

스마트 공간에서 컨텍스트들 간의 조합을 통한 공간 속 사람 수 측정 및 보정

People Counting and Correction through Combining Existing Contexts in Smart Space

요 약

스마트 공간 속 사람의 수를 정확히 파악하는 것은 여러 분야에 적용될 수 있는 중요한 기술이다. 이는 데이터 스트림을 태스크 단위로 분할하기 위한 가장 기본적인 정보가 되고 사용자 태스크 인지 정확도에도 큰 영향을 미친다. 이를 위해 여러가지 방법이 제안되었으나, 기존의 방법들은 비용이 많이 들거나 사생활 침해 등의 이유로 실생활에 도입되기 힘들다는 한계점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위해 본 연구에서는 스마트 공간 속 여러 컨텍스트들 간의 조합을 통해 공간 속 사람의 수를 측정하고 잘못 측정된 케이스를 보정하는 기법을 제안한다. 제안하는 시스템의 성능 평가를 위해 세미나실 테스트베드에서 4일 동안 수집된 데이터를 활용하여 본 기법의 정확도를 측정하였다.

1. 서 론

스마트 공간에서 사용자 의도를 파악하고 그에 적절한 서비스 제공을 위한 기반 기술로 사용자 태스크 인지에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 이와 관련된 대부분 연구들에서는 태스크 단위로 분할된 데이터 스트림을 이용하여 태스크 패턴을 분석, 학습하고 사용자들의 특정 태스크를 인지하는 방식을 사용한다. 따라서, 사용자 태스크 인지를 정확하게 하기 위해서 스트림 형식으로 들어오는 데이터를 태스크 단위로 유의미하게 분할해야 한다. 태스크는 공간에 사람이 있을 경우에만 발생되기 때문에 공간 속 사람의 재실 여부, 나아가 공간에 있는 사람의 수를 정확히 파악함으로써 유의미한 태스크 단위의 데이터 셋을 얻을 수 있다.

사람의 수를 측정하기 위해 다양한 연구들이 제안되었는데 가장 대표적인 접근 방법은 문에서 사람의 통과를 감지하여 출입 여부를 판단하는 것이다. 이와 관련된 기법에는 대표적으로 카메라를 이용한 방법과 센서를 이용한 방법이 있다. RGB Camera를 이용한 방법 [1]은 정확도가 높지만 상대적으로 비용이 높고, 카메라 녹화에 의해 사생활 침해의 소지가 발생한다. Ultrasonic Sensor를 이용한 방법[2]은 작은 공간에도 상당한 양의 학습이 필요하고, 방의 크기가 최종 정확도에 직접적인 영향을 미치게 된다. 뿐만 아니라 초음파는 사람에게 친화적이지 못하여 실제적으로 시스템에 도입되기 어렵다는 단점을 가진다.

Thermosense를 이용한 기법[2]은 적외선 이미지를 기록하기 위해 문의 천장에 설치가 되는데, 천장과외 거리가 멀어질수록 급격히 정확도가 낮아지는 단점이 있다. 이처럼 최신 기술을 이용한 기법을 사용한다고 해도 문에 설치되는 센서만을 이용하여 사용자의 수를 측정하는 데에는 한계가 있다.

이전 관련 연구들의 한계점을 보완하기 위해 본 논문에서는 실제 스마트 공간에서 적외선 거리 도어 센서를 이용하여 공간에 있는 사람의 수를 측정한 값을 기반으로, 여러 다른 컨텍스트와의 조합을 통해 오차 값을 보정하는 시스템을 제안한다. 본 논문에서 제안한 시스템이 가지는 장점(Contribution Point)은 다음과 같다.

- 적외선 거리 도어 센서를 이용해 다른 시스템들에 비해 설치가 간단하고, 하드웨어 비용이 적으며, 사생활 침해의 소지가 없어 실제 시스템에 도입하기 쉽다.
- 실시간(Real-Time) 사람 수 측정 및 보정 시스템을 제안함으로써 실시간 서비스를 지원할 수 있다.

시스템은 동시에 진행되는 두 개의 프로세스로 구성된다. User Counting Unit에서는 문의 측면에 설치된

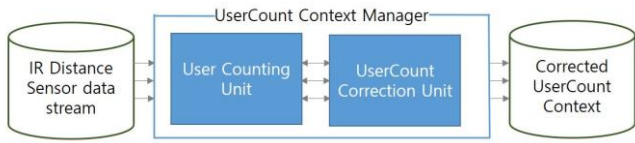


그림 1. Context-Cooperated User Counting 설계 개요

적외선 거리 도어 센서를 이용해 사람의 출입을 감지하고 그에 따라 공간 속 사람 수 (UserCount)를 기록한다. 동시에 UserCount Correction Unit에서는 공간 내에 존재하는, 사람의 재실 유무를 판단할 수 있는 다른 컨텍스트들을 이용하여 UserCount값에 발생한 오차를 보정한다. 제안하는 시스템의 성능을 검증하기 위해 세미나실에서 수집된 4일 동안의 적외선 거리 도어 센서 및 다양한 종류의 컨텍스트 데이터 값을 이용하여 그 정확도를 측정하는 실험을 수행하였다. 분석 결과, 보정 단계를 생략한 시스템의 정확도(Accuracy)는 83%, 보정 단계를 거친 시스템의 정확도는 88%가 측정되었다.

2. 시스템 설계

그림 1은 본 논문에서 제안하는 시스템의 설계 개요로, 동시에 진행되는 두 개의 내부 컴포넌트로 구성된다. 첫 번째 컴포넌트인 User Counting Unit에서는 적외선 거리 도어 센서에서 전달받은 값을 이용하여 사람의 출입 여부를 판단하고 UserCount를 증가 혹은 감소시킨다. 실제 스마트 공간에서는 문의 측면에 2개의 센서가 나란히 설치하여 사용자 출입 여부를 판단하게 된다. 이러한 작업을 수행하면 그림 2와 같이 UserCount가 기록된다. 하지만 그림과 같이 오차가 발생할 수 있다. 두 번째 컴포넌트인 UserCount Correction Unit에서는 첫 번째 프로세스에서 발생한 오차를 보정하기 위한 작업을 수행한다. 실제 오차는 여러 사람이 나가면서 한 사람이 측정되지 못한다거나, 한 사람이 들어왔지만 2 이상의 UserCount가 증가되는 식으로 발생하게 된다. 오차가 발생한 채로 UserCount가 유지되면, 실제로 공간에 사람이 없지만 UserCount가 0이 아닌 값으로 유지될 수 있다. 시스템에서는 이러한 상황에서 다시 UserCount를 0으로 내려주는 보정을 시도한다. 공간에 존재하는 사람의 재실 여부를 결정할 수 있는 다른 컨텍스트(예: 사운드레벨, 온도)를 이용하여 적외선 거리 도어 센서와는 독립적으로 공간에 실제 사람이 있는지 여부를 매 순간 판단하게 된다. UserCount가 1 이상의 값을 가지는 상태에서, 다른 컨텍스트에 의해 사람이 없다고 판단되었고 그러한 컨텍스트의 상태가 특정 시간 이상 유지되면 UserCount를 0으로 내려주는 보정을 수행한다. 보정 판정을 위해 유지되는 시간은 공간적 특성에 따라 다르게 설정될 수 있다.

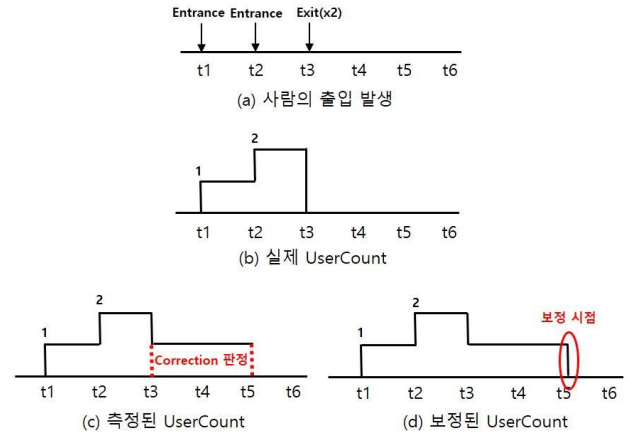


그림 2. 사람 수 측정 및 보정 예제

3. 시스템 구현 및 실험

3.1 구현 및 실험 환경

제안하는 시스템의 검증을 위해 본 실험에서는 분산 미들웨어 [4] 기반 세미나실 테스트베드에서 4일간 수집된 센서 데이터 스트림을 저장하였다. User Counting Unit에서 사용되는 적외선 센서는 Phidget Sharp Distance Sensor(20-150cm)를 이용하였고, 센서 값을 전달받아 사람의 입장, 퇴장을 판단하고 UserCount를 기록하는 연산 기기로는 Raspberry Pi 3를 이용하였다. UserCount Correction Unit에서 재실 여부를 판단하는 컨텍스트로는 사용중인 의자의 수(TotalSeat), 그리고 움직임 기반의 순간재실여부(IsPresence)를 이용하였다. 판단 기준으로 TotalSeat값이 0, 혹은 순간재실여부가 'Empty'로 30분 이상 지속될 경우를 입력하였다. 공간에서 수집되는 모든 컨텍스트에는 노이즈가 존재할 수 있기 때문에 두 가지 컨텍스트를 사용하여 하나의 값을 신뢰할 수 없는 상황에도 유효한 결과를 낼 수 있도록 규칙을 구축하였다.

3.2 정확도 분석

정확도 분석에는 실제 관측된 사람의 입장, 퇴장과 우리의 시스템에서 측정된 입장, 퇴장의 수를 비교하여 정확도(Accuracy)를 계산한다. 보정 기법의 효과를 판단하기 위해 UserCount Correction Unit의 보정 단계가 생략된 입장, 퇴장의 수와 보정 단계를 거친 입장, 퇴장의 수를 각각 측정하여 정확도를 비교하였다.

표 1은 제안하는 시스템의 정확도 평가 결과를 보여준다. 실험 결과 입장(Entrance), 퇴장(Exit)에서 발생한 대부분의 오차는 다음의 경우와 같다.

- 한 명의 입장, 혹은 퇴장에 2 이상의 UserCount가 증가/감소하는 경우

	Event	GroundTruth	Accuracy (보정 제외)	Accuracy (보정 포함)
Day1(10.23)	Entrance	58	49(84%)	49(84%)
	Exit	58	50(86%)	51(88%)
Day2(10.24)	Entrance	30	24(80%)	27(90%)
	Exit	30	25(83%)	27(87%)
Day3(10.25)	Entrance	58	48(83%)	48(83%)
	Exit	58	48(83%)	49(84%)
Day4(10.26)	Entrance	32	25(78%)	31(97%)
	Exit	32	27(84%)	29(90%)

보정 전 평균 Accuracy : 83%
 보정 후 평균 Accuracy : 88%

표 1. Accuracy of Counting

- 여러 명의 동시다발적인 입장, 혹은 퇴장에 일부의 UserCount가 증가/감소가 무시된 경우
- 입장, 혹은 퇴장의 경우가 아니지만 센서가 있는 문 앞에서 움직임을 보인 경우

보정 프로세스를 수행하지 않고 적외선 거리 센서를 단독으로 이용한 시스템에서는 평균적으로 83%의 정확도를 보였다. 여러 명의 순간적인 동시 출입이 잦은 날(Day4)에 정확도가 가장 낮게 측정되었다.

보정 프로세스를 수행한 시스템의 정확도는 88%로 보정을 제외한 프로세스의 정확도인 83%보다 5% 높아진 값을 보였다. Day4(10.26)의 퇴장(Exit)과 같은 경우는 보정 후 97%의 정확도를 보여주었는데, 발생한 오차의 양상이 대부분 UserCount를 실제보다 높게 만드는 방향이었기 때문에 UserCount의 값을 내려주는 보정 프로세스가 큰 효과를 내었다.

표 2는 실험에서 보정이 일어난 케이스를 정리해둔 것이다. 4일 간의 데이터 중에 보정이 일어난 경우는 총 10번 나타났으며 모든 보정이 실제 공간에 사람이 없는 올바른 경우에 나타남을 확인하였다.

4. 논의

본 논문의 시스템은 출입문의 측면에 센서를 설치하기 때문에 문이 설치된 실내 공간에 적용하기 적합한

	시점	실제 사람 수	효과
Day1	15:42:07	0	Exit 1개 교정
	11:08:37	0	Exit 1개 교정
Day2	14:30:27	0	Entrance 2개 교정
	18:37:57	0	Exit 1개 교정
	22:54:06	0	Entrance 1개 교정
Day3	08:22:46	0	Exit 1개 교정
	11:49:36	0	Entrance 1개 교정
Day4	14:56:57	0	Entrance 2개, Exit 1개 교정
	18:05:56	0	Entrance 1개, Exit 1개 교정
	20:02:27	0	Entrance 2개 교정

표 2. 보정 사실 기록

시스템이다.

본 논문에서 실험에 활용한 공간은 세미나실로, 연속된 공간 사용 사이에 사람의 부재가 충분히 일어나는 공간이다. 하지만 제안된 시스템의 이러한 특징을 가진 공간이 아닌, 사람의 부재가 거의 발생하지 않는 공간(예: 공항 등)에서는 UserCount를 0으로 내려주는 현재 방식의 보정이 정확도를 크게 높여줄 수 없을 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 적외선 거리 도어 센서를 기반으로 여러 컨텍스트의 조합을 통해 공간에 있는 사람의 수를 측정하는 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템의 성능 평가를 위해 수행된 실험에서는 세미나실 테스트베드 공간에서 연속된 4일간의 데이터 셋을 통해 이루어졌고, 보정을 제외한 시스템의 정확도는 평균 83%, 보정을 수행한 시스템의 정확도는 88%가 측정되었다. 뿐만 아니라, 4일 동안 발생한 사람 수의 오차 보정 케이스가 모두 올바른 상황에 처리됨을 확인하였다. 본 연구의 확장 방안(Future work)으로는 대부분의 오차가 발생하는 3가지 경우에 대한 개선을 진행하려 한다. 또한, 적외선 거리 값으로 출입 여부를 판단하는 연산 기법 자체에서 정확도를 높이고 공간 내 전체 컨텍스트 간의 조합 규칙을 최적화하는 방법을 고안하여 전체적인 사용자 수에 대한 정확도를 높일 수 있는 시스템을 추가적으로 구축할 계획이다.

6. 참고 문헌

- [1] Zhao, Xi, et al. "A people counting system based on face detection and tracking in a video." *Advanced Video and Signal Based Surveillance. AVSS'09. Sixth IEEE International Conference on*. IEEE (2009).
- [2] Shih, Oliver, et al. "Occupancy estimation using ultrasonic chirps." *Proceedings of the ACM/IEEE Sixth International Conference on Cyber-Physical Systems*. ACM (2015).
- [3] Beltran, Alex, et al. "Thermosense: Occupancy thermal based sensing for hvac control." *Proceedings of the 5th ACM Workshop on Embedded Systems For Energy-Efficient Buildings*. ACM (2013).
- [4] Son, Heesuk, et al. "A distributed middleware for a smart home with autonomous appliances." *Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2015 IEEE 39th Annual*. Vol. 2. IEEE (2015).