

공간정보 기반 스마트 공간 구성 기술

이상근, 이강우
 한국전자통신연구원 IoT 연구본부
 e-mail : {greyrhee, kwlee}@etri.re.kr

Smart Space Technology based on Spatial Knowledge

Sang Keun Rhee, Kangwoo Lee
 IoT Research Division, Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문에서는 우리 주변의 생활 공간을 지능화하고 편리하게 만들기 위한 연구 방향으로 공간 정보를 토대로 한 스마트 공간 기술을 제안한다. 이를 위해 3D 공간 모델을 구성하고 공간 내의 객체를 인식 및 식별하고 추적함으로써 변화하는 공간정보를 수집하고, 이를 복합 공간 상황 모델로 구성 및 관리하는 방법을 제시한다. 또, 수집된 정보를 토대로 각 사용자의 작업 이력을 학습하여 적절한 서비스를 능동적으로 제안하기 위한 학습 기술 및 응용 서비스를 구현하고, 간단한 실험을 통해 제안 기술의 가능성을 검증한다.

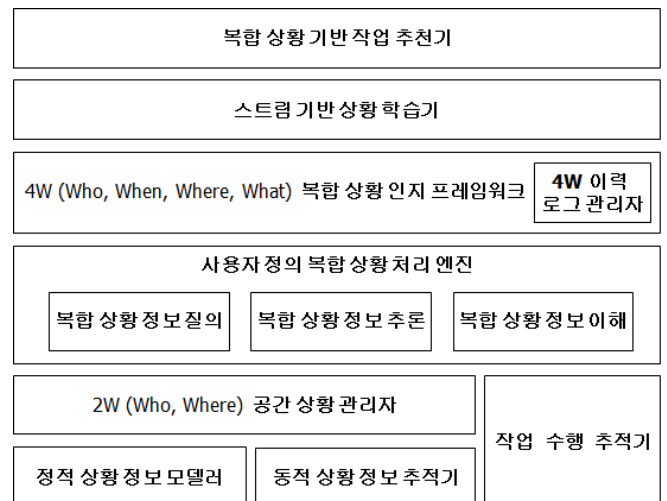
1. 서론

우리의 생활 공간을 보다 편리하고 지능적으로 만들기 위한 기술을 개발하기 위해, Pervasive Computing [1]에 대한 비전에서 시작하여 다양한 연구가 시도되고 있다[2]. 본 연구에서는, 실세계 공간 안의 물리적 객체들이 가상 정보 및 미디어와 공존하는 혼합 현실 공간을 구성하고, 그 안에서 여러 공간정보 및 상황 정보를 인식하여 사용자에게 능동적으로 필요한 서비스를 제안하는 스마트 공간을 구성하고자 한다. 직관적인 사용자 환경을 구성하고 가상 객체 및 정보를 실제 물체에 증강하기 위해 프로젝터-카메라 시스템 [3]이 구성되었으며, 이는 일반적인 벽 또는 테이블 등의 표면에 멀티터치 인터페이스를 구현하는 데에도 활용된다. 또, 능동적 서비스 제공을 위해 사용자 이력 학습 기반 추천 기술이 응용되었다.

본 논문에서는, 이를 구현하기 위한 시스템의 구성을 제안하고, 공간 상황 정보를 이해하기 위해 대상 공간 내에 존재하는 사용자 및 객체들에 대한 인식 및 식별, 사용자 위치 추적, 공간 정보 관리, 공간 상황 학습 등의 기술을 논의한다. 그리고, 이를 구현한 환경 및 응용을 소개하고 간단한 실험 결과를 제시한다.

2. 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 시스템은 주변 환경으로부터 공간 정보를 수집하고, 분석된 상황 지식을 기반으로 사용자에게 적절한 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 위한 전반적인 시스템 구조는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 시스템 구조

2.1 공간 상황 정보 수집 및 관리

정적 상황 정보 모델러는 대상 공간에 대한 전반적 모델을 관리하고, 동적 상황 정보 추적기는 깊이센서와 RGB 센서를 이용해 공간 내 존재하는 사용자들을 식별하고 각각의 위치 좌표 및 이동 경로를 추적한다. 작업 수행 추적기에서는 각 사용자들의 작업 내역, 즉 서비스 이용 내역을 기록하고 관리하며, 이는 2W 공간 상황 관리자에서 관리되는 각 객체의 위치 정보와 함께 복합 상황 정보 이해에 활용된다. 공간 상황 정보 획득에 대한 보다 자세한 내용은 [4]에서 서술되었다.

복합상황처리 엔진에서는 2W 공간 상황 관리자에

기록된 각 사용자 및 객체들의 위치 좌표 정보를 기반으로, 서로간의 상대적 의미 공간 관계[5]를 추론하며, 이는 작업 수행 이력과 더불어 복합 상황 정보를 구성하게 된다. 이 복합 상황 정보는 응용 필요에 따라 다양하게 정의하여 구성할 수 있으며, 질의를 통해 필요한 정보를 가져올 수 있다. 본 연구에서는 작업 시간, 식별된 사용자, 위치, 그리고 활성화된 서비스를 나타내는 4W(When, Who, Where, What)의 형태로 이력 정보를 관리한다.

2.2 스트림 기반 공간 상황 학습 및 추천

각 사용자들에게 적절한 시점에 알맞은 서비스를 능동적으로 추천하고 제공하기 위해서는 각 사용자별 서비스 이용 패턴을 파악해야 하며, 스트림 기반 상황 학습기에서는 4W 이력 정보를 토대로 이러한 패턴을 도출한다. 주어진 공간 내에서 사용자들이 지속적으로 작업을 수행함에 따라 생성되는 이력 정보들을 지속적으로 학습 모델에 반영하는 자율성장 기술을 적용하기 위하여, 배치 기반의 학습 기법 대신 스트림 데이터 기반 점진적 학습(incremental learning) 기법을 적용하였으며, 이를 위해 Hoeffding Tree 기반 학습 모델[6]을 활용하여 학습 모델을 생성하고 배치 기반 데이터 일괄 학습 기능과 스트림 데이터 기반 학습 및 모델 업데이트 기능을 구현하였다. 또한, 각 사용자별 작업 패턴의 변화를 감지하기 위하여, Adwin Bagging 기법[7]을 통한 변화 감지(drift detection) 기술이 적용되었다.

복합 상황 기반 작업 추천기에서는 공간 상황을 모니터링하여 현재 시간(When)에 특정 사용자(Who)가 정해진 위치(Where)에 진입하면, 이 학습 모델을 통하여 해당 사용자에게 알맞은 서비스를 추천하고 실행하게 된다. 이 때, 사용자는 추천된 서비스를 통해 작업을 수행하거나 또는 제안을 무시하고 다른 서비스를 선택할 수 있으며, 해당 사용자의 작업 기록은 4W 형태의 로그로 변환되어 학습 모델에 반영된다. 4W 환경 변수 각각에 대해 정의된 값들은 표 1 과 같다.

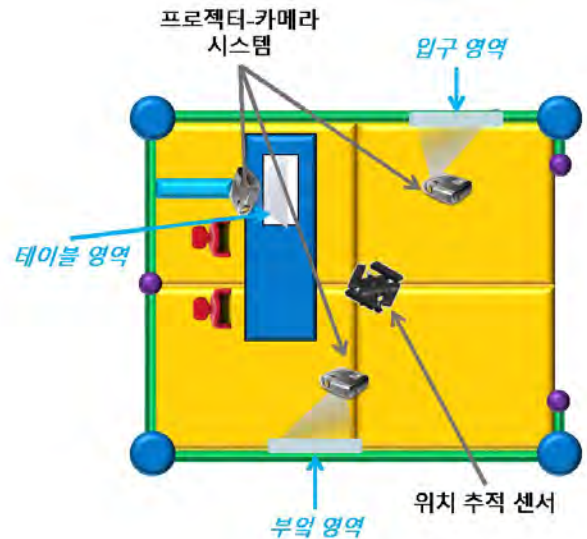
<표 1> 상황 변수 및 값 정의

상황 변수	상황 값
Who	greyrhee, yhsuh, kwlee
Where	Entrance, Kitchen, Table
What	ScreenShare, DeviceControl, PostIt, Teleconference, PhotoAlbum
When	00:00:00, 01:00:00, 02:00:00, ..., 22:00:00, 23:00:00

3. 응용 및 실험

본 연구에서 구성한 시스템의 구성은 (그림 2)와 같다. (그림 2(a))는 전반적인 테스트 환경 및 배치를 나타내며, 손가락 터치 기반 상호작용 및 서비스를

제공하는 프로젝터-카메라 장치가 테이블, 입구, 부엌의 3 개 구역에 설치되었다. 사용자 위치 추적을 위한 센서는 (그림 2(b))와 같이 6 개의 깊이카메라로 구성되어 360 도의 전방향을 모니터링하며, 혼합현실 멀티 터치 디스플레이 구성을 위한 프로젝터, 깊이카메라 및 RGB 카메라 장치 세트는 (그림 2(c))와 같이 구성되었다.

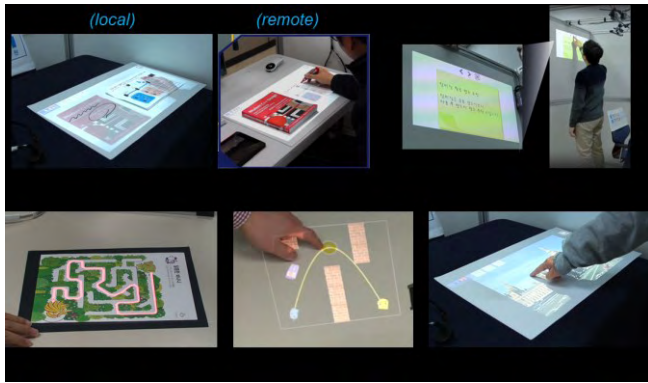


(a) 스마트 공간 환경 구성



(그림 2) 테스트 환경 및 장치 구성

이 환경 안에서 사용자에게 제공되는 서비스로 (그림 3)과 같이 5 가지 응용이 개발되었다. 영상 공유[8]는 원격 회의 등을 위해 원격지 간 테이블 위의 객체 및 영상을 공유하는 환경을 제공하며, 스마트 메모 서비스[9]에서는 사용자와 가까운 위치에서 개인화된 메모를 열람할 수 있다. 미로찾기 서비스는 테이블 위에 놓인 미로 이미지의 패턴을 인식하여 해답을 이미지 위에 프로젝터로 그려주며, 쥐 게임[10]은 프로젝터 및 마커를 이용한 증강현실 게임 서비스를 제공한다. 그리고 사진 앨범은 각 사용자마다 보유한 사진들을 터치 인터페이스를 통해 열람하도록 해 준다.



(그림 3) 응용 서비스

첫번째 실험으로는 공간 상황 정보의 정확한 수집을 위해 사용자 위치 오차를 측정하였으며, 두 명의 사용자가 위치 추적 센서 주변을 지속적으로 이동하는 동안 실제 위치와 측정된 위치를 각각 기록하였다. 총 4,930 개의 궤적에 대한 측정 오차값은 19.3cm, 표준편차 20.1cm 였으며, 이는 사용자 위치를 기반으로 서비스를 추천하기 위한 목적에 비추어 충분한 정확도로 판단되었다.

두번째 실험으로는 서비스 추천의 정확도를 측정하였으며, 장기간에 걸친 작업 기록을 시뮬레이션하기 위해 999 개의 레코드로 이루어진 학습 데이터 세트와 99 개의 레코드로 구성된 테스트 데이터 세트를 생성하였으며, 작업 패턴의 변화에 대한 적응도를 확인하기 위해 다른 패턴의 학습 및 데이터 세트를 동일한 레코드 수만큼 추가로 생성하였다. 실험 결과 패턴 변화가 일어나기 전에는 예측 정확도가 98%였으며, 패턴 변화 이후에도 94%로 충분히 높은 수치를 보여주었다.

단, 이는 어디까지나 시뮬레이션을 통한 실험 결과이며, 실제 환경에 적용하는 경우에는 좀더 낮은 수치로 나타날 수 있기에, 보다 장기간에 걸친 실제 데이터를 수집하고 이를 통한 심층적 실험이 필요할 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 공간정보를 활용한 스마트 공간 구성 기술을 소개하였다. 공간 상황 정보를 수집하고 관리하기 위해 대상 정적 공간을 3D 모델로 구성하고, 공간 내 객체 인식을 위해 위치추적 센서가 활용되었다. 또한, 능동적 서비스 제공을 위해 수집된 정보를 4W 기반 이력으로 정의하고 스트림 데이터 학습 기법을 통해 각 사용자별 작업 패턴을 도출함으로써 적절한 서비스를 제안하도록 구현하였다.

본 논문에서 제안된 기술은 스마트 공간을 구현하기 위한 가능성을 제시하였으며, 활용 대상이 되는 공간정보의 범위를 확대하고 센서를 다양화하는 한편, 점진적 학습 모듈을 개선하고 응용 서비스를 추가하여, 장기적으로는 다양한 환경에서 스마트 공간을 구성할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의글

본 연구는 국토교통부 국토공간정보연구사업 '국토공간정보의 빅데이터 관리, 분석 및 서비스 플랫폼 기술개발(17NSIP-B081011-04)과제' 의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

- [1] M. Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century," Scientific American, vol. 265, 1991, pp. 94-101.
- [2] M. Knappmeyer, et al., "Survey of Context Provisioning Middleware," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 15(3), 2013, pp. 1492-1519.
- [3] C. S. Pinhanez, "The Everywhere Displays Projector: A Device to Create Ubiquitous Graphical Interfaces," In Proc. Of the International Conference on Ubiquitous Computing (UBICOMP), 2001, pp. 315-331.
- [4] Y.-H. Suh, S. K. Rhee, and K. Lee, "Continuous Location Tracking of People by Multiple Depth Cameras," In Proc. Of International Conference on ICT Convergence (ICTC), 2015, pp. 170-172.
- [5] Y.-H. Suh, S. K. Rhee, and K. Lee, "Semantic Relation among Spatial Objects for Situation-Aware Services in Interactive Smart Spaces," In Proc. Of the International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU), 2016, (in press).
- [6] A. Bifet, et al., "New Ensemble Methods For Evolving Data Streams," In Proc. Of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2009, pp. 139-148.
- [7] A. Biefet and R. Gavalda, "Learning from Time-Changing Data with Adaptive Windowing," in Proc. Of the 2007 SIAM International Conference on Data Mining, 2007, pp. 443-448.
- [8] Y.-H. Suh, S. K. Rhee, and K. Lee, "A Full-duplex Camera-Projector System for Sharing Interactive Tables," In Proc. Of International Conference on ICT Convergence (ICTC), 2016, (submitted).
- [9] S. K. Rhee, Y.-H. Suh and K. Lee, "Smart Memo Service Design for Augmented Smart Space," In Proc. Of International Conference on ICT Convergence (ICTC), 2015, pp. 1019-1021.
- [10] A. Lee, D. S Jeong and J.-H. Lee, "Interactive Design of Planar Curves based on Spatial Augmented Reality," In Proc. Of International Conference on Intelligent User Interfaces Companion, 2013, pp. 53-54.