

실내공간 이동객체 궤적 생성기

Synthetic Trajectory Generation Tool for Indoor Moving Objects

류형규* · 김수진** · 이기준***

Ryoo, Hyung Gyu · Kim, Soo Jin · Li, Ki Joune

要 旨

이동객체에 관한 연구를 위하여서는 이동객체 데이터가 필요하다. 예를 들어 이동객체 질의처리 방법의 성능연구를 위하여서는 이동객체의 벤치마크 데이터가 있어야 실험이 가능하다. 이러한 이유로 도로나 실외 공간을 움직이는 가상의 이동객체를 생성하는 도구가 만들어졌다. 반면에 실내공간은 실외공간과 달리 독특한 특징을 가지고 있으며, 실내공간 이동객체 데이터 생성기는 이를 반영하여 만들어져야 한다. 지금까지 몇 개의 실내공간에 대한 이동객체 생성기가 개발되었으나, 이동객체가 사실적이지 않은 문제점이 있다. 이러한 배경에서 본 논문에서는 실내공간의 가상적 이동객체를 생성하는 도구를 소개한다. 이 도구는 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 첫번째, 이동객체는 보행자를 위하여 설정하였다. 두 번째로 다양한 이동객체의 요소를 변수모델로 표현할 수 있도록 하였다. 보행자의 수, 보행자 평균속도와 같이 단순한 것에서 보행자 사이의 최소거리, 이동 패턴과 같은 복잡한 내용을 사용자가 변수로 설정할 수 있도록 하였다. 세 번째로, 보행자의 현실적인 특징을 반영하도록 노력하였다. 그리고, 마지막으로 데이터의 상호운영성을 위하여 국제공간정보 표준인 IndoorGML로 표현된 실제 대규모 쇼핑몰의 실내공간을 대상으로 이동객체 데이터의 생성을 적용하여보았다.

핵심용어 : 실내공간, 이동객체, 합성데이터 생성, IndoorGML

Abstract

For the performance experiments of databases systems with moving object databases, we need moving object trajectory data sets. For example, benchmark data sets of moving object trajectories are required for experiments on query processing of moving object databases. For those reasons, several tools have been developed for generating moving objects in Euclidean spaces or road network spaces. Indoor space differs from outdoor spaces in many aspects and moving object generator for indoor space should reflect these differences. Even some tools were developed to produce virtual moving object trajectories in indoor space, the movements generated by them are not realistic. In this paper, we present a moving object generation tool for indoor space. First, this tool generates trajectories for pedestrians in an indoor space. And it provides a parametric generation of trajectories considering not only speed, number of pedestrians, minimum distance between pedestrians but also type of spaces, time constraints, and type of pedestrians. We try to reflect the patterns of pedestrians in indoor space as realistic as possible. For the reason of interoperability, several geospatial standards are used in the development of the tool.

Keywords : Indoor Space, Moving Objects, Synthetic Data Generation, IndoorGML

1. 서 론

이동객체에 대한 연구는 1990년대 중반 이후로 매우 활발하게 진행되고 있다. 대부분의 연구는 다수의 이동

객체를 데이터베이스관리시스템에 저장하고 처리하는 방법에 관한 것이어서, 실제 이동객체의 데이터가 필요하다. 예를 들어 이동객체의 질의처리를 위한 성능 실험을 위하여서는, 벤치마크 데이터로 이용될 수 있는

Received: 2016.11.07, revised: 2016.11.16, accepted: 2016.12.14

* 정희원 · 부산대학교 컴퓨터공학과 석사과정(Member, Master Student, Department of Computer Engineering, Pusan National University, hgryoo@pnu.edu)

** 부산대학교 컴퓨터공학과 석사과정(Master Student, Department of Computer Engineering, Pusan National University, soojin.kim@pnu.edu)

*** 교신저자 · 정희원 · 부산대학교 정보컴퓨터공학부 교수(Corresponding Author, Member, Professor, Department of Computer Science and Engineering, Pusan National University, lik@pnu.edu)

대량의 이동객체 데이터가 필요하다. 이를 위하여 몇 가지 연구가 가상의 이동객체 데이터를 만드는 도구를 위하여 수행되었다. 예를 들어, Brinkhoff(2002)의 연구에서는 도로 위의 자동차 이동객체를 만드는 도구를 개발하였다. 또한 마이크로소프트는 182명의 사용자가 3년 동안 수집된 이동객체 데이터를 실제로 수집하여 제공하고 있다(Zheng et al., 2010).

그러나 위의 작업은 모두 실외공간을 대상으로 한 것들이다. 최근 10년 전부터 실내측위와 실내공간모델링 기술 등의 발달과 실내공간의 복잡도 증가로 실내공간에 대한 공간정보 서비스의 필요가 증가하고 있다. 이에 따라서 실내공간을 대상으로 하는 이동객체의 처리도 중요해지고 있다. 따라서 위의 실외공간을 위한 이동객체 데이터와 마찬가지로 실내공간을 위한 이동객체 데이터가 실내공간 이동객체 데이터베이스 연구를 위하여 필요하다. 실내공간의 이동객체를 가상으로 생성하는 도구도 마찬가지로 개발되었다(Huang et al., 2013; Li et al., 2016). 그러나 이들 도구는 주 목적이 실내공간 측위를 위한 신호세기의 가상 데이터를 만드는 것이어서, 실내공간 이동객체의 움직임 자체는 사실적이지 않다는 단점을 가지고 있다.

이러한 배경에서 본 연구에서는 실내공간에서의 이동객체를 생성하는 도구를 개발하였다. 본 도구는 성능 실험에 이용될 수 있는 벤치마크를 위하여 대량의 가상 이동객체 데이터를 만드는 것을 기본 목적으로 개발되었다. 이를 위하여 다음과 같은 구체적 요구사항을 만족하도록 하였다.

- 실제 대규모 실내공간을 대상으로 가능한 사실적인 가상의 이동객체를 생성
- 다양한 특성을 반영하는 변수를 통하여 이동객체 생성
- 공간정보 국제표준 OGC를 준수하는 데이터 생성
- 개방형코드로 개발되어 참여자들을 통하여 추가의 기능을 개발 가능하도록 공개

위의 도구는 초창기에 있는 실내공간의 이동객체 데이터베이스 연구에 도움이 될 것으로 기대한다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 2장에서는 기존의 연구를 살펴보고, 3장에서는 실내공간 이동객체 생성기의 기본 개념과 요구조건을 알아본다. 4장에서는 각 현실세계를 반영하기 위한 변수의 종류를 설정하며, 5장에서는 생성과정을 설명하며 6장에서는 기존의 실내 이동객체 생성기와 비교를 하며 7장에서 논문의 결론을 맺는다.

2. 기존 연구 및 연구배경

이동객체에 관한 연구를 수행하는데 실제 이동객체를 이용하는 것이 가장 이상적인 것으로 생각될 수 있다. 그러나 실제 이동객체를 공개하여 연구나 개발에 사용하기에는 다음과 같은 두 가지 심각한 제약이 있다.

먼저 개인정보의 누출문제가 있다. 실제 이동객체 데이터를 수집하는 것은 어려울 뿐더러, 이를 공개하게 되면 개인정보 노출에 따른 법적 문제를 가지게 된다. 두 번째로 실제 데이터는 제한된 패턴만 반영한다. 이동객체의 움직임은 그 장소와 상황에 따라 매우 다르다. 예를 들어 일반적인 상황에서 백화점을 이동하는 고객과 응급상황 시 고객의 이동은 완전히 다르다. 따라서 하나의 실제 이동객체 데이터는 다양한 여러 패턴에서 단지 하나의 경우만을 반영하게 되어, 벤치마크 데이터로 이를 바탕으로 실험을 하게 되면 제한적일 수밖에 없다.

따라서 위의 두 가지 경우를 극복하면서, 가상의 이동객체 움직임을 만들지만 가능한 실제상황에 맞도록 생성하는 것이 본 연구의 목적이다.

그러나 지금까지 이동객체 생성 도구에 대한 연구는 주로 실외공간에 대하여 이루어졌다. 예를 들어 Brinkhoff(2002)는 도로 공간에서 이동하는 차량의 이동객체를 생성하는 도구를 개발하였고, GeoLife(Zheng et al., 2010)는 실외 도시 공간에서 이동하는 객체의 데이터 생성 및 수집에 대한 도구를 소개하였다. 이에 반하여 본 연구에서 주목하는 것은 실내 공간 내를 이동하는 가상의 객체 궤적 데이터 생성도구이다.

실내공간은 실외공간이나 도로 공간과 많은 점이 다르다. 우선 실내공간은 벽, 천정, 바닥, 문 등의 건축적 구조물로 만들어지는 공간이다. 즉 실내공간은 건축적 구조물로 둘러싸여진 방이나 복도와 같은 단위 공간으로 나누어지게 되고(Zlatanova et al., 2014), 문과 같은 연결 구조물로 이동이 제한되게 된다. 또한 실내공간의 거리는 위의 제약으로 인하여 유클리디언(Euclidean) 거리와는 다르게 정의된다. 그리고 단위공간의 성격에 따라, 공간에서 움직이는 이동객체의 특성이 크게 영향을 받는다. 예를 들어, 강의실에 있는 이동객체는 하나의 객체를 제외하고는 일정한 시간동안 움직이지 않으나, 상점 공간에 있는 이동객체는 공간에서 느린 속도로 움직인다.

Huang et al.(2013)이 개발한 IndoorSTG나 Li et al.(2016) 개발한 Vita는 실내공간의 이동객체를 다루고 있으나, 앞에서 서술한 내용이 고려되지 않아 사실적이지 못한 이동객체가 만들어진다. 그 이유는 다음과

같다. 첫 번째로 이 두 도구의 최종 목적은 실내공간의 이동객체 생성 자체보다는 실내의 무선신호의 강도를 위한 가상의 데이터를 생성하는 것이지, 이동객체 궤적 데이터를 만드는 것이 아니다. 두 번째로 각각의 개별 이동객체 궤적에 대한 사실적 재현은 매우 제한적이다. 예를 들어, 이동객체의 궤적이 모두 주어진 경로를 따라 움직이며, 이동 속도도 공간의 종류와는 관계없이 일정하다. 즉, 위의 두 가지 도구에서 생성되는 이동 객체의 움직임은 출발점에서 도착점까지 궤적을 따라 단순 직선운동을 하며, 모든 객체가 한 곳에 집중되는 문제 등, 상황에 따른 적응성을 가지지 못한다. 또한 모든 이동객체가 한가지 유형으로만 움직이는 등, 사실적 재현에 많은 문제가 있다.

따라서 실내의 이동객체 생성도구를 만들기 위하여서는 이러한 실내공간의 특징이 충분히 반영되어야 한다. 실내공간의 기하 및 위상 특성뿐 아니라, 의미적 내용도 로 고려되어야 하며, 또한 그곳을 방문하는 이동객체의 종류와 목적도 함께 고려되어야 한다. 이러한 내용이 모두 고려되어야만 사실성 있는 이동객체의 데이터가 만들어질 수 있다. 본 연구는 앞에서 열거된 문제점을 극복하여 탄력적이고 사실적인 실내공간의 이동객체 궤적 데이터를 생성할 수 있는 방법론을 제시하고, 이에 따라 데이터 생성도구를 개발하는 것을 목적으로 한다.

3. 실내 공간 데이터 생성 요구조건

실내 공간 데이터 생성 도구를 구현하기 위하여서는 다음과 같은 요구사항이 충분히 고려되어야 한다. 이 요구조건은 사실적 이동, 변수로 생성 환경을 통제, 그리고 공간정보 표준의 준수로 세 가지로 나누어 상세하게 서술한다.

3.1 사실적 움직임

가상 이동객체를 생성하는데 가장 중요한 요구조건은 가능한 실제 이동객체 이동과 비슷하여야 한다는 것이다. 물론 실세계의 이동객체는 다양한 특성을 가지고 있어, 하나의 패턴으로 실세계의 움직임을 재현할 수 없으나, 적어도 부자연스러운 또는 존재하지 않는 이동 패턴은 없어야 한다. 이를 위하여 몇 가지 중요한 특성이 고려되었는데, 이를 요약하면 다음과 같다.

- 실제로 존재하는 실내공간을 대상으로 이동객체를 생성: 가상의 공간이 아니라 실제로 존재하는 실내공간을 대상으로 그 공간의 특성에 맞는 이동객체를 생성하는 도구를 만든다.

- 움직임 제약조건 정의: 이동 객체는 그 종류와 상황에 따라 몇 가지 중요한 제약조건을 따라야한다. 예를 들어, 이동객체가 사람인 경우에는 재난상황과 같은 특수한 상황을 제외하고는 일정한 거리를 가지고 이동한다.
- 공간 유형에 따른 움직임 패턴: 공간의 유형에 따라 이동의 패턴이 주어진다. 예를 들어 복도를 이동하는 이동객체는 특수한 경우를 제외하고는 대개 직진운동을 한다. 반면에 상점 안의 고객은 임의의 방향으로 움직인다. 따라서 이러한 모든 내용이 이동객체의 생성에 반영되어야 한다.

이러한 내용이 고려되어야 사실적인 이동객체의 움직임을 재현할 수 있어야 한다.

3.2 변수를 이용한 데이터 생성 관리

이동객체의 궤적을 생성하는데, 또 다른 하나의 기능은 궤적의 생성을 위한 다양한 특성을 변수로 만들어 조정하는 것이다. 먼저 다음과 같은 기본적인 변수를 고려되어야 한다. 첫 번째로 활성화되어 움직이는 평균 이동객체 수, 두 번째로 이동객체의 평균속도, 세 번째로 평균 생명주기, 그리고 마지막으로 이동객체 간의 최소거리의 네 가지 요소를 변수로 설정할 수 있어야 한다.

그런데 위의 변수 설정은 상황에 따라 다르게 적용된다. 예를 들어, 이동객체의 평균 갯수는 낮 시간과 저녁 시간에 따라 다르며, 평균속도는 복도와 상점에 있는가에 따라 다르게 적용되어야 한다. 또한 화제와 같은 비상상황의 경우 이동객체 사이의 거리는 일반적인 상황보다 훨씬 작을 것이다. 따라서 위의 변수설정은 이와 같은 다양한 경우를 고려하여 조심스럽게 하여야, 사실적인 가상의 이동객체 궤적을 만들 수 있다.

3.3 공간정보 표준의 준수

이동객체의 궤적을 생성하는 도구를 개발할 때, 가능한 재사용성을 높일 수 있어야 한다. 예를 들어, 하나의 주어진 건물에 대하여서만 이동객체를 생성할 수 있는 것이 아니라, 다양한 건물에 대하여 동일한 도구를 사용할 수 있어야 한다. 그리고 생성된 이동객체 데이터는 다양한 응용시스템에서 쉽게 사용될 수 있어야 한다. 지금까지 실내의 이동객체와 가장 밀접하게 관련된 공간정보 표준은 OGC(open geospatial consortium)에서 만들어진 IndoorGML(Lee et al., 2014)이다. 따라서 이 도구는 IndoorGML 실내공간정보 표준을 지원하여야 한다.

3.4 다양한 시나리오를 반영

이동객체에 대한 실험을 수행하기 위하여 가능한 다양한 경우를 모두 고려할 수 있어야 한다. 그러나 서로 다른 상황에서 수집된 이동객체 궤적은 매우 다르다. 실내 이동객체 도구에서 만들어진 궤적 데이터의 가치를 높이기 위하여 몇 가지 대표적인 경우에 대한 시나리오를 정하고, 이를 위한 변수 설정을 미리 하면 보다 가치 있는 실내 이동객체의 궤적 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들어 백화점에서 낮 시간에 일반 방문객과 점원에 대한 이동객체, 야간 보안요원 순찰의 이동객체 궤적, 그리고 비상대피를 위한 이동객체 궤적 등의 서

로 다른 시나리오를 가정하고 변수의 값을 설정하면 보다 다양한 경우의 데이터를 생성할 수 있다.

4. 실내공간의 준비

실내공간의 이동객체 궤적 데이터를 생성하기 위해서는 실내공간이 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 실험을 위하여 롯데월드몰의 데이터를 준비하였다. 이 데이터는 IndoorGML(Lee et al., 2014)로 입력된다. 물론 이 롯데월드몰 데이터는 하나의 예이고, 다른 실내공간도 IndoorGML로 표현하여 본 생성도구에 적용

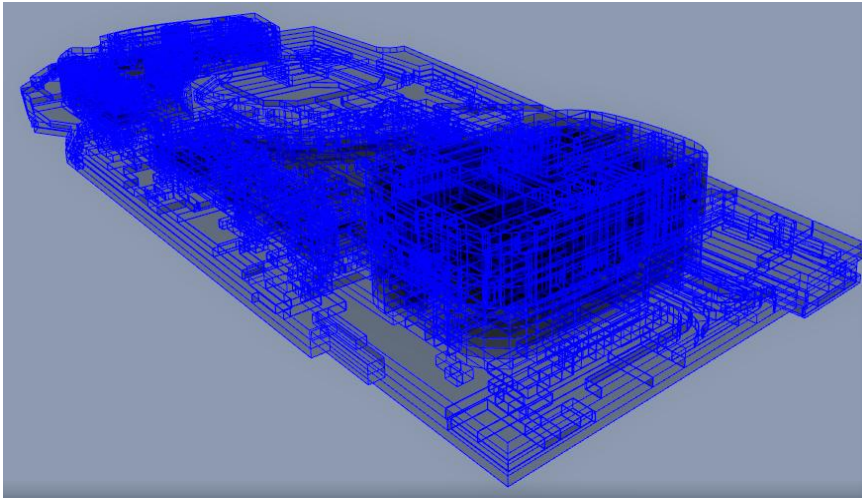


Figure 1. Indoor spatial data in IndoorGML - geometry

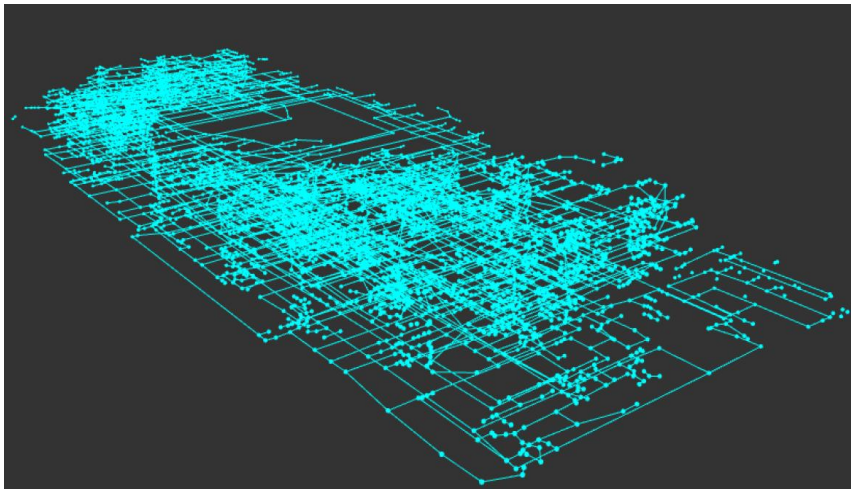


Figure 2. Indoor spatial data in indoorGML - network

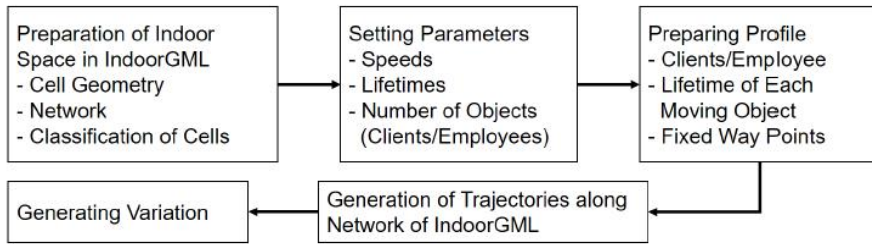


Figure 3. Overall procedure for data generation

할 수 있다. 참고로 IndoorGML은 OGC의 지형공간정보 표준인 GML 3.2.1을 기반으로 만들어진 실내공간 표준이다. 주 내용은 첫 번째로 실내의 단위공간의 기하, 두 번째로 단위공간 사이의 위상 연결성, 세 번째로 단위공간의 구별 및 속성, 그리고 네 번째로 다중공간 모델(multi-layered space model)을 포함한다. 이 중에서 본 연구에서 사용되는 것은 단위공간의 기하, 단위공간 사이의 연결성, 그리고 단위공간을 구별하는 속성에 관한 정보이다.

그 중에서 롯데월드몰의 데이터 중 실내공간 기하와 연결성을 표현한 네트워크는 각각 Figs. 1 and 2과 같다. 기하로 표현된 데이터는 대상이 되는 공간의 각 방과 복도 등 단위공간의 기하를 표현하는 것이고, 연결성을 표현하는 네트워크는 문과 같이 단위 공간 사이의 연결성을 표현하는 것이다. 이 두 가지는 모두 IndoorGML에 포함되는 내용으로 본 이동객체 생성도구의 중요한 입력으로 사용된다. 예를 들어, 연결성 데이터는 각 이동객체들이 이동하는 경로를 지정하게 되며, 기하 데이터는 이동 객체 움직임의 경계를 지정하게 된다.

이와 더불어 IndoorGML은 각 단위공간의 속성을 가지고 있는데, 그 중 하나는 공간의 분류이다. 이 분류는 미국의 건축구조물 분류체계인 OmniClass¹⁾를 따르고 있다. 이 의미정보를 통하여 각 단위공간의 종류를 파악하고 적절한 변수의 값을 지정할 수 있다. 실험대상으로 삼은 롯데월드몰 데이터를 요약하면 Table 1과 같다.

Table 1. Summary of Lotte World Mall

Attributes	Values
number of levels	17 floors (-6 to 11)
number of cells	3496
number of nodes	4893
number of edges	5360

1) <http://www.omniclass.org>

5. 이동객체 궤적 생성도구

5.1 이동객체 궤적 생성 과정

본 장에서는 3장에서 논의한 다양한 고려사항을 바탕으로 이동객체 데이터를 생성하는 과정을 살펴본다. 전체적인 과정은 Fig. 3에 나타난 단계를 따른다. 각 단계를 설명하면 다음과 같다.

첫 번째 단계로 생성되어야 할 이동객체가 이동할 공간을 준비한다. 이는 IndoorGML에서 제공하는 단위공간의 기하정보와 공간의 연결성 정보를 이용한다. 두 번째로 여러 가지 필요한 변수의 값을 설정한다. 예를 들어 Table 2와 같이 변수의 값을 지정할 수 있다. 세 번째로 각 이동객체를 위한 프로파일을 준비한다. 이 자세한 내용은 5.4절에서 설명한다. 이렇게 주어진 입력 데이터로 네 번째 단계에서 일차적 이동객체의 궤적을 생성한다. 이때 생성되는 객체의 이동속도나 이동경로는 5.2절과 5.3절에서 각각 설명된다. 그리고 다섯 번째로 생성된 객체 궤적을 보다 자연스럽게 만들기 위하여, 약간의 변이를 준다. 이 변이를 생성하면서 이동객체 간의 최소거리를 함께 고려한다.

본 연구에서 개발한 도구는 Java로 만들어졌으므로 모든 운영체제에서 사용가능하다. 또한 모든 소스가 공개되어 있으므로 누구나 개발사이트²⁾를 통하여 받아갈

Table 2. Parameters setting for test data

Attributes Values		value
average speed	corridor	1.0m/s
	room	0.2m/s
	stairs/lift/escalator	1.2m/sec
average number of moving objects		3,000
	employees	814
	clients	2,186
average life time (employees)		9:00-20:00
average life time (clients)		1 hour
minimum distance between moving objects		0.1m

2) <http://github/stemlab/simogen>

수 있으며 개발에 참여할 수 있다. 특히 이 소스코드는 MIT license로 되어 있어 상업적 용도로도 사용이 가능하다.

그러면 연구에서 개발한 도구의 기본 설계 개념과 이전 연구와 차별성을 살펴보도록 한다.

5.2 공간 종류에 따른 속도

이동객체는 공간의 종류에 따라 다른 속도를 가지고 움직인다. 본 도구에는 방/복도와 계단/승강기/에스컬레이터로 수평적 이동과 수직적 이동으로 나누어 속도를 지정한다. 수평적 이동중 방과 복도의 속도를 다르게 독립적으로 설정하며, 또한 수직적 이동도 그 종류에 따라 속도를 다르게 설정한다. 본 논문에서는 롯데월드몰을 대상으로 이동객체 데이터를 생성하지만, 각 공간의 종류의 정보를 이용하여 따른 속도의 지정이 가능하다. 공간 종류의 정보는 IndoorGML에서 입력받는다.

5.3 이동 경로의 생성

이동객체의 이동 경로는 IndoorGML에서 주어지는 네트워크를 따라 만들어지며, 다른 단위공간으로 이동할 경우가 아니면, 공간 경계선을 넘어서지 않는다. 실내 공간의 입구에서 시작하여 입구로 종료된다. 이동객체는 임의 보행, 임의로 주어지는 경과지점 통과 보행, 지정된 경과지점 통과 보행의 세 가지 유형으로 구별한다.

먼저 임의보행으로 주어진 공간에서 제한된 속도로 임의 이동하는 경우이다. 예를 들어 점원 내의 사원은 그 상점 안에서 임의로 움직인다. 두 번째로 임의로 주어지는 경과지점 통과 보행은 임의로 경과지점을 동적으로 생성하고, 두 경과지점 사이는 최단경로를 따라 이동한다. 백화점을 방문하여 이동하는 고객은 대부분

이 범주에 속한다. 세 번째, 지정된 경과지점을 통과하는 보행은 미리 정의된 중간지점을 통과하여 목적지까지 최단경로로 가는 이동이다. 예를 들어 가게에서 일하는 점원은 입구에서 가게로 지적된 목적지까지 이동하며, 일정한 시간이 지나면 다시 입구를 통하여 건물을 빠져나간다.

5.4 보행자 프로파일(profile)

개별적인 보행자는 각기의 특성을 설명하는 프로파일을 가지고 있다. 이 프로파일은 초기 값으로 주어지는 고객과 점원의 수를 통하여 자동적으로 생성된다. 고객을 위한 보행자 프로파일은 우선 이동객체의 유형을 임의의 이동경과 통과 보행으로 간주하며, 입력 값으로 주어진 평균 생명시간(lifetime)을 고려하여 개별적 생명시간, 시작 시간, 종료시간을 생성하며, 생명시간 내에서 이동할 수 있는 중간지점이 임의로 생성된다.

두 번째로 점원의 프로파일은 만든다. 각기 점원에게 근무 상점을 지정한다. 편의상 각 점원에게는 하나의 상점만을 지정한다. 또한 전체 근무시간을 기준으로 출근시간과 퇴근 시간을 명시한다. 그러면 출근시간에 입구 중의 하나로 들어와서 상점까지는 지정된 경과지점을 통과하여 상점까지 이동하며, 상점 안에서는 퇴근 전까지 임의 보행으로 이동하며, 퇴근 시에는 입구까지 지정된 경과지점 통과보행으로 이동한다.

5.5 이동경로의 변이 생성

비록 경로는 IndoorGML에서 주어지는 네트워크를 따라 생성되나, 실제로는 보다 자연스러운 경로 생성을 위하여 약간의 변이를 준다. 변이의 정도는 정규분포를 통하여 각 이동 세그먼트(segment)의 출발점과 도착점



Figure 4. A result of data generation

Table 3. Comparison with previous synthetic data generation tools

	IndoorSTG	Vita	Our tool
purpose	simulation of WiFi signal strength	simulation of WiFi signal strength	simulation of moving object trajectories
indoor map	proprietary floor plan	IFC	IndoorGML
supported movement patterns	destination walk (Dijkstra algorithm)	random walk/destination walk	random walk/destination walk/random way find walk
minimum distance between objects	not considered	not considered	considered
space cell types	partially considered (same floor vs. different floor)	not considered	considered
pedestrian types	not considered	not considered	considered

을 기준으로 분산 내에서 변이를 준다. 단 이 경우 해당 단위공간을 벗어나지 않게 한다. 또한 생성된 궤적과 다른 객체 궤적과의 거리를 지정된 최소 거리 이상으로 유지한다. 만일 해당 공간에 최소거리를 고려하여 더 이상 객체가 만들어질 수 없으면 생성을 포기하며, 새로운 보행자 프로파일을 만들도록 한다.

5.6 생성된 데이터 예시

앞에서 설명한 여러 가지 사항을 고려하여 이동객체를 생성하는 실험을 하였다. Fig. 4의 그림은 롯데월드몰을 대상으로 생성된 데이터가 이동하는 것을 3차원 도시모델 가시화도구인 세슘(Cesium)을 통하여 가시화한 것이다. 이 데이터 생성을 위한 변수 설정은 Table 2에 요약이 되어 있다. 이 변수는 가능한 실제와 동일하도록 값을 설정하였다. 물론 이 변수 값의 설정 자체는 본 연구의 범위가 아니며, 다양한 환경에서 서로 다르게 설정될 수 있다. 본 도구와 생성된 데이터는 공개사이트를 통하여 공개되었다. 생성된 이동객체의 궤적 데이터뿐만 아니라 새로운 변수의 값을 통하여 다른 데이터를 만들 수도 있으며, 다른 실내공간에 대하여도 적용하여 실내공간 이동객체 데이터를 만들 수도 있다.

6. 기존 이동객체 생성기와 비교

본 연구에서 개발된 이동객체 생성기는 여러 가지 측면에서 기존의 실내 이동객체 생성기에 비하여 장점을 가지고 있다. 그러나 기존의 대표적인 생성기인 IndoorSTG(Huang et al., 2013)과 Vita(Li et al., 2016)은 그 소스코드나 실행파일이 공개되어 있지 않아 직접적인 비교가 불가능하다. 따라서 논문에 나타난 측면을 고려하여 본 연구에서 개발한 도구와 비교하면 다음의 Table 3와 같이 정리할 수 있다.

먼저 세 가지 도구의 개발목적은 앞의 두 가지가 가상의 RSSI 데이터를 생성하기 위한 것이라면 본 논문에서 소개하는 도구는 가상의 이동객체 생성 자체가 목적이다. 이에 따라 더욱 이동객체의 사실적 이동에 더욱 초점이 맞추어져 있다. 우선 현실과 유사한 움직임을 위하여 앞의 두 가지 도구가 가지지 못하는 세 가지의 이동 유형을 도입하였다.

또한 실내 공간의 종류와 이동객체의 유형에 따라 그 속도를 다르게 조정할 수 있도록 했다. IndoorSTG와 Vita의 객체가 모두 정속도의 이동을 하는 반면, 본 도구에서 생성된 이동객체는 유형에 따라서 그리고 공간의 종류에 따라 다른 속도로 움직인다.

동시에 객체 사이의 최소거리를 정의하여 이 거리 이상으로 이동객체가 움직일 수 있도록 하였다. 그리고 주어진 경로 위를 움직이는 것이 아니라 약간의 변이를 통하여 보다 자연스러운 경로를 생성한다. 이는 앞의 두 가지 도구가 주어진 경로를 겹쳐서 이동하는 것에 반하여, 본 논문에서 소개하는 도구가 생성한 이동객체는 서로 경로가 겹치지 않으며 일정한 거리를 유지하며 이동하는 것을 확인할 수 있다.

7. 결론

이동객체에 대한 연구를 위하여 실외 공간의 가상 이동객체 생성기는 많이 개발되었다. 그러나 실내공간에 대한 이동객체 생성기는 제한적으로만 개발되었다. 따라서 본 연구에서는 이동객체의 움직임을 사실적으로 재현하는 실내공간 이동객체의 궤적 데이터 생성기를 개발하였다. 개발된 생성기는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

첫 번째로 다양한 변수로 이동객체 생성 환경 설정할

수 있다. 두 번째, 실제 대형 실내공간을 대상으로 이동 객체 데이터 생성하여 사실성을 확보하였으며, 국제 공간정보 표준을 준수하여 상호운영성을 높였다. 세 번째로 실내공간과 이동객체(보행자)의 종류에 따라 다른 변수 값 설정할 수 있도록 하였다. 이러한 특징으로 본 연구에서 개발한 도구는 사실적인 이동객체의 움직임을 재현한다. 이 도구는 실내공간 이동객체를 다루는 데이터베이스 시스템의 성능 실험에 유용한 벤치마크 데이터로 사용될 수 있다.

그러나 아직도 개선할 수 있는 몇 가지 사항이 있다. 먼저 지하철이나 공항, 대학교와 같은 다른 실내공간을 대상으로 본 도구를 적용할 필요가 있다. 그리고 본 도구에서 고려하지 못한 사다리 통로, 휠체어 등의 다양한 이동 수단 등, 다른 요소나 이동모델을 적용하여 개선할 수도 있다. 또한 본 도구에서 생성된 데이터가 얼마만큼 사실적으로 실제 이동객체의 움직임을 재현하였는가를 판단하는 방법이 없다. 이러한 연구는 앞으로의 연구에 포함된다. 이 도구는 오픈소스로 개방되어 있으므로, 누구든지 본 도구의 개발과 개선에 참여할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)과 BK21 플러스 IT기반 융합산업 창의인력양성사업단의 지원을 받아 연구되었음.

References

1. Afyouni, I., Cyril, R. and Claramunt, C., 2012, Spatial models for context-aware indoor navigation systems: A survey, *Journal of Spatial Information Science*, Vol. 1, No. 4, pp. 85-123.
2. Brinkhoff, T., 2002, A framework for generating network-based moving objects, *GeoInformatica*, Vol. 6, No. 2, pp. 153-180.
3. Huang, C., Jin, P., Wang, H., Wang, N., Wan, S. and Yue, L., 2013, IndoorSTG: a extensible tool to generate trajectory data for indoor moving objects, *Proc. of IEEE 14th International Conference on Mobile Data Management*, IEEE Computer Society, Milan, Italy, pp. 341-343
4. Jensen, C. S., Lu, H. and Yang, B., 2010, Indoor—a new data management frontier, *IEEE Data Engineering Bulletin*, Vol. 33, No. 2, pp. 12-17.
5. Lee, J., Li, K. J., Zlatanova, S., Kolbe, T., Nagel, C. and Becker, T., 2014, OGC IndoorGML, Open Geospatial Consortium, 14-005r4, USA.
6. Li, H., Lu, H., Chen, X., Chen, G., Chen, K. and Shou, L., 2016, VITA: A versatile toolkit for generating indoor mobility data for real-world buildings, *Proc. of VLDB 2016 Conference*, VLDB endowment, New Delhi, India, pp. 1453-1456.
7. Li, K. J., 2008, Indoor space: A new notion of space, *Proc. of International Symposium on Web and Wireless GIS*, W2GIS SC, Shanghai, China, pp. 1-3.
8. Mautz, R., 2009, Overview of current indoor positioning systems, *Geodezija ir kartografa*, Vol. 35, No. 1, pp. 18-22.
9. Pfoser, D. and Theodoridis, Y. 2003, Generating semantics based trajectories of moving objects, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 2, No. 3, pp. 243-263.
10. Zheng, Y., Xie, X. and Ma, W. Y., 2010, Geolife: A collaborative social networking service among user, location and trajectory, *IEEE Data Engineering Bulletin*, Vol. 33, No. 2, pp. 32-39.
11. Zlatanova, S., Liu, L., Sithole, G., Zhao, J. and Mortari, F., 2014, Space subdivision for indoor applications, *Technical Report*, GISt Report No. 66, Delft University of Technology, Netherlands, p. 48.