

VideoGIS를 이용한 시설물관리시스템 구축

Construction of Facilities management System Using VideoGIS

구흥대*, 정동기**, 제정형***, 유환희****

Koo, Heung Dae · Chung, Dong Ki · Je, Jeong Hyeong · Yoo, Hwan Hee

- * 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정(055-751-5321: koo11010@hanmail.net)
- ** 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정(055-751-5321: 1bigstone1@naver.com)
- *** (주)HanGIS 대표(055-761-6388: hangis@hangis.com)
- **** 경상대학교 건설공학부 도시공학전공 교수(055-751-5321: hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

요 旨

최근 급속한 도시화와 국토개발에 의해 대규모의 사회기반시설이 확충되면서 각종 재해와 환경오염이 우리의 생활환경을 위협하고 있다. 따라서 체계적이고 효율적으로 시설물을 관리하기 위한 핵심기술로서의 GIS는 정보화시대에서 그 활용성이 높게 평가되고 있다. 이러한 지리 정보 시스템에 비디오 데이터 연계 기능을 더하여 영상을 기반으로 직접 사용자와 상호작용을 하며 공간 데이터를 분석, 관리, 출력하는 비디오 지리 정보 시스템(Video Geographic Information System: Video GIS)이 GIS 분야에 있어서 새로운 연구 분야로 떠오르고 있다.

본 연구에서는 급변하는 도시지역의 시설물들을 실시간적으로 관리를 하기 위해 비행선촬영 시스템을 통하여 취득된 비디오 자료를 데이터베이스화하고 이를 공간정보와 연계시켜 도시지역에 존재하는 각종 시설물을 관리할 수 있는 동영상 정보시스템을 prototype으로 구축하여 그 가능성을 제시하였다.

1. 서론

복잡하고 급변하는 도시화로 인한 사회기반시설의 확충으로 새로운 차원에서의 도시관리와 계획이 요구되고 있으며, 다양한 정보 활용 측면과 실시간적인 정보분석이라는 측면에서 멀티미디어 정보를 종합 분석하여 도시시설물을 관리하고 모니터링할 수 있는 정보체계구축이 필요하게 되었다. 최근, 비디오 자료의 해상력이 향상되고 편리하게 실시간으로 영상자료를 취득할 수 있는 장점이 부각되면서 특정정보 검색이나 벡터 자료와의 통합, georeferencing 기술, 속성 정보 연계, 공간 분석 등을 수행할 수 있는 VideoGIS에 관련된 연구들이 시범적으로 진행되고 있다. VideoGIS에 관한 연구사례로 MIT에서는 트럭에 카메라와 비디오 재

생기를 탑재하여 Aspen 시내를 촬영한 것을 시점으로 주로 촬영된 정적인 비디오 클립을 통하여 시각적으로 시설물 위치나 지형정보를 분석하는 도시 계획이나 국토경관 관리 분야에 활용하였다. 프랑스 INRIA학회, Pompeu 대학 등에서 VideoGIS를 개발하기 위한 비디오 구조와 문자정보 연계 및 DB 연결 등에 대한 시범연구를 수행하였다. 최근에는 다중매체(Multimedia) GIS 용어와 개념이 소개되고 있으며, 3차원적인 가상공간과 데이터베이스 구축, 실시간적인 공간분석을 위한 동영상자료 연계 등을 시도하면서 다양한 미디어정보를 활용하여 기존의 GIS가 갖는 한계성을 극복하고 활용 범위를 확대시키기 위한 연구가 시작되고 있다. 국내에서는 ETRI가 4S-VAN을 개발하면서 비디오자료를 이용한 VideoGIS의

가능성을 제시하였으며, 유환희 등은 항공 비행선촬영시스템을 개발하여 VideoGIS 개발 가능성을 제시하였다(유환희 등, 2003).

본 논문은 비행선 비디오촬영시스템을 통하여 취득된 도로 및 도로시설물에 대한 비디오 자료와 공간/속성 정보를 연계시켜 데이터베이스를 구축하고 이를 통하여 도시 시설물을 시공간적(Spatio-Temporal)으로 관리할 수 있는 프로토타입 시설물관리시스템을 제시하는데 연구목적이 있다.

2. 비행선 비디오촬영시스템

본 논문에서 사용된 비행선 시스템은 기존 비행선의 비행특성의 단점을 보완하고 도심지 도로촬영을 위해 비행성능을 향상시킨 형태로 기존 보유한 비행선의 기낭시스템, 엔진추진시스템, 꼬리날개(Tail Fin)를 보완하여 제작하였다. 첫째, 기낭시스템부분은 날씬비를 기존 4:1에서 3.87:1로 줄여 공력특성부분을 향상시켰으며 가벼우면서도 내구성이 뛰어난 폴리우레탄(polyurethane) 소재를 사용하여 기낭을 제작함으로써 비행선체 하중을 줄여 Payload를 증가시키고 비행선의 무게중심에 곤돌라를 위치시켜 비행선의 자세를 안정시켰다. 둘째, 엔진추진 시스템부분에서 저속특성이 우수하면서 진동이 적은 엔진을 탑재하고 기낭과의 장착 부분에 완충시스템을 적용시켜 촬영시스템 부분에 전달되는 진동을 차단시켰다. 셋째, 비행선의 롤링(rolling) 현상을 줄이고자 꼬리날개를 기존의 십자형에서 X-자형으로 변환하여 비행선의 항공촬영영상에서 나타나는 좌우 흔들림을 줄이고자 하였다. 위와 같은 시스템의 성능 향상은 저속비행, 정지비행, 위험시 후진비행 등 실제 비행시 나타나는 3축방향의 흔들림을 줄였으며, 전체적인 비행특성을 안정화시켜 장시간 체공하여 도심지 도로촬영비행에 적합하도록 설계·제작하였다.

일반적으로 무선 헬기에 탑재된 촬영시스

템은 헬기의 자체 진동 때문에 시스템 자체에 방진장치를 따로 해야 하지만 비행선의 경우 기낭에서 진동이 감소되어 촬영영상에서 흔들림 없는 영상을 취득할 수 있다.

본 연구에서는 방송용 비디오카메라인 Sony사의 DSR-PD150을 탑재하여 DVCAM Format의 720×480 크기의 영상을 취득하였다. 또한, 촬영 지역의 보다 다양한 자료를 취득하기 위하여 좌/우, 상/하 틸팅, 롤링을 제어할 수 있는 3축 카메라마운트(HanVCM II)를 자체 기술로 개발/제작하였으며, 지상에서 무인항법시스템을 통하여 모니터링과 제어가 가능하도록 하였다. 그림 1은 개발된 비행선 비디오촬영시스템의 구성도를 보여주고 있다.

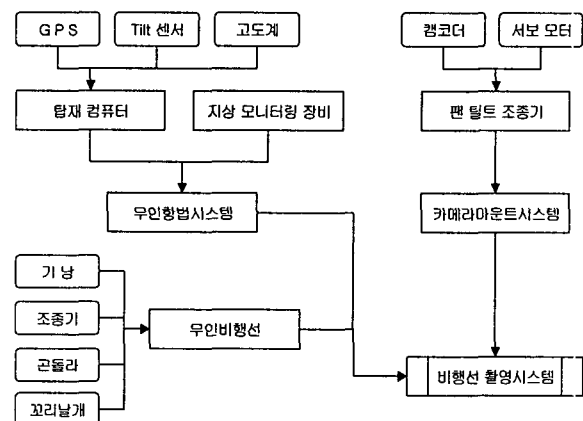


그림 1. 비행선 비디오촬영시스템 구성도

3. 비디오 자료 구조화

3.1 비디오 자료 구조

비디오 자료는 초당 약 30개의 비디오 프레임들로 구성되며, 히스토그램 분석을 통하여 비디오 샷(shot), 비디오 그룹(group), 비디오 씬(scene), 최상위 계층인 비디오 등의 계층적 트리 형태로 구조화될 수 있다. 비디오 샷(shot)은 동일한 정보를 갖는 프레임의 연속적인 형태이며, 비디오

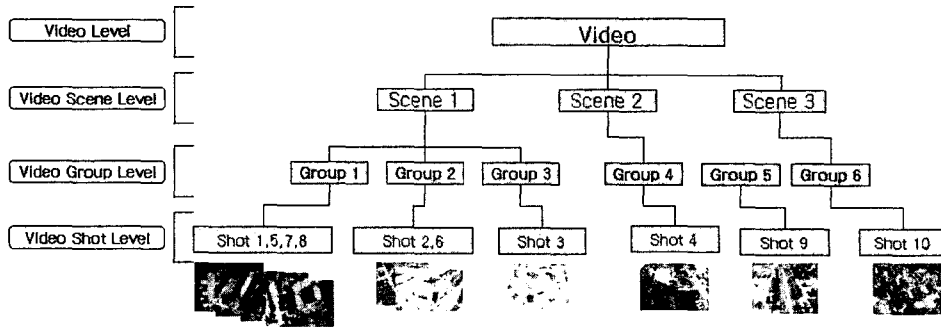


그림 2. 비디오 자료의 계층적 트리 구조

씬(scene) 계층은 유사한 정보를 갖는 비디오 샷의 집합으로 정의되며, 시간적으로도 연속적인 특성을 보인다. 비디오 그룹 계층은 샷과 씬 사이의 중간 계층으로 비디오 그룹에서 샷은 유사한 시각정보를 가지지만, 시간적으로 연속되지 않는다. 최상위 계층인 비디오 계층은 비디오 자료의 모든 요소를 포함하고 있다(Rui 등, 1999).

3.2 비디오 자료 구조화

비디오 구조화를 위한 첫 단계는 비디오 분할(segment process) 과정으로 처음 비디오 특성으로 컬러 히스토그램을 추출하고 추출된 컬러 특성을 기초로 프레임간 차이값을 구한다. 비디오 샷 경계(shot boundary)는 연속적인 비디오 프레임간 사이의 차이가 임계값보다 더 클 경우에 샷의 경계를 검출하고 임계값보다 작은 경우에는 샷 경계를 검출하기 어렵다(Yu 등, 2001).

비디오 그룹은 비디오 샷의 집합으로 정의된다. 비디오 그룹과정에서 임계 값으로 $T_{keyframe}$ 과 $T_{temporal}$ 을 필요로 한다. 각 샷의 첫 번째 프레임이 $T_{keyframe}$ 으로 정의되고, $T_{temporal}$ 은 아래 식으로 계산되어진다.

$$T_{temporal} = \frac{\sum_{i=1}^m \leq n_{gth}(s_i)}{m} \times K, s_i = [f_x, f_y]; < n_{gth}(s_i) = y - x$$

샷과 그룹사이의 차이가 $T_{keyframe}$ 보다 작을 경우, 그리고 현재 샷과 그룹의 마지막 요소사이의 시간간격이 $T_{temporal}$ 보다 작을 경우에 동일한 비디오 그룹으로 분류한다. 그렇지 않으면 현재 샷에 대하여 새로운 그룹을 만들어 분류한다.

비디오 씬 역시 하위 구조인 비디오 그룹의 집합으로 정의된다. 그룹을 씬으로 구조화하기 위해서는 두 가지 선행 작업이 필요하다. 첫째, 가장 처음의 비디오 샷을 가지고 비디오 그룹을 시간적 순서에 따라 정렬해야 한다. 둘째, 각 씬의 시간 간격과 그룹에서 처음과 마지막 요소의 시간 간격을 비교한다. 그룹 정렬 후 다음의 세 가지 경우에 대하여 비디오 씬(scene)으로 할당된다.

첫째, 그룹의 시간 간격이 씬의 시간 간격에 완전히 겹쳐지는 경우 같은 씬으로 간주한다.

둘째, 그룹의 시간 간격이 일부 씬의 시간

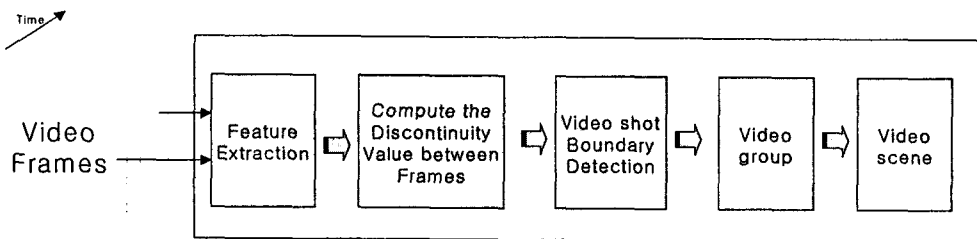


그림 3. 비디오 구조화과정

간격에 겹치는 경우에 같은 씬으로 분류된다. 그러나 이 경우 씬의 시간간격을 조정해야 한다.

셋째, 그룹의 시간 간격이 씬의 시간 간격에 겹쳐지지 않는 경우 새로운 씬을 생성한다.

3.3 객체 추적 알고리즘

비디오 GIS에서 비디오 자료가 지리정보와 연계되어 양방향 검색과 브라우징 및 분석 등의 기능을 수행하기 위해서는 비디오 자료를 구조화하여 각각의 비디오 샷을 대표할 수 있는 프레임(key frame)을 추출하고, 그 대표프레임에 촬영된 주요 객체를 추출하여 위치정보 등의 속성정보를 이용하여 수치지도상의 지리정보와 연결시켜야 한다. 비디오 자료가 초당 30 프레임정도임을 감안할 때 매 프레임마다 정보를 인코딩(encoding)할 경우 많은 양의 작업을 필요로 하게 된다. 객체 추적을 통하여 샷의 대표프레임(key frame)에 객체정보를 인코딩함으로써, 매 프레임마다 정보를 인코딩해야 하는 불편함을 해소할 수 있다. 특히, 객체 추출시 사람의 개입이 적으면서도 짧은 시간내에 객체 추출에 대한 실패율이 적고 비디오 종류에 관계없이 객체를 추출할 수 있어야 한다. 비디오 자료에서 특정 객체를 추출하기 위한 방법론으로 객체의 윤곽선 기반 방법, 영역정보 기반 방법, 특징기반 방법, 무게 중심법 등이 주로 연구되고 있다(권영진 등, 2003).

본 논문에서의 객체 추적은 그림 4에서와 같이 비디오 자료의 프레임 분할, 프레임 영상 분할, 객체 추출, 투영 모션, 템플릿 마스크 생성, 히스토그램을 이용한 물체 인식 순으로 진행된다. 그 과정을 세부적으로 살펴보면 우선 비디오 자료로부터 RGB포맷의 프레임으로 추출한 후, 사용자로부터 객체가 존재하는 관심영역을 입력받고 입력된 영역을 영상 분할하여 영역을 선택하여 객체를 추출한다. 추출된 객체로부터 밝기값

을 계산하여 투영 모션에 의한 물체의 개략적인 움직임을 추정하고, 추정된 모션 벡터로부터 객체의 회전량과 축척을 계산한다. 템플릿 마스크를 생성하고 계산된 히스토그램 정보를 통하여 객체의 최종적인 회전량과 축척을 비교하는 과정이 필요하다. 이 과정에서 객체를 인식하면 다음 프레임으로 이동하여 객체가 존재하는 새로운 영역과 템플릿 마스크를 다시 설정한 후 움직임 추정과 객체 추적을 반복하며, 객체를 인식하지 못하게 되면 객체 추적을 종료하게 된다.

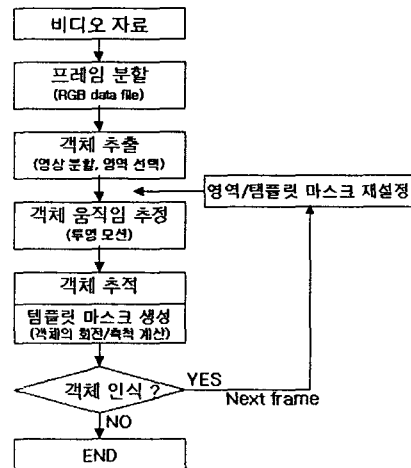


그림 4. 비디오 객체 추적 과정

4. Video 촬영 및 자료 취득

4.1 촬영대상지 선정

본 연구에서의 대전광역시 서구 둔산동 일대 도로 및 도로 주변 시설물을 대상으로 약 14Km에 걸쳐 비행선 비디오촬영시스템을 통하여 촬영하였다. 촬영구간은 그림 5에서 처럼 주요 간선도로를 중심으로 구간 A(1번에서 4번(1.6km)), 구간 B(4번에서 9번(2.1km)), 구간 C(2번에서 10번(1.3km)), 구간 D(11번에서 7번(0.86km)), 구간 E(10번에서 9번(1.1km))로 구분하여 촬영을 수행하였다.

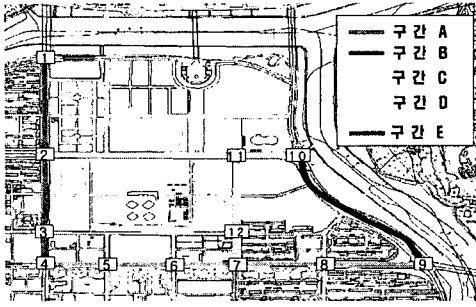


그림 5. 촬영구간(1/5000 수치지도)

4.2 촬영대상지 비행경로 선정

먼저 GPS(Global Positioning System)가 탑재된 FCC(Flight Control computer) 시스템을 차량에 탑재하여 촬영 선정된 구간 도로를 따라 주행하면서 촬영구간의 GPS위치좌표를 획득하였다. 획득된 GPS위치좌표를 지상관제시스템(PGCS)에 저장하고, 저장한 데이터를 지상관제시스템(PGCS)에서 분석과정을 거쳐 대전시 서구 둔산동 촬영구간의 비행전 항로점을 구축했으며, 지상관제시스템의 위치는 정부청사 앞 광장으로 설정하였다.

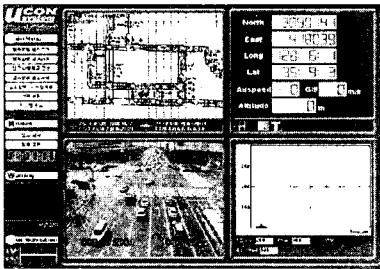


그림 6. 비행선 항로점 구축

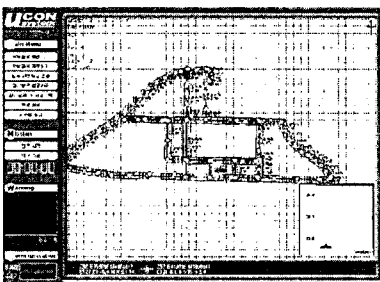


그림 7. 비행데이터 저장

4.3 비디오 촬영 및 자료 취득

촬영된 동영상 자료는 크게 저고도와 중고도로 나누고 각 촬영구간별로 촬영각도에 따라 세분화시켜 정리하였다. 먼저 저고도 촬영구간은 그림 5에서 A, B, C, D, E 구간을 전 구간에 걸쳐 왕복으로 45° 경사촬영하였고 각 구간은 다시 구간 내의 교차로를 분기점으로 세분화시켜 비디오 자료(*.mpg)를 저장하였다. 그리고 A, B 구간을 선정하여 좌측 45° 경사촬영, 좌측 수평촬영(90°)을 하였으며, 각 구간은 다시 구간 내의 교차로를 분기점으로 세분화시켜 비디오 자료를 저장하였다. 중고도 촬영구간은 A, B 구간을 정면방향으로 45° 경사촬영하였고 각 구간은 다시 구간 내의 교차로를 분기점으로 하여 세분화시켜 저장하였다. 그림 8은 구간 내의 교차로를 분기점으로 하여 세분화시킨 구축한 촬영구간을 도시하고 있다.

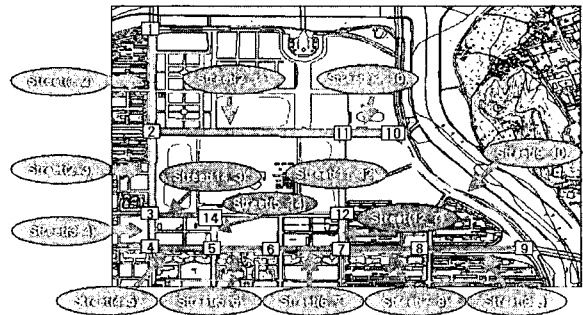


그림 8. 구간별 비디오 촬영현황



그림 9. 중고도 촬영영상

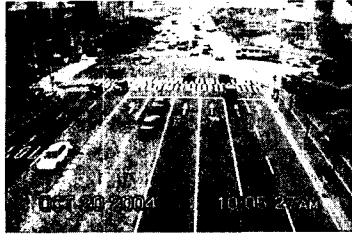


그림 10. 저고도 촬영영상

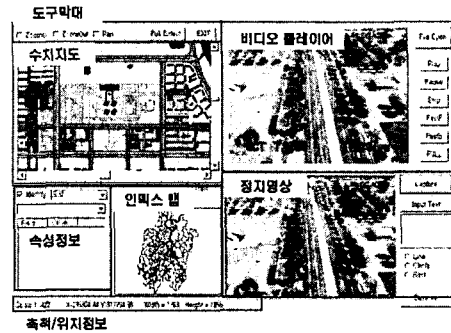


그림 11. 시스템 인터페이스

5. VideoGIS를 위한 시설물관리시스템 개발

5.1 시스템 구성

동영상정보시스템 GUI(Graphic User Interface) 구현을 위하여 윈도우 2000 서버 환경에서 Visual Basic 6.0 기반으로 프로그래밍을 수행하였으며, 공간 자료와 속성자료 구축을 위한 기본도로서의 수치지도 제작과 디스플레이는 ESRI사의 맵 컴포넌트인 MapObjects2.1을, 동영상 자료의 재생을 위하여 Microsoft사의 DirectX 기술을 이용하였다.

시스템 구성에는 벡터 맵 제어를 위한 맵 제어 툴바 및 상태바, 벡터 맵 윈도우, 인덱스 맵 윈도우, 속성 검색 리스트 박스, 비디오 플레이어 윈도우, 정지화면 캡처 윈도우의 7개의 주요 인터페이스로 구성되어 있다. 특히, 수치지형도와 속성자료를 이용하여 생성된 셰이프 파일(*.shp)이 벡터 맵 윈도우에 디스플레이됨으로서 시설물에 대한 각종 속성정보와 동영상자료를 볼 수 있도록 개발되었다. 이러한 동영상정보시스템은 기존의 GIS시스템의 공간정보 뿐만 아니라 동영상자료를 함께 제공하여 줌으로써 현지조사의 번거로움없이 현장업무에 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

5.2 동영상정보시스템 구동

1) 맵 및 위치정보 제공

ESRI사의 맵 자료 형태이면서 범용적으로 사용되고 있는 셰이프 파일 포맷의 2차원 벡터 자료를 출력, 편집, 관리할 수 있는 기능으로, 사용자들에게 공간 객체의 위치정보나 여러 속성 정보들을 출력할 수 있는 기능을 제공한다.

2) 벡터 자료와 비디오 자료의 연계

2차원 셰이프 파일 포맷으로 구축된 벡터 맵 상의 도로와 건물과 같은 공간 객체나 심볼(symbol)에 비디오 자료를 링크시켜 추상적인 공간객체에 보다 현실에 가까운 시각정보를 제공하도록 하였다.

3) 시설물 정보 편집 및 저장

촬영된 비디오 동영상의 재생, 일시정지, 이전 또는 다음 프레임 이동(forward/backward), 처음 또는 끝 프레임 이동 기능 등의 기본적인 비디오 플레이어 기능을 구현하였으며, 동영상 정보를 취득하여 정지영상 형태로 저장하는 기능을 구현하였다. 동영상의 정지영상 취득기능은 사용자가 필요시 추가적인 정보들을 입력하고 편집하기 위하여 취득된 정지영상에 간단한 도형 데이터(line, circle or rectangle)를 표현하거나 텍스트를 입력하여 시설물 정보가 표시된 이미지를 파일로 저장함으로써 시설물 관리 업무에 있어 편의성을 제공하고자 하였다.

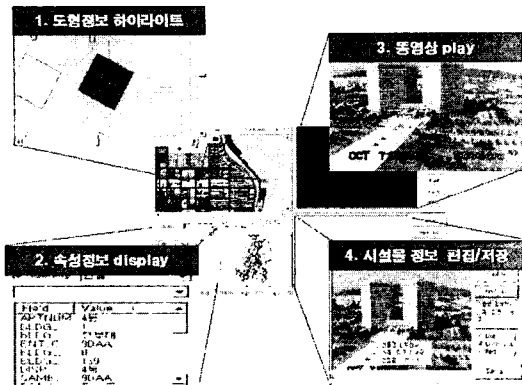


그림 12. 동영상정보시스템 구동과정

6. 결론

급변하는 도시지역에서 신속하게 정보를 취득·관리하며, 각종 상황에 능동적으로 대처하기 위하여 다양한 멀티미디어 자료를 기존의 GIS 자료와 연계시킨 VideoGIS는 앞으로도 무한한 응용 가능성을 가지고 있다.

본 논문은 비행선 비디오촬영시스템을 통하여 취득된 도로 및 도로시설물에 대한 비디오 자료와 공간·속성 정보를 연계시켜 데이터베이스를 구축하고 이를 통하여 도시시설물을 시공간적(Spatio-Temporal)으로 관리할 수 있는 프로토타입 정보시스템을 제시하였고, 도시시설물관리 등에 효율적으로 활용될 수 있는 가능성을 제시하였다.

향후 공간정보와 비디오 자료간의 양방향 VideoGIS의 구현을 위해 현재 촬영조건에서의 최적의 객체 인식방법 제시, 비디오 속성정보 항목의 결정과 인코딩, 최종적인 비디오 자료와 공간자료의 연결(link)에 관한 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 권영진, 황선규, 김회율(2003) 계층적 영역 구조를 이용한 동영상에서의 객체 추출 및 추적, 영상처리 및 이해에 관한

워크샵 발표 논문집

2. 유재준, 최경호, 장병태, 이종훈(2002) Video GIS 기술 동향, ETRI.
3. 유환희, 제정형, 김성삼, 김원만(2003) 도시시설물 모니터링을 위한 비행선촬영 시스템 개발, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp.129-134.
4. 이봉석, 문영식(2002) 투영된 모션과 히스토그램 인터섹션을 이용한 강건한 물체추적, 정보처리학회논문지 B 제9-B권 제 1호
5. P. Browne, A. F. Smeaton, N. Murphy, N. O'Connor, S. Marlow, C. Berrut(2000). Evaluating and Combining Digital Video Shot Boundary Detection Algorithms, In Proceedings of the Irish Machine Vision and Image Processing Conference (IMVIP).
6. W. Li, S. Gauch, J. Gauch, K. M. P. Pua.(1996) VISION: A Digital Video Library. In ACM Digital Libraries, pp. 19-27.
7. R. Lienhart(2000). Automatic Text Segmentation and Text Recognition for Video Indexing, In Multimedia Systems. Hrsg : ACM Berlin-Heidelberg : Springer-Verlag, S. pp. 69-81.
8. Y. Rui, T. S. Hunag, and S. Mehrotra(1999). Constructing Table-of-Content for Video. In ACM Multimedia Systems Journal, Special Issue Multimedia Systems on Video Libraries, volume 7, no. 5, pages 359-368.
9. J. Yu, M. D. Srinath(2001) An efficient method for scene cut detection, In Elsevier Pattern Recognition Letters, volume 22, pages 1379-1391.