합하여 가시화할 수 있는 기술을 개발하였다.

본 논문에서 제시된 3차원 공간정보와 비디오 영상의 융합기술은 도시지역의 안전 확보와 재난 예방을 위한 3차원 공간정보 기반의 실시간 영상 모니터링 시스템 구축 등에 활용할 수 있을 것이다. 향후 연구로서 보다 정밀한 3차원 공간 모델 구축을 위하여 다양한 현장 자료의 수집과 자료처리 기법을 강구해야 할 것으로 판단된다. 특히, 정밀한 건물 모델 구축을 위한 지상 LiDAR 자료를 활용하는 방안과 이를 통하여 프로토타입 단계에서 제공된 지형 및 건물 모델의 정확도 향상을 통해 고품질의 가상환경 구현하고, 건물 면의 텍스처 매핑을 수행하여 건물모델을 보다 사실적으로 표현하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10540)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Agarwala, A., Zheng, C., Pal, C., Agrawala, M.,

- Cohen, M., Curless, B., Salesin, D., Szeliski, R., 2005, "Panoramic Video Textures". *ACM Transactions on Graphics(Proceedings of SIGGRAPH 2005)*, Vol.24, No.3, pp.821-827.
2. Chon, J., Shimizu, E., Shibasaki, R., 2006, "Retrieval of 3D Video Mosaics for Fast 3D Visualization", *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE*, NUMB. 3942, pp.1008-1017.
3. Daly, L., Brutzman, D., 2007, "X3D: Extensible 3D Graphics Standard [Standards in a Nutshell]". *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol.24, No.6, pp.130-135.
4. ESRI, 2003. "Spatial Data Standards and GIS Interoperability". ESRI White Paper, ESRI, pp.1-10.
5. Kolbe, T. H., G. Gröger, Plumer, L., 2005, "CityGML: Interoperable Access to 3D City Models". *Proc. of International Symposium on Geo-information for Disaster Management*, pp.883-899.
6. Neumann, U., You, S., Hu, J., Jiang, B., Lee, J., 2003, "Augmented Virtual Environments (AVE): Dynamic Fusion of Imagery and 3D Models," *IEEE Virtual Reality Conference 2003*, p.61.
7. OGC, 2007, *OpenGIS Geography Markup Language (GML) Encoding Standard*. <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>.
8. OGC, 2008a, *OGC KML*. <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>.
9. OGC, 2008b, *OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard*. <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>.
10. Segal, M., Korobkin, C., Widenfelt, R., Foran, J., Haeberli, P., 1992, "Fast shadows and lighting effects using texture mapping", *Computer Graphics*, Vol.26, No.2, pp.249-252.
11. Yoo, B., Brutzman, D., Han, S., 2008, "Real-time 3D Simulation Infrastructure for Practical Application of High-resolution Satellite Imagery". *Proc. of International Symposium on Remote Sensing*, Daejeon, Korea.