

IndoorGML을 활용한 실내공간 멀티미디어 위치 인코딩 방법

Geocoding Scheme for Multimedia in Indoor Space Based on IndoorGML

이 기 준*

Ki Joune Li

요 약 대부분의 멀티미디어 데이터는 위치정보를 가지고 있다. 따라서 각 멀티미디어 데이터에 적절한 위치정보를 추가하면, 다양한 용도로 활용이 가능하다. 특히 멀티미디어의 위치검색이 다양한 검색조건으로 제공될 수 있다. 지금까지 멀티미디어의 위치는 주로 실외공간의 (x, y, z) 좌표공간을 기반으로 정의된다. 최근 실내공간 정보기술이 발달하면서 실외뿐 아니라, 실내공간에서도 다양한 위치기반 서비스가 가능하며, 멀티미디어의 실내공간 안에서의 위치를 정의할 수 있게 되었다. 그러나 실내공간의 위치는 실외공간의 위치참조체계와 다르다. 예를 들어, 실내공간에서 위치를 지정할 때는 좌표를 이용하지 않고, 층과 방의 번호를 이용한다. 방 번호와 같은 기호를 이용하여 위치를 지정하는 공간을 기호공간이라고 한다. 본 논문에서는 기호공간을 기반으로 실내공간에서 만들어진 멀티미디어 자료의 위치를 지정하는 방법을 제안한다. 이 방법은 특히 현재 진행 중인 OGC의 실내공간정보 표준인 IndoorGML에서 제시하는 데이터모델을 이용한다. 따라서 본 방법은 실내공간에서 만들어진 멀티미디어의 위치를 효과적으로 표현하며, 동시에 여러 시스템이나 서비스간의 호환성을 높이는 데 유용하다.

키워드 : 실내공간, 실내공간의 멀티미디어 위치, 기호적 공간, IndoorGML

Abstract Most multimedia contains location information whether they are implicit or explicitly, and which are very useful for several purposes. In particular, we may use location information in defining query conditions to retrieve relevant multimedia. For this reason, a number of works have been done to organize and retrieve geo-referenced multimedia data. However, they mostly focus on outdoor space where position is identified by (x, y, z) coordinates. In this paper, we focus on multimedia in an alternative space, indoor space, which differs from outdoor space in several aspects. First indoor space is considered as symbolic space, where location is identified by a symbolic code such as room number rather than coordinates. Second, topological information is a crucial element in providing indoor spatial information services. Third, indoor space is in more micro-scale than outdoor space, which influences on determining the visibility of cameras. Based on these different characteristics of indoor space, we survey the requirements of management systems of indoor geo-referenced multimedia. Then we propose a geo-coding scheme for multimedia in indoor space as an extension of IndoorGML, an OGC(Open Geospatial Consortium) candidate standard for indoor spatial information. We also present a prototype system called, IngC (INdoor Geo-Coding) developed to store and manage indoor geo-referenced multimedia.

Keywords : Indoor Space, Location of Multimedia in Indoor Space, Symbolic Space, IndoorGML

1. 서 론

멀티미디어는 위치를 가진다. 멀티미디어를 만드는 카메라나 마이크의 위치나 아니면 멀티미디어의 대상이 되는 객체의 위치 정보를 정의할 수 있다. 이 위치 정보를 이용하면 멀티미디어 활용을 효과적으로 할

수 있다. 예를 들어, “주어진 건물의 전체 모습을 촬영한 사진의 위치를 찾아라.”와 같은 검색조건을 통하여 사진 정보를 찾으려면, 사진의 위치정보가 적절하게 정의되어 있어야 한다. 이렇게 멀티미디어에 위치정보가 정의되면 다양한 분야에 활용이 가능하다. 예를 들어, 도로에서 교통사고가 발생하였을 때, 차량에 부

[†]This work was supported by a 2-Year Research Grant of Pusan National University

*Ki-Joune Li, Professor, Dept. Computer Science and Engineering, Pusan National Univ., lik@pnu.edu (First Author)

착된 카메라에서 이동 중 촬영된 비디오 중, 교통사고 시간에 사고위치를 촬영한 것을 검색하는데 이용될 수 있다.

이러한 이유로, 최근 멀티미디어의 위치정보를 정의하고, 이를 데이터베이스에 적절하게 저장하여 다양한 검색 질의를 처리하는 방법과 시스템이 개발되었다. 그 중에서 대표적인 것은 GeoVID [11], Flickr [21] 등이 있다. 그러나 이 시스템이나 방법은 실외공간에 제한되어 있다. 실외공간과 실내공간의 차이로 인하여 이들 시스템을 직접 실내공간에 적용하는 것은 불가능하다. 본 연구는 실내공간과 실외공간의 차이점으로 발생하는 요구사항을 만족하기 위하여 새로운 멀티미디어 자료의 위치정보를 지정하는 인코딩 방법을 제시한다.

이 방법으로는 기존의 멀티미디어 자료 자체는 변경하지 않고 일종의 추가 메타데이터로 제공한다. 추가의 메타데이터에는 멀티미디어의 종류에 따라 적절한 위치정보가 포함되는데, 이 위치정보는 다음과 같은 다섯 가지 고려사항을 가지고 설계되었다.

- 먼저 좌표공간이 아닌 기호공간을 위한 위치참조 체계를 이용한다.
- 기호공간에서 단위공간 사이의 관계를 표현하기 위한 위상정보를 이용한다. 특히 이 위상정보는 실내의 이동을 제약하는 구조를 포함하고 있다.
- GeoVID와 같이 프레임 단위의 위치를 지정하지 않고, 멀티미디어의 동적인 특성을 가지고 위치정보를 지정하는 체계를 사용하였다.
- 멀티미디어 자료를 취득한 카메라나 마이크와 같은 센서의 위치와 취득된 멀티미디어의 대상이 되는 지역의 위치를 구별하여 지정된다.
- 호환성을 높이기 위하여, 현재 국제공간정보 표준으로 개발되고 있는 IndoorGML[13,17]을 활용하여 멀티미디어의 위치정보를 추가의 메타데이터에 포함시킨다.

IndoorGML은 기호공간적 특성과 위상정보를 표현할 수 있는 장치를 모두 가지고 있어, 본 논문에서 제안하는 멀티미디어 자료의 위치를 지정하는데 매우 유용하다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 2장에서는 지금까지의 관련 연구를 살펴본다. 3장에서는 실내공간의 멀티미디어 정보 위치를 지정하는데 고려하여야 할 다양한 요구사항을 구체적으로 알아본다. 4장에서는 이러한 요구사항을 만족하기 위하여 본 논문에서 제시하는 위치 인코딩 방법을 소개한다. 그리고 5장에서는 지오코딩에 필요한 그래프 구성 방법을 살펴본다. 그리고 6장에서는 이를 바탕으로 개발된 시제

품 IngG를 소개하며, 7장에서 결론을 맺는다.

2. 멀티미디어 지오코딩 배경 연구

2.1 관련 연구

멀티미디어의 지오코딩(Geocoding)은 “멀티미디어에 관련된 위치를 표시하는 작업”을 말한다. 여기서 멀티미디어의 위치는 단순한 카메라와 같은 센서의 위치만을 말하는 것이 아니라, 카메라 자세, 초점거리, 화각 등 멀티미디어와 관련된 모든 공간정보를 포함한다. 따라서 단순히 카메라의 위치보다는 카메라에 의하여 취득된 멀티미디어의 영역이 오히려 멀티미디어의 위치정보로 간주되는 것이 바람직하다. 멀티미디어에 이러한 위치정보를 포함시키는 연구 및 표준은 다수 이루어졌다. 특히 MPEG에서는 멀티미디어 내에 3차원 객체정보를 삽입하는 방법을 정의하였다.

지금까지 이미 다양한 위치정보를 활용한 멀티미디어 서비스가 제공되고 있다. Flickr[21], Picasa[22] 등은 사진에 대한 위치기반 서비스를 제공하고, youtube는 비디오에 대한 위치기반 서비스를 제공한다 [23]. 또한 Google Earth를 위하여 위치기반 비디오 서비스도 개발되었다 [25]. 그러나 이런 2000년대 초반에 개발된 방법은 카메라의 위치만을 이용하였다[16,20]. 앞에서 언급한 것과 같이 멀티미디어의 지오코딩은 단순히 카메라의 위치보다는 카메라에 의하여 촬영된 영역이 더욱 중요하다.

이와 같은 문제를 극복하기 위하여 몇 가지 방법이 제안되었다 [3,5,11,12,26]. 이 중 대표적인 연구는 GeoVID[3,11]에 의하여 제안된 방법이다. 이 방법은 연속적으로 제공되는 비디오 프레임의 영역을 이용하여 비디오 위치를 태깅하는 방법이다. 특히, 이 방법에서는 FoV(Field-of-View) [11,12]라는 개념을 도입하였다. 이 방법은 Fig. 1에서 나타난 것과 같이, 비디오

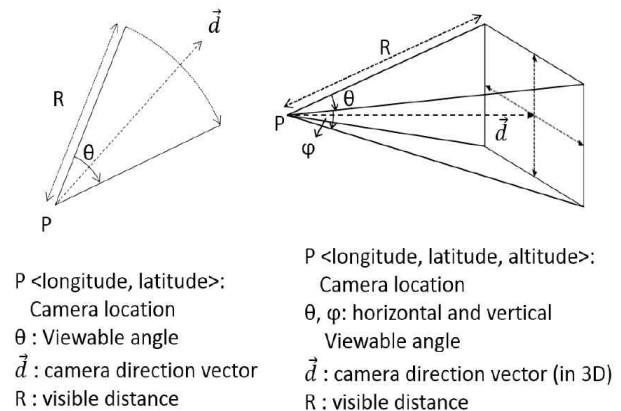


Figure 1. FoV(Field-of-View) [11]

의 각 프레임 별로 촬영되는 영역을 2차원 또는 3차원으로 표현하여 지오코딩을 하는 방법이다.

예를 들어, Fig. 2에서와 같이 “붉은 사각형으로 주어진 질의영역안의 객체를 촬영한 비디오를 검색하여라”라는 질의가 주어지면 각 비디오 프레임의 FoV가 질의영역과 겹치는지를 검색한다. 만일 겹치는 FoV가 존재하면, 이에 해당하는 비디오 프레임을 검색하여 결과로 반환한다. GeoVID는 이와 더불어, 색인, 검색결과에 대한 우선순위 지정 및 다양한 질의처리 기능을 제공하여 성능 및 기능을 향상시키는 노력을 하였다.

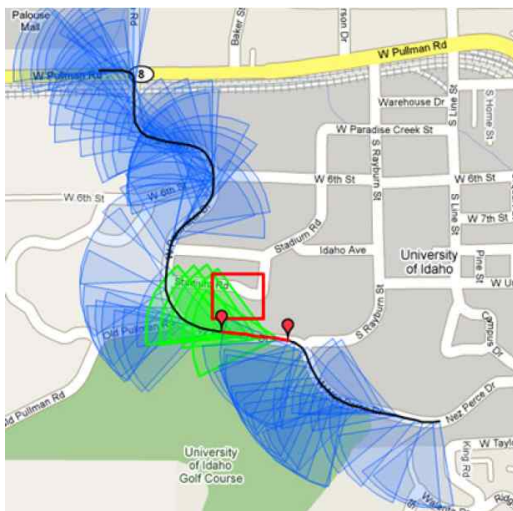


Figure 2. FoV Coverage [11]

이러한 위치기반 멀티미디어 제공하기 위하여서는 지오코딩이 필수적인 기능이 된다. 기존의 멀티미디어 지오코딩에 관한연구는 모두 실외공간에 대하여 이루어졌다. 그리고 아직까지 실내공간에 대한 지오코딩은 이루어지지 않고 있다. 본 논문의 3장에서 논의하는 바와 같이, 실내공간과 실외공간의 차이로 인하여, 실외공간의 지오코딩 방법을 실내공간에 적용하는 것은 불가능하다.

실내공간에 대하여서는 여러 연구가 수행되었다 [2,4,7,15]. 실내위치정보를 취득하고 표현하는 방법에 관한 연구는 [14]에 정리되어 있다. 현재까지 주로 무선신호의 세기를 활용하여 삼변측량(Trilateration)과 라디오맵(Radio Map)을 이용하는 방법으로 나누어진다. 두 방법 모두 현재까지 평균오차가 5미터 정도로 제공되고 있으며, 일부 상용화되어 서비스 되고 있다. 또한 지자기장을 이용한 방법도 개발되어 실험되고 있다[10]. 이 방법은 상대적으로 적은 오차를 제공하는 것으로 알려져 있다.

실내측위와 더불어 2000년대 중반부터 실내공간의 데이터모델링과 실내 이동을 위한 연구가 집중적으로

이루어졌다 [1,6,8,9]. 그 중에서 주목할 만한 연구는 GML 기반 OGC [24] 표준인 CityGML [18]이다. 이 표준에서는 4개의 상세도를 제공하는데 상세도-4가 실내공간을 다룬다. 그런데 CityGML의 상세도-4는 실내공간의 기하정보 및 의미적 정보만을 다루고 위상정보나 기호적 공간의 개념을 포함하고 있지 못하다. 이 두 가지 개념은 실내공간정보 서비스를 제공하기 위하여 매우 중요한 사항이다.

이러한 문제를 극복하기 위하여 OGC에서는 2012년도에 실내공간을 위한 새로운 표준화 그룹인 IndoorGML[13,17]을 만들었다. IndoorGML의 주목적은 다른 실내공간 관련 표준인 CityGML이나 IFC 가 제공하지 못하는 위상과 기호공간개념을 지원하기 위하여 데이터모델과 XML 스키마 표준을 정의하는 것이다. 이렇게 만들어진 표준은 많은 실내 네비게이션이나 실내 위치기반서비스 등 실내공간정보 응용에 많이 사용될 것으로 예상된다.

2.2 본 연구의 동기

본 연구의 목적은 실내 멀티미디어의 지오코딩 방법을 개발하는 것이다. 본 논문에서는 단순성을 위하여 지오코딩이 그림 3과 같이 멀티미디어 데이터와는 별도의 파일로 제공되는 것을 가정한다. 물론 MPEG-7과 같이 지오코드 데이터가 멀티미디어 데이터 자체에 포함될 수도 있겠지만, 분리하는 것이 범용성을 증가시킬 수 있을 것으로 예상된다. 이는 특정한 데이터 포맷이나 종류에 제한되는 것을 막아 본 지오코딩의 범용성을 높이기 위한 것이다. 이렇게 분리되어 제공되는 지오코드 데이터는 멀티미디어데이터와

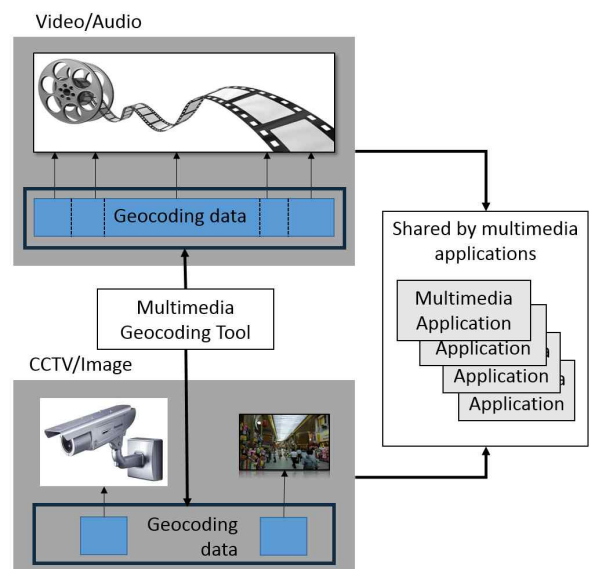


Figure 3. Exchanging multimedia and geocodes

함께 제공되어 여러 응용프로그램이 멀티미디어의 위치정보를 해석하고 사용할 수 있어, 멀티미디어 데이터의 공유 및 활용에 많은 도움이 될 것으로 판단한다. 따라서 본 논문은 실내공간의 멀티미디어를 위한 지오크드 방법을 제안하는 것을 목적으로 한다. 구체적인 연구의 내용을 나열하면 다음과 같다.

- 실내 멀티미디어 지오크드의 요구사항 분석
- 실내 멀티미디어 지오크드 방법 개발

3. 실내 멀티미디어 지오크딩 요구사항

실내를 대상으로 만들어진 멀티미디어는 실외의 멀티미디어와 몇 가지 중요한 차이가 있다. 본 장에서는 이 차이점에서 비롯되는 중요한 요구사항을 알아본다. 이 차이점은 아래와 같이 정리된다.

- 고밀도 제약공간
- 이동성 멀티미디어 (비디오, 오디오)
- 재현을 위한 멀티미디어 재구성
- 실내공간의 측위 위치정확도
- 호환성

그러면 각각의 차이점으로 인한 요구사항을 하나씩 알아보기로 한다.

3.1 고밀도 제약 공간

제약공간은 비유클리디언 공간을 말한다. 즉 공간의 제약으로 인하여 두 점사이의 거리가 직선의

거리가 되지 못하는 공간을 말한다. 예를 들어, 도로 공간은 대표적인 제약공간으로 두 점 사이의 거리가 직선거리가 되지 못하며, 도로의 상황에 따라 결정된다. 실내공간도 제약공간으로 두 점사이의 거리는 실내의 다양한 구조-벽이나 복도, 계단 등-의 구조에 의하여 결정된다. 이러한 제약공간에서 중요한 점은 어떻게 제약을 잘 표현할 것인가이다. 예를 들어, 도로 공간에서는 도로를 잘 표현하는 것이고, 실내공간에서는 실내의 구조물을 잘 표현하여 따라서 제약공간에서는 제약을 어떻게 잘 표현하느냐가 매우 중요한 사항이다.

멀티미디어의 위치를 표현하는데도 이 제약이 매우 중요하다. 예를 들어, 앞에서 살펴본 GeoVID의 경우, 사진이나 비디오의 경우 그 위치를 FoV(Field of View)로 표현하는데, FoV가 어떻게 실내의 제약에 의하여 제한되는가는 매우 중요하다.

일반적으로 비디오나 사진을 취득하는 카메라의 경우 FoV 내에 포함되는 실내공간의 제약은 매우 많이 존재한다. 실제로는 벽이나 문과 같은 구조물로 인하여, FoV의 일부분만이 멀티미디어에 반영된다. FoV의

크기를 결정하는 주요 변수인 R의 값은 [12]의 연구에서는 30미터, [11]에서는 200미터로 설정하였다. 이 경우 Fig. 4와 같이, FoV 안에는 많은 벽이 있어, FoV를 통한 멀티미디어의 범위를 설정하는 것에는 많은 문제가 있다.

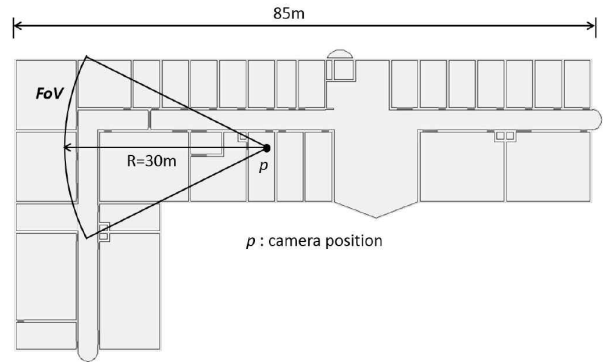


Figure 4. Meaningless FoV in indoor space

따라서 실내공간에서 비디오나 사진과 같은 멀티미디어의 지오크딩을 위하여서는 실외공간의 FoV를 사용하는 것보다 밀집된 실내공간의 제약을 고려하는 방법을 새로 개발할 필요가 있다.

3.2 기호 공간

실내공간이 실외공간과 다른 중요한 차이점 중의 하나가 기호공간이라는 것이다. 기호공간은 기호를 사용하여 객체의 위치를 지정하는 방법을 말한다. 방번호나 우편번호를 통하여 위치를 지정하는 공간이 기호공간이다. 예를 들어, 실내에서 위치를 전달할 때, 대부분의 경우 좌표를 사용하지 않고 방 번호를 이용한다.

사실 R3로 표현되는 좌표공간도 넓은 의미에서 기호공간으로 간주할 수 있다. 그러나 좌표공간은 실수체계의 특징을 그대로 가지고 있기 때문에 경계(Boundary)나, 이웃(Neighborhood)과 같은 위상 관계가 함축되어 있고, 이를 쉽게 유도할 수 있다. 반면에 엄격한 의미의 기호공간은 위상관계를 명시적으로 표현하지 않으면 이를 알 수 없다. 따라서 기호공간에서는 위상정보의 명시적 표현이 매우 중요하다. Fig. 5는

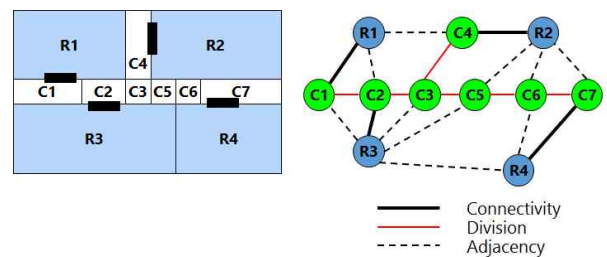


Figure 5. Example of Topology in Indoor Space

실내의 위상정보를 표현한 예이다.

위 그림의 위상 중에서 인접(Adjacency)은 실제로 멀티미디어와는 큰 관련이 없으나, 연결(Connectivity)나 분할(Division)은 멀티미디어가 촬영되면서 이동하는 경로를 표현하는데 매우 중요한 역할을 한다. 실내 공간의 위상정보는 일반적으로 그림 1과 같은 그래프로 표현된다. 특히 연결성의 관점에서 실내공간의 위상을 표현한 그래프를 연결 그래프(Connectivity Graph)라고 한다[6]. 그런데 실내공간의 위상 그래프에서 각 노드와 에지는 기하적 정보를 일부 가지고 있다. 예를 들어 단위 공간을 나타내는 노드는 그 단위 공간의 대표점의 위치를 가지고 있으며, 두 노드를 연결하는 에지는 두 노드 사이를 이용하는 경로를 표현하는 기하정보를 가지고 있다.

따라서 멀티미디어의 위치정보는 연결 그래프의 노드나 에지로 표현이 가능하다. 예를 들어 사진의 위치 정보는 사진이 촬영된 노드로 표현이 될 수 있으며, 비디오는 촬영되며 움직이는 경로를 나타내는 에지로 나타낼 수 있다. 이에 대한 자세한 논의는 다음 장에서 하기로 한다.

3.3 멀티미디어의 이동성

비디오나 오디오와 같은 멀티미디어는 사진이나 고정된 CCTV와 달리 이동성을 가진다. 따라서 이동성을 가지는 멀티미디어의 지오코딩은 이러한 이동성을 반영할 수 있어야 한다.

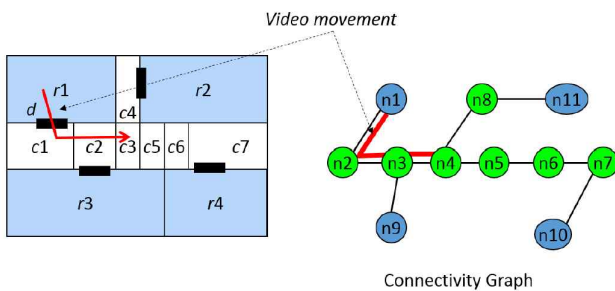


Figure 6. Movement of multimedia in graph

이동성을 반영하는 가장 단순한 방법은 카메라를 이동객체로 표현하여 위치정보를 지정하는 것이다. 예를 들어, GeoVID에서는 이동성을 지원하기 위하여 개별 프레임에 대한 FoV를 일종의 이동객체로 정의한다.

그러나 실내공간에서 앞에서 언급한 바와 같이 FoV를 이용하는 것은 부적절하다. 실내공간에서의 이동은 대부분 복도나 문과 같은 주어진 경로를 따라서 이루어지므로, 이러한 실내공간의 연결성을 고려하는 것이 오히려 효과적이다. 예를 들어, Fig. 6의 왼쪽과

같이, 방 r1에서 문 d를 통하여 복도로 나와 이동하면서 촬영된 비디오는 오히려 Fig. 6의 오른쪽과 같이 주어진 그래프의 연결성을 이용하여 이동하면서 촬영된 멀티미디어의 위치정보를 지정하는 것이 효과적이다. 따라서 개별 프레임에 대한 FoV를 지정하는 것보다는 위 Fig. 6에서 촬영된 비디오를 Fig. 6 오른쪽 그래프의 에지 e를 통하여 위치를 지정하는 것이 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 멀티미디어의 이동성을 반영하며
- 데이터의 크기를 줄인다.

3.4 멀티미디어의 재합성

멀티미디어는 일반적으로 쉽게 취득될 수 있는 정보이고, 많은 멀티미디어가 동일한 실내공간이나 인접한 실내공간에 존재한다. 따라서 필요에 따라서는 보다 풍부한 서비스를 제공하기 위하여 여러 개의 멀티미디어를 결합하는 것이 제공되어야 된다. 이를 위하여 구체적으로 분류하면 다음과 같다.

- 하나의 지역에 촬영된 여러 개의 사진을 결합하거나 순위를 정하는 방법
- 이웃한 영상을 붙여, 보다 넓은 지역의 영상을 생성하는 방법
- 여러 개의 비디오나 오디오 조각을 결합하여 하나의 경로를 이동하는 비디오나 동영상 생성하는 방법

지금까지 앞의 두 가지 분류에 대한 재합성 방법은 많이 개발되고 연구되고 있으나 세 번째 분류를 위한 방법도 개발될 필요가 있다. 예를 들어 Fig. 7과 같이 서로 다른 비디오 v1, v2, v3를 이용하여 경로 r을 통과하는 비디오를 {v1-3, v2-2, v2-3, v3-1, v3-2}을 결합하여 재구성할 수 있다. 이렇게 재구성된 비디오 (또는 오디오)는 실내의 경로안내를 위하여 매우 유용하게 사용될 수 있다.

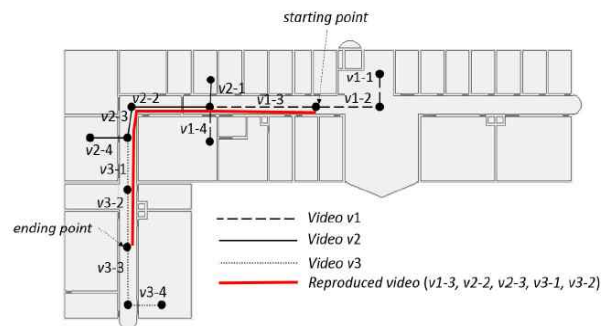


Figure 7. Route video reproduction

3.5 실내측위 위치정확도

현재까지 다양한 실내측위 기술이 개발되었다. 그러나 실내의 GPS와 달리, 하나의 기술로 처리 가능한 실내측위 기술은 아직 개발되지 않았다. 현재 주로 많이 사용되는 기술은 WiFi 신호세기를 이용하는 방법이지만, 아직 위치정확도는 3-5m이상이다 [14]. 그러나 3-5m의 위치정확도는 실내와 같이 세밀한 공간에서는 매우 큰 수치여서 셀의 위치를 알아내는 데고 어렵다. 그 외 지자기센서를 이용하는 방법 [10]도 개발중이고, 추측항법(Dead-Reckoning)방법 [14]을 연구중이지만, 아직 실용화되어 사용되는 상태는 아니다.

Table 1은 중요한 지표를 기준으로 위치정확도를 분석한 것이다. 실외 자동차 네비게이션을 위한 경우, 속도나 참조하는 객체의 크기에 대한 GPS의 위치정확도와 실내 보행이동의 경우, 속도와 참조하는 객체의 크기에 대한 WiFi를 활용한 실내측위의 위치정확도를 비교하면, 실내의 경우, 상대적인 위치정확도는 매우 떨어진다. 위의 비교를 통하여 알 수 있는 중요한 사실은 실내공간에서는 정밀한 지오코딩은 의미가 적다는 것이다. 예를 들어, Fig. 8과 같이, 지점 p에서 촬영된 것으로 간주되는 이미지도, 그 위치정확도를 고려하면 전혀 다른 의미로 해석될 수 있다. 예를 들어, 오차 범위에 있는 p'의 위치에서 촬영된 사진은 p에서 촬영된 이미지와 전혀 관계없는 것이 된다. 따라서 실내의 멀티미디어의 지오코딩은 10cm 이하의 위치정확도를 가지는 측위기술이 실용화되기 전까지는 정밀한 위치를 이용하는 것은 무의미하다. 오히려 개략적인 위치로 설계되는 것이 효과적이다.

Table 1. Comparative error rate

	error (e)	$r_v = e/v$	$r_s = e/s$
GPS (outdoor)	10 meters	1.2	0.2
WiFi (indoor)	5 meters	4.5	1.0

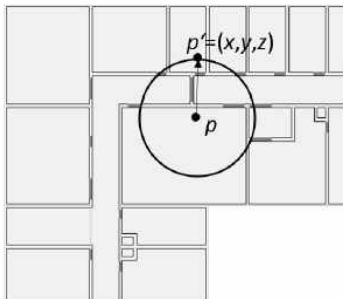


Figure 8. Positioning Accuracy

3.6 데이터의 호환성

멀티미디어는 다양한 경로를 통하여 서로 공유되는 정보이다. 따라서 서로 다른 환경에서도 호환될 수 있도록 실내공간의 멀티미디어 지오코딩 방법을 개발하는 것은 매우 중요하다. 호환을 위하여서는 기존에 존재하는 관련된 표준을 활용하여야 하며, 현재 실내공간의 지오코딩 위한 관련된 표준은 OGC에서 진행되고 있는 IndoorGML이다.

IndoorGML은 기호공간 개념을 이용하여 실내공간의 위치와 연결성을 기하그래프로 표현하며, 동시에 여러 기하그래프를 통합한 다층구조 공간모델을 제공한다[17]. 이 개념은 앞에서 실내공간의 멀티미디어 지오코딩 요구사항과 상당히 겹친다. 특히 실내공간을 기호공간으로 고려하며, 그 연결성을 그래프로 표현한다는 것은 멀티미디어의 실내 지오코딩을 위하여 매우 유용한 측면이다.

Fig. 9는 IndoorGML의 핵심모듈(Core Module)에 해당하는 데이터 모델이다[13,17]. 여기서 State는 하나의 단위공간을 노드로 표현한 것이며, Transition은 단위 공간 사이의 이동을 에지로 표현한 것이다. 그러나 이 그래프는 Fig. 9와 같이, 단순한 그래프보다는 각 노드의 위치와 에지의 경로에 대한 기하적 표현이 가능한 기하그래프이다. 따라서 IndoorGML을 활용하여 지오코딩된 멀티미디어는 보다 높은 호환성을 기대할 수 있다.

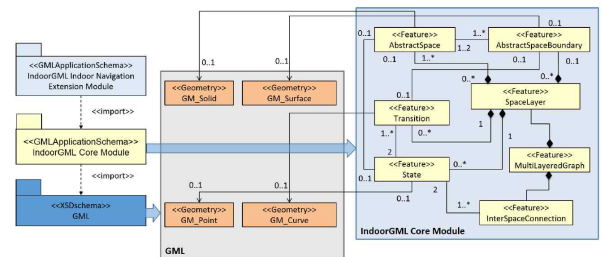


Figure 9. IndoorGML Core Module[13,17]

4. 멀티미디어 지오코딩 체계

본 장에서는 앞에서 제시한 고려사항을 만족하기 위한 지오코딩 체계인 IngC-M (INdoor Geo-Coding for Multimedia)을 지시한다. 이 체계의 3장에서 나열한 요구조건을 만족하기 위하여 설계되었다.

4.1 실내 멀티미디어의 구별

멀티미디어의 지오코딩은 각 멀티미디어의 종류에 따라 구별되어 설계되어야 한다. Table 2는 실내 멀티미디어를 위치참조(Geo-Reference)관점에서 구별한

것이다. 이 표에서와 같이 비디오와 오디오는 이동하면서 촬영되므로 이동 미디어에 해당되며, 사진이나 CCTV는 정지된 위치에서 촬영되므로 정지 미디어에 해당된다.

그러면 정지 멀티미디어와 이동멀티미디어에 대하여 각각 지오코딩 방법을 제안한다.

Table 2. Classification of multimedia

Type	Media	Class in IndoorGML
Mobile Media	Video, Audio	<i>Transition</i>
Stationary Media	CCTV, Image	<i>State</i>

4.2 실내 정지 멀티미디어의 지오코딩

위의 Table 2에서와 같이, 실내 멀티미디어는 정지된 지점의 멀티미디어와 이동 멀티미디어로 구별된다. 이 두 가지 종류의 멀티미디어는 서로 다른 방식으로 지오코딩이 설계되어야 한다. 먼저 정지 멀티미디어는 멀티미디어가 촬영된 위치를 이용하여 지오코딩할 수 있다.

그러나, 촬영된 위치는 앞의 3.5절에서 살펴본 바와 같이 정확한 위치를 측위 하는 것이 어려우므로 셀을 단위로 하여 개략적인 위치를 이용하여 지오코딩한다. 예를 들어, 그림 Fig. 10과 같이 점 p1에서 촬영된 사진의 위치는 점 p1이 소속된 셀로 (예를 들어, 방 번호) 지정한다. 그런데, 실내공간은 3.6절에서 살펴본 바와 같이 기하적 그래프로 표현되므로 사진 p1의 위치는 셀에 해당되는 노드 n1으로 표현된다.

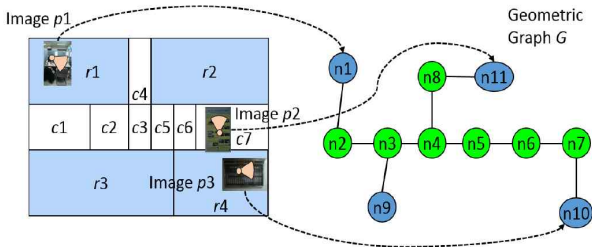


Figure 10. Geocoding stationary media

4.3 실내 이동 멀티미디어의 지오코딩

위의 그림에서와 같이, 실내공간에서의 이동은 주로 복도와 같이 미리 설정된 경로를 따라 이루어진다. 따라서 이 경로에 대한 정보를 활용하여 이동 멀티미디어의 지오코딩을 하는 것은 Fig. 11과 같이 단순하

게 FoV를 이용하여 지오코딩을 하는 것 보다 효과적이다.

이 때, 이동경로와의 일관성 및 관리의 효율성을 위하여 본 논문에서는 각 경로가 구별되는 지점을 경계로 하여, 멀티미디어를 분할한다. 즉, Fig. 11과 같이 주어진 비디오는 경로에 있는 중요 지점을 경계로 하여 세 개의 비디오 세그먼트로 나누어진다. 그리고 각 비디오 세그먼트는 이 공간에 주어진 실내공간 이동 네트워크 정보 중 해당 에지정보에 연계되어 표현될 수 있다. 즉 각 비디오 세그먼트의 위치는 에지를 참조하여 이루어진다. 이 비디오 세그먼트는 시작시간과 끝시간이 명시된다.

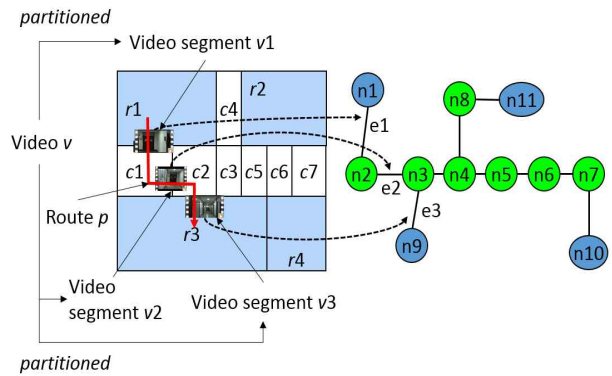


Figure 11. Geocoding mobile media

만일 하나의 셀 내에서만 이동하며 촬영된 멀티미디어는 자체에지(Self-Edge)를 통하여 표현이 가능하다. 예를 들어, 하나의 지점에서 위치는 변경하지 않고 회전만하는 멀티미디어의 경우, 시작점과 끝점이 동일한 에지를 정의하여 멀티미디어의 세그먼트의 지오코딩을 한다.

4.4 IndoorGML을 이용한 지오코딩

앞의 절에서 살펴본 바와 같이 실내의 멀티미디어 지오코딩은 기하그래프로 표현된 노드와 에지를 이용하여 이루어진다. 따라서 실내의 연결정보를 기하그래프로 표현하여 표준화되고 있는 IndoorGML은 실내의 멀티미디어 지오코딩을 위한 중요한 프레임워크를 제공한다. 특히 호환성을 증대하기 위하여서는 IndoorGML을 사용하는 것이 매우 효과적이다.

따라서 실내의 멀티미디어 지오코딩 체계는 IndoorGML의 응용 스키마로 정의가능하다. Fig. 12는 IndoorGML의 코어모듈을 이용하여 설계된 실내공간 멀티미디어 지오코딩을 위한 데이터모델이다.

위의 모델에서 중요한 부분은 GContents의 스테레오 타입으로 정의된 것이며, 실제로 지오코딩은 여기

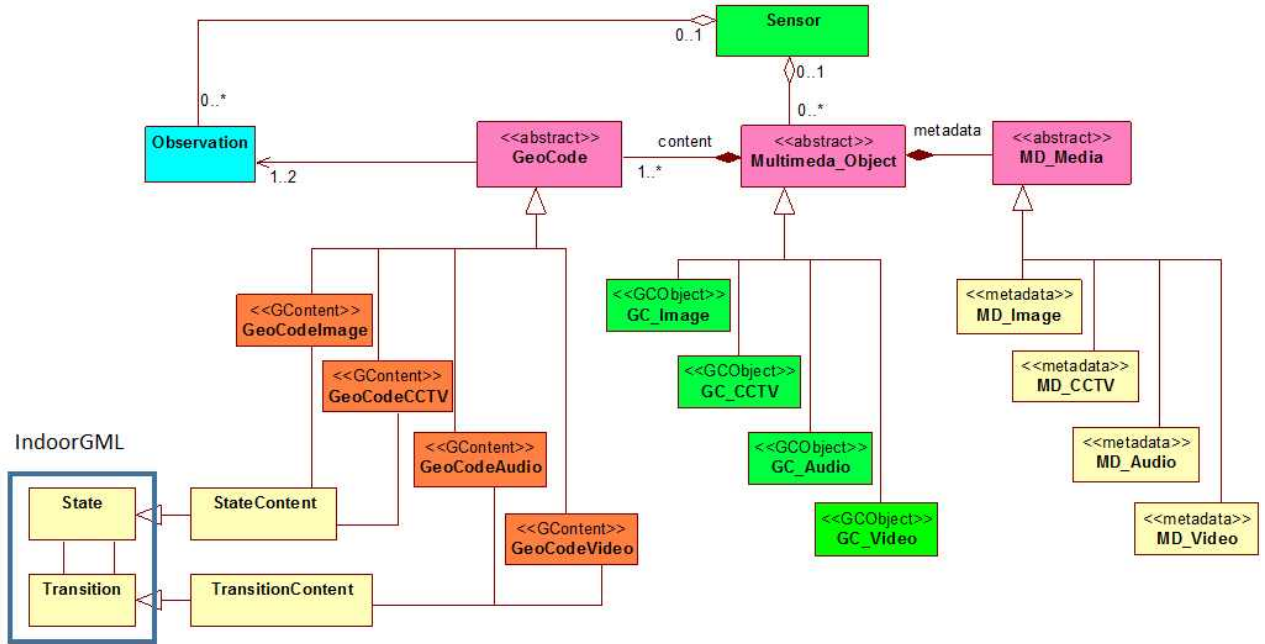


Figure 12. Geocoding data model and IndoorGML

에 정의된다. 우선 정지 멀티미디어의 위치는 IndoorGML의 State를 이동멀티미디어의 위치는 Transition을 이용하여 지오코드를 정의한다. 여기에 각 미디어 유형에 따라 필요한 정보가 별로 추가의 위치정보를 각 속성으로 정의한다. 예를 들어 방향성이 있는 카메라나 마이크와 같은 센서에서 방향 및 Focal point 등의 정보가 정의된다. 그리고 각 미디어를 촬영한 센서와 연계를 통하여 관련된 추가를 참조할 수 있도록 된다. 멀티미디어의 지오코딩 정보는 Fig. 12를 통하여 정의된 XML 스키마로 만들어진 XML 문서로 제공된다.

5. 기하그래프의 구성 방법

앞의 절에서 살펴 바와 같이 실내의 멀티미디어 지오코딩은 기하그래프로 표현된 노드와 에지로 이루어진다. 그런데 상황에 따라 적절한 노드와 에지의 정의는 정확한 지오코딩을 위하여 매우 중요하다. 예를 들어, 실내공간이 큰 홀이나 긴 복도와 같은 공간을 포함하는 경우 적절하게 분리하여 노드와 에지를 정의하는 것은 매우 중요하다. 본 장에서는 몇 가지 중요한 사용사례를 고려하여 노드와 에지를 정의하는 방법을 제시하고자 한다.

5.1 사례 1: 문과 긴 복도

실내공간은 일반적으로 여러 개의 방과 긴 복도, 계단 또는 엘리베이터 등 공간으로 나누어졌다. 또한 단

위 공간사이에는 문과 같은 오프닝(Opening)이 위치한다. 이러한 공간에 다양한 정책에 따른 노드와 에지 정의가 가능하다. 본 논문에서는 이 중에서 간단하면서도 효과적인 노드-에지의 정의방법을 제안한다.

- 문에 하나의 노드를 설정한다.
- 복도를 하나의 공간에 하나의 문만이 포함되도록 분할하여 노드를 정의한다.
- 각 계단이나 엘리베이터, 에스컬레이터는 층별로 노드를 정의한다.

Fig. 13은 위의 정의에 따라 주어진 공간을 분할하고 기하그래프를 구성한 예이다.

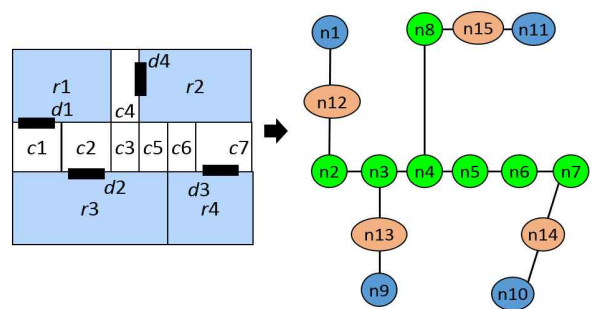


Figure 13. Graph Configuration - Case 1

5.2 사례 2: 확대/축소 및 회전

이동 멀티미디어의 경우 보다 섬세한 노드 및 에지의 구성이 필요하다. 이동은 단순한 위치의 변경 뿐

아니라, 회전이나 확대/축소도 포함한다. 따라서 이러한 멀티미디어의 자세관련 변경도 지오펜코딩에 반영될 수 있도록 노드와 에지의 설정이 필요하다.

Fig. 14는 방 p 지점에서 복도 q 지점으로 이동하며 촬영된 비디오를 위한 노드와 에지의 구성이다. 이 경우, $n2$ 지점에서 확대(Zoom-in)를 촬영되었기 때문에 $n1$ 지점에서 두 개의 노드 $n1,1$ 과 $n1,2$ 를 만들었다. 이 두 노드를 연결하는 에지를 만들어 확대에 해당하는 비디오 세그먼트를 이 에지로 지오펜코딩 한다. 따라서 같은 위치라도 추가의 작업으로 비디오나 오디오가 만들어질 경우, 추가의 노드와 에지를 만들어 지오펜코딩한다. 마찬가지로 방법으로 회전(Left turn)에 해당하는 비디오 세그먼트의 지오펜코딩도 가능하다.

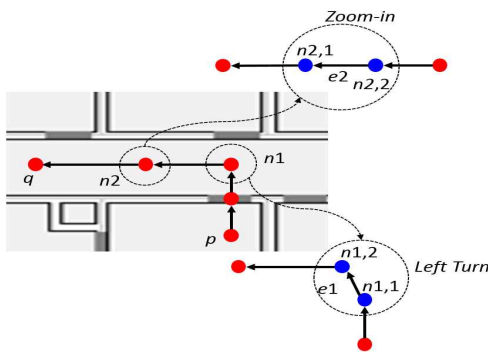


Figure 14. Graph Configuration - Case 2

6. IngC - 시제품

4장과 5장에서 제시된 방법에 의한 지오펜코딩 방법을 구현한 시제품을 개발하였다. 이 시제품은 IngC (INdoor Geo-Coding)이라고 불리 우며 Fig. 15와 같이 두 가지 모듈로 나누어져 있다.

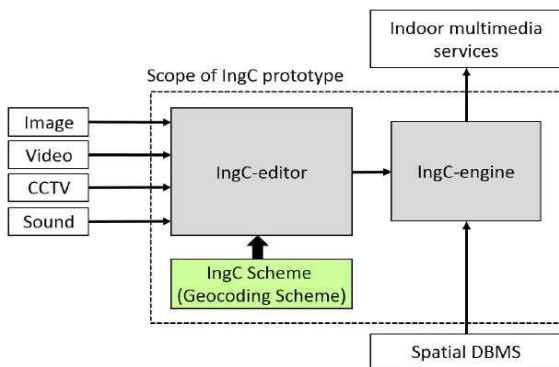


Figure 15. IngC Architecture

6.1 IngC-editor - 실내 멀티미디어 지오펜코드 편집기

먼저 편집 모듈 (IngC-editor)은 실내공간에서 촬영

된 멀티미디어를 실내 지도를 이용하여 위치와 자세에 관련된 정보를 추가하는 기능을 제공한다. 만일 멀티미디어가 실내의 위치와 자세정보를 가지고 이를 이용하여 지오펜코딩을 수행하고, 멀티미디어 정보만 있으면 사용자가 실내 지도를 통하여 직접 편집할 수 있는 기능을 제공한다.

IngC-editor의 결과는 Fig. 16과 같이 실내공간의 관계를 타내는 IndoorGML과 멀티미디어 지오펜코딩된 IngCGML 문서로 생산된다. 이 데이터는 원래의 멀티미디어 데이터와 더불어 다른 시스템에서도 이용될 수 있도록 교환된다. 그런데, IngC-editor에서는 성능의 이유로 이동 멀티미디어를 물리적으로 분할하지는 않았다.

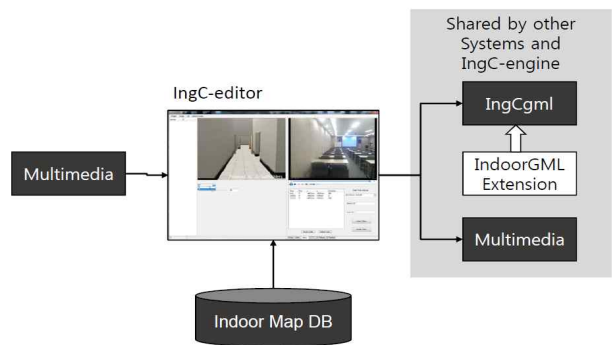


Figure 16. IngC-Editor

6.2 IngC-engine - 실내 멀티미디어 관리 시스템

IngC-editor에서 만들어진 지오펜코딩 된 IngCGML, IndoorGML, 그리고 멀티미디어 정보를 받아, IngC-engine은 데이터베이스 서버에 이를 저장하여 관리한다. 그리고 다양한 지오펜코딩 기반의 질의를 처리하여, 활용 시스템에서 편리하게 실내 멀티미디어를 사용할 수 있도록 한다. 제공되는 질의의 유형은 다양한데, 대표적인 것은 Table 3와 같다.

이 표에서 c 는 셀의 번호, p 는 점, 그리고 tr 은 임의의 궤적을 의미한다. 그런데, 이 표의 모든 질의는 시간이나 시간구간을 입력으로 포함하고 있으며, 궤적은 셀 번호의 순서쌍으로 주어진다.

Table 3. Query types

Types	Description	Parameters
cell query	find media in c	c , direction
point query	find media covering p	p
trajectory query	find media intersecting with tr	tr

7. 결 론

멀티미디어 정보는 위치정보를 항상 가지고 있으며, 이를 활용하면 더 풍부한 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 이유로 많은 연구가 멀티미디어의 위치정보를 위한 지오크코딩에 대하여 이루어졌다. 그러나 이들은 모두 실외에 관한 연구이고, 실내에 대한 연구는 지금까지 이루어진 바가 없다. 본 논문에서는 실내공간에 대한 멀티미디어의 지오크코딩에 대하여 살펴보았다. 실내공간의 멀티미디어 지오크코딩은 실외의 지오크코딩에 대하여 상당히 다르기 때문에 본 연구의 결과는 중요한 의미를 가지고 있다. 본 논문의 기여를 요약하면 다음과 같다.

- 실내공간의 멀티미디어 지오크코딩에 대한 요구사항 분석
- 실내공간의 멀티미디어 지오크코딩 방법의 설계
- 실내공간의 멀티미디어 지오크코딩을 지원하는 시제품 개발

본 논문에서 제안하는 지오크코딩 방법은 특히 OGC의 IndoorGML 표준안을 기반으로 만들어져서 높은 상호운영성을 지원할 것으로 기대된다. 따라서 많은 응용시스템에서 본 방법으로 만들어진 멀티미디어의 지오크코드를 쉽게 공유하고 활용할 것이다. 본 논문에서는 지오크코드의 타당성에 대하여 주로 살펴보았고, 성능 문제는 다루지 않았다. 특히, 색인이나 질의처리와 같은 문제는 앞으로 연구에 포함될 것이다. 또한 단위 공간이 매우 클 경우 정확도의 제약이 발생하므로 공간의 재분할 등에 대한 추가의 연구도 필요하다.

References

- [1] Afyouni, I; C. Ray; Claramunt, C. 2013, Spatial models for context-aware indoor navigation systems: A survey. *Journal of Spatial Information Science*, 2013(4):85-123.
- [2] Afyouni, I; Ray, C; Ilarri, S; Claramunt, C. 2012, Algorithms for continuous location-dependent and context-aware queries in indoor environments. In Proc. the 20th ACM SIGSPATIAL Conf. '12, New York, NY, USA, ACM, 329-338.
- [3] Ay, S. A; Zimmermann R; Kim, S. H. 2008, Viewable scene modeling for geospatial video search. In Proc. the 16th ACM international Conf. Multimedia, MM '08, , New York, NY, USA, ACM, 309-318.
- [4] Becker, T.; Nagel, C.; Kolbe, T. H. 2009, Supporting contexts for indoor navigation using a multilayered space model. In *Mobile Data Management*, 680-685.
- [5] Epshtein, B; Ofek, E; Wexler, Y; Zhang, P. 2007, Hierarchical photo organization using geo-relevance. In Proc. the 15th ACM GIS '07, New York, NY, USA, ACM, 18:1-18:7.
- [6] Jensen, C. S; Lu, H; Yang, B. 2009, Graph model based indoor tracking. In *Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware, 2009. MDM'09. Tenth International Conf.*, IEEE, 122-131.
- [7] C. S. Jensen; Lu, H; Yang, B. 2010, Indoor-a new data management frontier. *IEEE Data Eng. Bull.*, 33(2):12-17.
- [8] Kang, H.-Y; Kim, J.-S; Li, K.-J. 2010, strack: tracking in indoor symbolic space with rd sensors. In Proc. the 18th SIGSPATIAL Conf. ACM, 502-505.
- [9] Kim, J. S; Li, K. J. 2012, K-Anonymity using Hierarchical Graph Structure in Indoor Space, *KSIS Journal* 20(4): 93-101.
- [10] Kim, S.-E; Kim, Y; Yoon, J; Kim, E. S. 2012, Indoor positioning system using geomagnetic anomalies for smart phones. In Proc. Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2012 International Conf. IEEE, 1-5.
- [11] Kim, S. H; Ay, S. A; Zimmermann, R. 2010, Design and implementation of geo-tagged video search framework. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 21(8):773-786.
- [12] Kim, Y; Kim, J; Yu, H. 2012, Geosearch: georeferenced video retrieval system. In Proc. the 18th ACM SIGKDD international conf. Knowledge discovery and data mining, ACM, 1540-1543.
- [13] Li, K. J; Lee, J. 2013, Basic Concepts of Indoor Spatial Information Candidate Standard, IndoorGML and its Applications, *KSIS Journal* 21(3): 1-10.
- [14] Liu, H; Darabi, H; Banerjee, P; Liu, J. 2007, Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, *IEEE Transactions on*, 37(6):1067 - 1080.

- [15] Liu, L; Zlatanova, S. 2012, A semantic data model for indoor navigation. In Proc. ACM SIGSpatial ISA, 1-8.
- [16] Naaman, M; Song, Y; Paepcke, A., 2004, Garcia-Molina, H. Automatic organization for digital photographs with geographic coordinates, In Proc. the 2004 Joint ACM/IEEE Conf. 53-62.
- [17] Nagel, C; Becker, T; Kaden, R; Li, K.-J; Lee, J; Kolbe, T. 2010, Requirements and space-event modeling for indoor navigation. OGC discussion paper, 10-191r1.
- [18] OGC, 2012, City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard version 2.0. OGC Standard, 12-019.
- [19] OGC, 2006, Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture. OGC White Paper, 06-050r2.
- [20] Pigeau, A; Gelgon, M. 2005, Building and tracking hierarchical geographical & temporal partitions for image collection management on mobile devices. In Proc.the 13th ACM Conf. Multimedia, MULTIMEDIA '05, New York, NY, USA, ACM, 141-150.
- [21] Flickr. Flickr. <http://www.ickr.com/>.
- [22] Google. Picasa. <http://picasa.google.com/>.
- [23] Google. youtube. <http://youtube.com/>.
- [24] OGC. Open geospatial consortium. <http://www.opengeospatial.org/>.
- [25] Zhang, L; Zimmermann, R; Wang, G. 2010, Presentation of geo-referenced videos with google earth. In Proc. the 2010 ACM workshop on Surreal media and virtual cloning, SMVC '10, New York, NY, USA, ACM, 21-26.
- [26] Zheng, Y.-T; Zha, Z.-J; Chua, T.-S. 2011, Research and applications on georeferenced multimedia: a survey. Multimedia Tools and Applications, 51(1):77-98.

논문접수 : 2013.07.10

수정일 : 2013.08.07

심사완료 : 2013.08.26