상황인지 추론을 위한 RFMatrix 기반의 모델 개발

The Development of RFMatrix-based Context Awareness Model

김종곤, Jonggon Kim[1], 이성일, Seongil Lee[2], 박광현, Kwanghyun Park[3], 송교현, Kyohyun Song[3]
[1]성균관대학교 산업공학과, [23]성균관대학교 시스템경영공학과

"유비쿼터스 컴퓨팅" 과 "상황인지 컴퓨팅" 이 점차 확산되어짐에 따라 유비쿼터스 환경이 급격하게 발전하면서 변화하고 있다. 이러한 변화로 인해 사용자 정보와 사용자 주변의 환경 정보를 파악하여, 적절한 시간에 적절한 서비스를 제공할 수 있는 기술과 인간과 컴퓨터 관계가 증가하면 할 수 록 인간과 인간의 관계처럼 좀 더 자연스러운 관계를 유지 할 수 있는 상황인지 컴퓨팅이라는 개념이 나타나기 시작하였다. 이러한 상황인지 컴퓨팅을 통하여 상황을 인지하고 사용자에게 필요한 정보를 제공하기 위해서는 상황을 정의 할 수 있는 상황인지 모델이 필요하다. 그러나 현재, 상황을 인지하기 위한 상황인지 모델에 관한 연구는 미비한 상태이다. 본 논문에서는 5W1H를 이용하여 상황을 정의하고, RFMatrix를 이용하여 주변 환경과 사람들과의 관계를 반영한 RFMatrix 기반의 상황인지 모델을 제안한다. 또한 제안된 RFMatrix모델의 유용성을 검증하기 위해 학습공간의 실험을 통하여 정확성을 검증하고자 한다.

핵심어: RFMatrix, 상황 인지, RFID, 학습공간

1. 서론

최근 정보화 사회에서 가장 큰 이슈는 유비쿼터스이며, 한 차원 발전된 개념으로써, 새로운 IT 시대의 신 패러다임인 "유비쿼터스 컴퓨팅", "상황인지 컴퓨팅" 의 등장은 그 동안의 정보화 사회 혁명들에 견줄 만한 또 하나의 혁명으로 평가 되고 있다. 정보화 시대의 발전으로 인해 사람들은 컴퓨터를 통하여 다른 사람들과 업무를 진행하면서 시간을 보내고 있으며, 인간과 컴퓨터 관계가 증가하면 할 수록 인간과 인간의 관계처럼 좀 더 자연스러운 관계를 원하게 되었다. 이러한 요구사항을 해결하기 위해서 주변의 상황 정보를 이용한 상황인지 개념이 나타나기 시작하였으며, 상황인지 컴퓨팅 환경을 구현하기 위해서는 개인별 맞춤형 정보 제공 기술과 정확한 상황인지 기술이 필요하다[11]. 맞춤형 정보 제공 기술은 사용자의 정보와 사용자 주변에 대한 환경 정보를 파악하여, 적절한 시간에 적절한 서비스를 제공하는 상황 기반 응용 서비스 기술이라고 할 수 있다. 특히, 사용자가 시스템을 인지하지 못하고, 불편함을 주지 않으면서 상황을 생성하고, 언제 어디서나 사용자에게 맞춰진 상황을 생성하는 기술은 사용자 중심의 미래형 컴퓨팅 환경의 핵심이다. 정확한 상황인지 기술은 sensing 기기들에 의해서 수집된 정보를 이용하여 정확하게 상황을 정의 할 수 있는 기술이라고 할 수 있다. 그러나 현재까지 연구된 상황인지 컴퓨팅에서 상황은 개발된 응용서비스에 맞춰져서 정의되고 해석되어지기 때문에 정확하지 못한 상태로 정의되어 사용되고 있다[7].

본 논문에서는 학습공간이라는 환경에서 상황인지를 추론하기 위한 RFMatrix 기반의 상황인지 모델을 제안한다. 세부적으로는 Wearable computing 환경에 적합한 장갑형 RFID reader를 이용한 상황인지에 대한 연구와 구현을 통하여 5W1H와 RFMatrix를 기반으로 개발된 모델에 적용하고, 실험을 통하여 제안하는 모델의 정확성을 검증하고자 한다.

2. 상황인지

2.1 상황의 정의

현재 몇몇 연구자들에 의해 정의된 상황의 개념들이 상황인지 컴퓨팅 환경에서 사용되고 있다. Schilit는 최초로 상황인지에 대한 용어와 정의를 소개하였다. Schilit가 정의한 상황은 위치를 의미하는 것으로 근접한 사람과 사물의 확인 및 이러한 실체에 대한 변화를 의미한다. Schilit는 사용자의

위치, 사용자 주변 사람의 정보, 사용 가능한 자원으로 상황을 정의하였다[3]. Dey는 상황을 사용자의 대상물, 사용자의 감정 상태, 사용자 주변 사람과 대상물, 위치, 시간 등의 정보로 정의 하였다[2] [1]. 그러나 Dey 경우 정의에서 언급되지 않은 상황 정보들이 실제로 상황을 인지 할 때 중요한 부분을 차지하고 있어, 보다 포괄적인 개념의 상황 정의가 요구 되었다. 그 후, 상황을 사용자와 응용서비스 사이의 상호 작용을 위해 필요한 사용자, 장소, 대상물 등의 개체 상태를 나타내는 정보라고 정의 하였다. Prekop & Burnett는 상황을 entity의 상태를 설명하기 위해 사용되는 정보라고 하였다[8]. entity는 사람과 응용서비스 사이의 관계를 설명하기 위한 사람, 장소, 사물로 정의 하였다. 장세이 & 우운택은 유비쿼터스 컴퓨팅과 스마트 홈이 결합된 거주 환경을 기반으로 하여 상황을 5W1H(Who, Where, What, When, Why, How)로 정의 하였다[10]. Who는 '현재 거주자 인식', What은 '현재 대상물 인식', Where는 '현재 거주자 및 대상물의 위치', When은 '사건이 발생된 시간', How는 '사건이 어떻게 발생 되었는가?' 를 의미하며, 최종적으로 Why는 4W1H(Who, Where, What, When, How)를 이용하여 '사건이 왜 발생 하였는가' 를 인식한다. 이러한 Why정보는 거주 환경을 변화시키는 이유를 제공하므로 가장 최종적인 상황이라고 하였다.

선행연구를 통해, 개발 환경의 상황에 따라 응용서비스에 적용 가능한 부분의 상황만을 정의하여 사용하는 것을 알 수 있었다. 이러한 상황 정의는 다른 응용서비스에 적용할 경우 상황의 정의와 종류가 달라지는 문제가 발생하여 적용이 불가능하였다[11]. 본 논문에서는 여러 응용서비스에서 변환과정 없이 공통으로 사용될 수 있는 될 수 있는 상황을 정의하기 위해서 <표 2-1>와 같이 5W1H로 상황을 정의한다[10]. 5W1H는 상황을 전달하는 뉴스 작성 시 담겨야 할 여섯 가지 기본요소로써, 언론계 등에서 뉴스보도에 반드시 들어가야 할 요소이다. 즉, 누가, 무엇을, 언제, 어디서, 왜, 어떻게를 통하여 상황을 정확하게 정의하고 전달 할 수 있다.

표 2-1. 5W1H를 이용한 상황 정의

5W1H	상황 정의[11]
Who	특정한 공간의 사람
What	사람의 의도에 대상이 되는 사물(What_Object)
	주변 환경에 의해 대상이 되는 사람(What_Human)
Where	사람의 현재 위치 정보
When	공간의 환경이 변화한 시간(상황이 발생한 시간)
How	최종 상황(final context) – 사람의 외적인 행동 정보
Why	최종 상황(final context) – 사람의 내적인 의도와 감성 정보

2.2 상황인지 모델

상황인지 모델은 상황인지 컴퓨팅 환경에서 사용자 중심적 서비스를 제공하기 위해 사용자의 현재 상황과 주변 상황 정보를 이용하여 사용자가 원하는 것이 무엇인지 추론할 수 있는 모델을 말한다.

Georgia Tech에서는 상황인지 시스템의 기반 구조를 지원하기 위한 상황 Toolkit을 설계하였다[4]. 초기의 상황을 인지하기 위한 모델인 상황 Toolkit은 상황과 사용자의 입력 데이터를 분류하여 사용자, 장소, 상태, 시간 등 4개의 상황을 기반으로 상황을 정의하는 모델이며, widget, aggregator, interpreter 3개의 컴포넌트를 통하여 sensing된 정보를 통하여 상황을 인지한다. 그러나 구체적이고 정확한 상황인지 방법이나 추론 방법을 제공하지 않고 있으며, 응용서비스가 상황을 사용하기 위해서는 중간 매개체를 새로 작성하거나, 기존의 중간 매개체와 복잡하게 연결해야 하는 문제점을 가지고 있어 상황인지 모델로는 적합하지 못한 문제점을 가지고 있다.

여러 상황 정보간의 인과 관계를 모델링 하고 다양한 형태의 상황 정보를 결합하여 추론하기 위해 베이지안 네트워크(Bayesian Network)가 사용 많이 사용되고 있다. 일반적인 베이지안 네트워크는 각 노드의 상태가 이산적으로 구성되어 있으며, 상황 정보가 관찰되면 이에 해당하는 노드는 여러 상태 중 한 가지 상태로 설정된다[5]. 그러나 실제 환경에서 관찰되는 상황 정보는 이산적일 수도 있지만 연속적인 경우가 많으며, 관찰된 정보가 하나의 상태가 아닌 여러 가지 상태에 동시에 속할 수도 있다. 따라서 일반적으로 상황 정보가 연속 값으로 입력 될 경우 적당히 등급화하고, 여러 상태에 동시에 속할 경우 가장 신뢰성이 높은 상태를 선택하여 해당 노드의 한 가지 상태로 결정하는 방법을 사용한다. 그러나 연속 값을 등급화 할 때 기준의 의미가 명확하지 않으며, 경계근처의 연속 값에 대해서 정교한 처리가 불가능하다는 단점이 있다. 이와 같은 베이지안 네트워크의 단점을 보완하기 위해 미리 정의된 퍼지 소속도 함수를 이용하여 각 상태에 대한 퍼지 소속도 값을 계산한 퍼지 베이지안 네트워크(Fuzzy Bayesian Network)를 사용한다.

현재 여러 가지의 상황 인지 모델이 개발되고 사용되고 있으나, 사람의 행동이 복잡하고 다양하기 때문에 사람의 상황을 정확하게 인지하고 정의하여 적용하기란 어렵다. 또한, 상황은 사람 주변의 센서에 의해서 생성되는 데이터를 기반으로 정의되기 때문에 사람의 행동에 의해서 발생하는 능동적인 상황과 주변 상황에 의해서 발생하는 수동적인 상황으로 나눌 수 있다. 그러므로 상황을 정확하게 정의하고 적용하기 위해서는 사람의 복잡한 행동을 모두 분석하여 반영하고, 능동적인 상황과 수동적인 상황을 모두 반영할 수 있는 모델이 필요하다.

3. RFMatrix기반의 상황인지 시스템

본 논문에서 제안하는 RFMatrix 기반의 상황인지 시스템은 context sensor, primary filter, fusion module, context filter, interpreter로 <그림 3-1>과 같이 5가지로 구성되어 있다. 첫째, context sensor는 사람과 주변 사물의 RFID reader 와 Tag에 의해 정보를 수집하거나 수집되기 위한 장치이다. 둘째, primary filter는 RFID reader와 Tag에 의해서 수집된 정보를 4W(When, Who, What, Where) 형태의 primary context로 변형시킨다. 셋째, fusion module은 4W 형태의 primary context를 RFMatrix 기반의 상황인지 모델에 사용하기 위한 4가지 fusion context로 변형한다. fusion context는 상황이 발생한 시간의 정보([When]), 상황이 발생하는 공간의 사람([Human_Count]), 능동적인 사람의 행동([Who (and) What_Object]), 수동적인 사람의 행동([Where (and) What_Human])로 구성된다. 넷째, context filter는 fusion context를 이용하여 모델링 된 결과 중 필요한 상황만을 선별하여 final context로 만드는 역할을 한다. final context는 5W1H 중에서 사람의 행동 정보, 의도와 감성 정보인 How, Why에 해당된다. 다섯째, Interpreter는 최종적으로 만들어진 final context를 응용서비스가 인지 할 수 있도록 해석해 주는 역할을 한다.

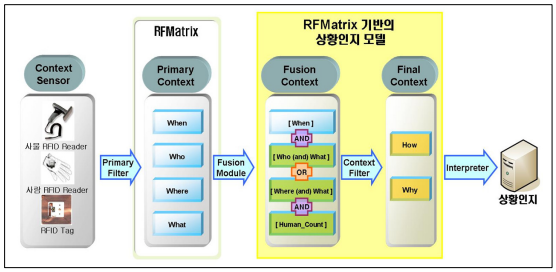

그림 3-1. RFMatrix 기반의 상황인지 시스템[9]

4. RFMatrix기반의 상황인지 모델

기존의 상황인지 모델은 주변 환경에 설치된 사물의 센서(압력센서, 적외선 센서, 온도센서, 음성센서, 가속센서)들을 이용하여 사람의 행동변화, 상태변화 등을 sensing하여 상황을 정의 하는 방식이며, 주변 환경의 변화에 의해서 사람의 행동 상황(언제 어디에서 누가 무엇을 하는가?)을 정의하는 수동적인 형태이다. 그러나 상황은 사람과 사람, 사람과 사물, 사물과 사물간의 관계를 통하여 정의되기 때문에 사람의 행동변화, 상태변화는 환경에 의한 수동적인 형태와 사람에 의한 능동적인 형태로 나눌 수 있다[3]. 능동적인 사람의 행동은 사람의 의지에 의해서 발생하는 상황(언제 누가 무엇을 하는가?)으로 주변 사물에 대한 사람의 능동적인 상황이 반영된다. RFMatrix 기반의 상황인지 모델은 사람과 사람, 사람과 사물, 사물과 사물간의 관계를 반영하기 위해서 센서로부터 수집된 4W의 정보를 능동적인 사람의 행동([Who (and) What_Object])과 수동적인 사람의 행동([Where (and) What_Human])으로 변환하여 상황을 정의한다. RFMatrix 기반의 상황인지 모델은 입력되는 RFID 정보를 사용하여, 시간([When]), 공간의 사람([Human_Count]), 능동적인 사람의 행동([Who (and) What_Object]), 수동적인 사람의 행동([Where (and) What_Human])으로 정의하고, 각각의 상황에서 발생하는 상호작용 관계를 반영하기 위한 and 논리연산과 or 논리연산으로 구성되어 있다.

4.1 5W1H

RFMatrix 기반의 상황인지 모델은 센서를 통하여 수집되는 정보를 4W(When, Who, What, Where)의 형태로 변형하여 상황을 인지한다[10]. 5W1H를 이용한 상황 정의를 기반으로 하여 학습공간에서 적용할 수 있는 5W1H를 정의하였다. 5W1H 중 Who는 특정한 공간의 사람으로써, 학생과 선생님을 정의한다. What은 학생과 선생님 의도에 대상이 되는 사물(What_Object)과 주변 환경에 의해 대상이 되는 학생과 선생님(What_Human)으로 구분된다. Where는 사람의 현재 위치 정보로써, 학생과 선생님의 현재 위치 정보이다. How와 Why는 최종 상황(final context)을 정의하며, How는 학생과 선생님의 외적인 행동 정보이고, Why는 학생과 선생님의 내적인 의도와 감성 정보이다.

4.2 논리연산(and, or)

논리 연산은 각각의 상황에서 발생하는 여러 가지의 상호관계 및 사람들 간의 상호관계를 반영하기 위해서 사용된다. and 논리연산과 or 논리 연산을 사용하여 RFID 센서로부터 수집된 정보들의 관계를 반영한다.

and 논리 연산의 수학적 정의는 곱하기, 교집합의 연산이며, 두 개의 입력 조건이 모두 참이어야 그 결과가 참인 연산을 말한다. RFMatrix 기반의 상황인지 모델에서 and 논리 연산은 교집합(공통)의 의미로서 RFID reader가 선택한 RFID tag를 말한다. 즉, 사람RFID reader가 사물 RFID tag를 만지거나, 사물 RFID reader가 사람 RFID tag를 sensing할 때 reader와 tag 정보를 and 연산을 사용하여 서로의 상관관계를 반영한다. 또한 시간(when), 공간의 사람(Human_Count)은 Who, What, Where의 초기 상황을 정의 할 때, 항상 동일하게 포함되어 있는 정보이므로, 교집합의 의미인 and 논리연산으로 RFMatrix 기반의 상황인지 모델에 반영한다.

or 논리 연산의 수학적 정의는 더하기, 합집합 연산, 두 개의 입력 조건 중 하나 이상이 참일 때만 그 결과가 참인 연산을 말한다. RFMatrix 기반의 상황인지 모델에서 or 논리 연산은 합집합의 의미로서, fusion context의 능동적인 사람의 행동과 수동적인 사람의 행동을 모두 합한 것을 의미한다. 즉, RFMatrix 기반의 상황인지 모델은 RFID 센서들의 상호작용 관계를 반영하기 위한 모델로써, RFID 센서로부터 발생하는 모든 정보를 합하게 된다.

4.3 RFMatrix 기반의 상황인지 모델링 단계

RFMatrix 기반의 상황인지 모델링 단계는 primary data(RFID reader와 RFID tag), RFMatrix(primary context), RFMatrix 기반의 상황인지 모델링(fusion context), 상황정의 (final context)와 같이 4단계로 구성된다. <그림 4-1>은 1분50초에 선생님과 학생이 존재하는 공간으로 선생님은 화이트보드에서 분필을 잡고 있고, 학생은 의자에 앉아서 연필을 잡고 있는 상황을 모델링하는 단계이다.

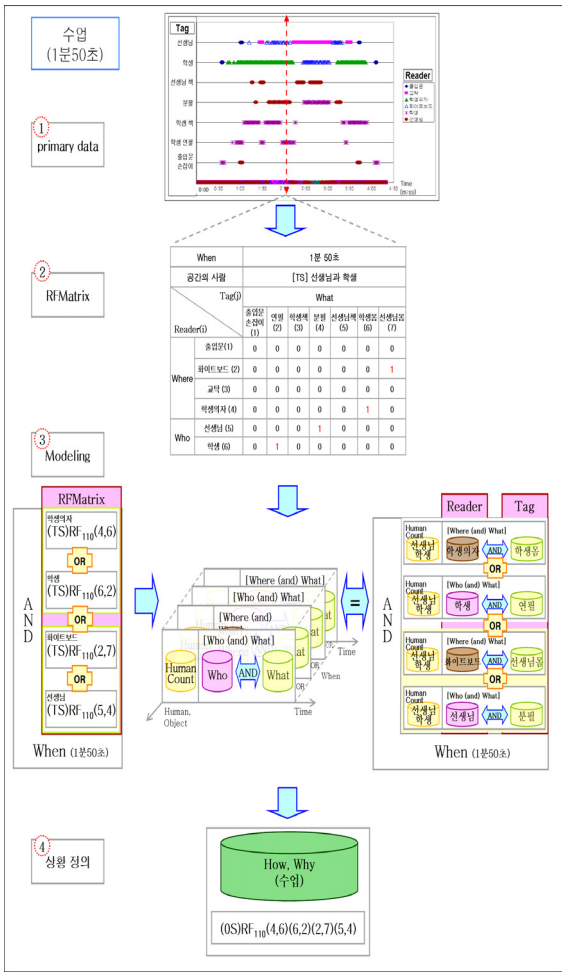

그림 4-1. RFMatrix 기반의 상황인지 모델링 단계

primary data는 RFID 센서에 의해서 초기에 수집된 데이터이며, 사람 RFID reader에 의해서 수집되는 사물 RFID tag 정보와 사물 RFID reader에 의해서 수집되는 사람 RFID tag 정보로 구분된다.

RFMatrix는 When, 공간의 사람, RFID reader, RFID tag와 같이 4부분으로 구성된다. When을 통하여 상황이 발생한 시간을 분석 할 수 있으며, 공간의 사람을 통하여는 상황이 발생한 공간의 사람의 상호관계를 분석 할 수 있다. RFID reader를 통하여 수집되는 정보는 Who와 Where의 의미를 분석할 수 있다. Who는 선생님과 학생의 사람 RFID reader에 의해서 수집되는 능동적인 행동을 의미하며, Where는 출입문, 화이트보드, 교탁, 학생의자의 사물 RFID reader에 의해서 수집되는 수동적인 행동을 의미한다. RFID tag를 통하여 수집되는 정보는 What의 의미를 분석할 수 있으며, What은 What_Object와 What_Human으로 구성되어 있다. What_Object는 출입문, 연필, 학생 책, 분필, 선생님 책과 같이 주변 환경의 사물 tag로써, 사람이 사용하는 물건 정보를 의미한다. What_Human은 학생 몸이나 선생님 몸과 같이 행동 주체의 tag로써, 주변 환경의 사물 RFID reader에 의해서 사람의 위치 정보를 수집 할 수 있다.

RFMatrix는 RFID reader와 RFID tag를 사용하여 분석하고자 하는 시간의 RFID 상황 정보의 상관관계를 파악 할 수 있다. 1의 데이터는 RFID reader가 tag를 sensing한 것이고, 0의 데이터는 RFID reader가 tag를 sensing하지 못한 것을 나타낸다. 공간의 사람은 학습공간을 가정 하였으므로, 사람이 존재할 경우 선생님은 'T' 학생은 'S' 로 표시하며, 공간에 사람이 존재 하지 않을 경우는 '0' 으로 표기 한다. <표 4-1>은 1분50초 상황일 때의 RFMatrix를 나타내고 있다. RFMatrix 수식 표현 형식은 동일한 시간대에 사용된 모든 RFID reader와 RFID tag의 값이 1이 되는 영역만을 배열로 표현하며, '[(공간의 사람)$RF_{time(s)}$(RFID reader(i), RFID tag(j))]' 형식으로 표현한다. RFMatrix 수식 표현 형식에서 '$RF_{time(s)}$' 중 time(s)은 상황이 발생한 (When) 시간을 의미하며 단위는 초(S)로 한다.

표 4-1. RFMatrix 표현

When		1분50초						
공간의 사람		[TS] 선생님과 학생						
Reader (i) \ Tag(j)		What						
		출입문 손잡이(1)	연필 (2)	학생책 (3)	분필 (4)	선생님 책(5)	학생몸 (6)	선생님 몸(7)
Where	출입문(1)	0	0	0	0	0	0	0
	화이트보드(2)	0	0	0	0	0	0	1
	교탁(3)	0	0	0	0	0	0	0
	학생의자(4)	0	0	0	0	0	1	0
Who	선생님(5)	0	0	0	1	0	0	0
	학생(6)	0	1	0	0	0	0	0

<표 4-2>는 1분50초에 선생님과 학생이 존재하는 공간으로 선생님은 화이트보드에서 분필을 잡고 있고, 학생은 의자에 앉아서 연필을 잡고 있는 상황을 RFMatrix 수식 표현한 것이다.

표 4-2. RFMatrix 수식 표현 형식

[(공간의 사람)$RF_t(i,j)$] = 1

= [(공간의 사람)$RF_{time(s)}$(RFID reader(i), RFID tag(j))]

= [(TS)RF_{110}(2,7)] (or) [(TS)RF_{110}(4,6)] (or) [(TS)RF_{110}(5,4)] (or) [(TS)RF_{110}(6,2)]

= [(TS)RF_{110}(2,7)(4,6)(5,4)(6,2)]

RFMatrix 기반의 상황인지 모델링은 1단계 상황이 발생하는 시간 [When]정의, 2단계 상황이 발생하는 공간의 사람 [Human_Count]정의, 3단계 RFID reader와 tag의 RFMatrix에서 1의 데이터가 있는 사람 리더의 row열의 [Who (and) What_Object] 데이터 정의, 4단계 RFID reader와 tag의 RFMatrix에서 1의 데이터가 있는 사물 리더의 row열의 [Where (and) What_Human] 데이터 정의, 5단계 Final Context [How, Why]정의와 같이 5단계로 구성된다. <그림 4-2>, <표 4-3>와 같이 1단계 [When]정의를 통하여 "1분50초" 라는 상황 정보를 정의하고, 2단계 [Human_Count]정의를 통하여 "학생과 성생님의 존재" 정보를 정의하며, 3단계 [Who (and) What_Object]정의를 통하여 "선생님은 분필을 잡고 있고, 학생은 연필을 잡고 있다" 라는 정보를 정의하고, 4단계 [Where (and) What_Human]정의를 통하여 "화이트보드에 선생님이 있고, 학생의자에 학생이 있다" 라는 정보를 정의하게 된다.

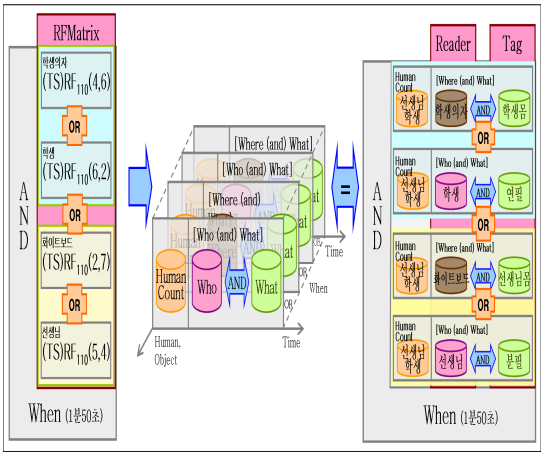

그림 4-2. RFMatrix 기반의 상황인지 모델링[6]

표 4-3. RFMatrix 기반의 상황인지 모델링

단계	Fusion context	표현
1	[When]	1분50초
2	[Human_ Count]	[TS] 선생님과 학생 존재
3	[Who (and) What_Object]	[{선생님 (and) 분필} (or) {학생 (and) 학생 책}] = [(TS)RF_{110}(5,4)] (or) [(TS)RF_{110}(6,2)]
4	[Where (and) What_Human]	[{화이트보드 (and) 선생님 몸} (or) {학생의자 (and) 학생 몸}] = [(TS)RF_{110}(2,7)] (or) [(TS)RF_{110}(4,6)]

4단계의 RFMatrix 기반의 상황인지 모델링을 통하여 나온 결과를 기반으로 <그림 4-3>, <표 4-4>와 같이 5단계 [How, Why]의 final context를 정의한다. final context는 "1분50초 상황에, 학생과 선생님이, 학생은 학생의자에서 연필을 만지고 있고, 선생님은 화이트보드 앞에서 분필을 잡고, 수업을 하고 있다." 이다. 이를 통하여 1분50초에 동일한 공간에 학생과 선생님이 존재하고 있으며, 학생은 학생의자에서 연필을 만지면서, 선생님의 수업을 듣고 있고, 선생님은 화이트보드 앞에서 분필을 잡고, 학생에게 수업을 가르치고 있음을 추축할 수 있다. 그러므로 1분50초의 상황은 선생님이 학생에게 수업을 가르치고 학생은 선생님의 수업을 듣는 상황임을 최종적으로 정의 할 수 있다.

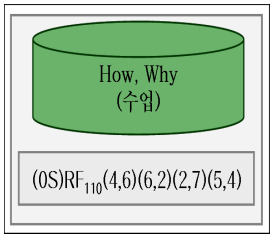

그림 4-3. RFMatrix 기반의 상황인지 모델링의 Final Context

표 4-4. RFMatrix 기반의 상황인지 모델링의 Final Context

단계	Fusion context	표현
5	[How, Why]	[1분12초] (and) [선생님과 학생] (and) [{선생님 (and) 분필} (or) {학생 (and) 학생 책} (or) {화이트보드 (and) 선생님 몸} (or) {학생의자 (and) 학생 몸}] = [(TS)RF_{110}(2,7)(4,6)(5,4)(6,2)]

5. RFMatrix 기반 모델의 검증을 위한 학습공간 실험

제안된 RFMatrix모델의 유용성을 검증하기 위해 선생님, 학생과 주변 사물의 관계를 통하여 상황이 발생되는 학습공간을 구축하였다. 학습공간에서 발생할 수 있는 6가지의 상황 시나리오를 기준으로 하여 총 6명의 피실험자 중 3명의 대학생은 학생의 역할을 맡고, 그 외의 3명의 대학원 학생은 선생님 역할을 맡아서 실험을 진행하였다. 본 실험은 총 3회에 걸쳐서 수행 되었으며, 학생과 선생님 역할을 맡은 각각의 피 실험자는 장갑형태의 RFID reader를 착용하고, RFID 상황인지 시스템이 설치된 실제 학습공간에서 주어진 시나리오를 수행하였다.

5.1 학습공간

학습공간은 RFID reader와 RFID tag를 사용하여 상황정보를 수집 할 수 있는 RFID 상황 정보 수집 시스템으로 구성하였다. 학습공간의 RFID 상황 정보 수집 시스템은 <그림 5-1>와 같이 사물 RFID reader, 사람 RFID reader, 캠코더, Main computer로 구성되어 있다. 사물 RFID reader는 학습공간의 출입문, 화이트보드, 학생의자, 교탁과 같이 사물에 설치되어 학생과 선생님의 출입여부 및 위치 정보를 Main computer로 전송한다. 사람 RFID reader는 학생과 선생님이 착용하는 장갑형 RFID reader를 이용하여 학습공간의 부착되어 있는 사물 RFID tag를 sensing하여 Main computer로 전송한다. 사물 RFID reader와 사람 RFID reader는 수집된 정보를 1초에 한번 씩 샘플링 하여 Main computer로 전송한다. 캠코더는 상황 정보를 영상 정보로 Main computer로 전송한다. 전송된 모든 정보 데이터는 Main computer에 실시간으로 저장된다.

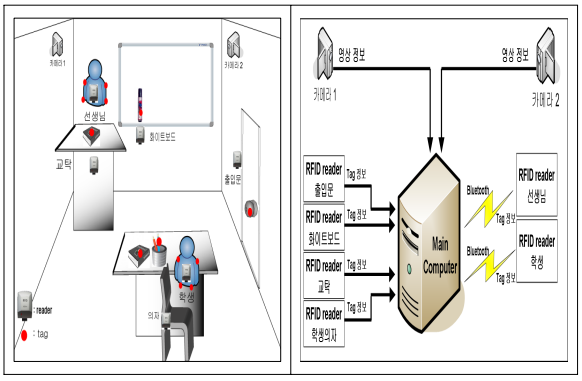

그림 5-1. 학습공간의 RFID 상황인지 시스템 구성도

RFID 상황 정보 수집 시스템은 <표 5-1>와 같이 6개의 RFID reader와 7개의 RFID tag로 구성되어 있다. 6개의 RFID reader는 사람을 sensing 하기 위한 4개의 사물 RFID reader와 사물을 sensing 하기 위한 2개의 사람 RFID reader로 구성되어 있으며, 7개의 RFID tag는 사람에 의해 sensing되는 5개의 사물 RFID tag와 사물에 의해 sensing되는 2개의 사람 RFID tag로 구성되어 있다.

표 5-1. 학습공간의 RFID reader와 RFID tag

Reader		역할	Tag	
Where (Object)	출입문	입 • 출입 시 신분 인증	What_ Object	연필
	화이트보드	선생님과 학생을 sensing		분필
	학생의자	학생 sensing		학생 책
	교탁	선생님 sensing		선생님 책
Who (Human)	선생님	출입문, 책, 분필 sensing		출입문 손잡이
	학생	출입문, 책, 분필 sensing	What_ Human	학생 몸
				선생님 책

5.2 RFID reader

RFID 상황 정보 수집 시스템은 사물 RFID reader, 사람 RFID reader의 2가지의 RFID reader를 사용한다. 사물 RFID reader는 학습공간의 출입문, 화이트보드, 학생의자, 교탁과 같이 사물에 설치되어 학생과 선생님의 출입여부 및 위치 정보를 Main computer로 전송한다. 사람 RFID reader는 학생과 선생님이 착용하는 장갑형 RFID reader를 이용하여 학습공간의 부착되어 있는 사물 RFID tag를 sensing하여 Main computer로 전송한다. 사람 RFID reader는 <그림 5-2>와 같이 RFID module(RFID reader), 통신 module(bluetooth), 전원 module(power) 3가지로 구성된다. RFID module은 외부의 RFID tag를 sensing하는 역할을 하며, 통신 module은 RFID module에 의해서 sensing된 RFID tag 정보들을 bluetooth를 이용하여 무선으로 Main computer에 연결하여 전송하는 역할을 한다.

그림 5-2. 장갑형 RFID reader

5.3 시나리오

실험 시나리오는 <표 5-2>와 같이 학습공간에서 발생할 수 있는 학생의 입실, 선생님의 입실, 수업, 문제풀이, 수업, 선생님의 퇴실, 학생의 퇴실의 6가지 상황이 시간의 순서로 구성되어 있다.

표 5-2. 실험 시나리오

상황	피실험자	시나리오
학생입실	학생	학습공간으로 입실한다.
선생님입실	학생	의자에 앉아 있다.
	선생님	학습공간으로 입실한다.
수업	학생	의자에 앉아서 책을 보거나 필기를 하면서 선생님의 수업을 듣는다.
	선생님	화이트보드 앞에서 분필을 사용하여 수업을 한다.
문제 풀이	학생	화이트보드 앞에서 분필을 사용하여 문제를 푼다.
	선생님	교탁에서 학생이 문제를 정확하게 풀고 있는지 책의 내용과 확인한다.
선생님퇴실	학생	의자에 앉아 있다.
	선생님	학습공간에서 퇴실한다.
학생퇴실	학생	학습공간에서 퇴실한다.

6. 실험결과

실험 결과는 실제 학습공간에서 발생하는 상황을 모두 영상 정보로 전환한 동영상 상황 정보를 기준으로, RFMatrix 기반의 상황인지 모델을 이용한 RFID 상황인지 시스템의 상황인지의 정확도를 비교 분석하여 평가하였다.

표 6-1. RFMatrix 기반의 상황인지 모델의 상황인지 성공률 (%)

상황	실험1	실험2	실험3	평균 ± 표준편차
학생입실	60.0	50.0	60.0	56.7 ± 5.8
선생님입실	80.0	87.5	85.7	84.4 ± 3.9
수업	68.5	60.0	70.8	66.4 ± 5.7
문제풀이	85.4	83.8	61.3	76.8 ± 13.5
선생님퇴실	80.0	66.7	75.0	73.9 ± 6.7
학생퇴실	62.5	57.1	50.0	56.5 ± 6.3

RFMatrix 기반의 상황인지 모델을 이용하여 상황을 인지하였을 때 전체적으로 약 70%정도의 상황 인지 성공률을 나타내었다. 선생님입실 상황은 84.4%, 선생님퇴실 상황은 73.9%로 가장 높은 상황인지 성공률을 보이고 있다. 선생님입실과 선생님퇴실은 선생님이 출입문에서 출입문 손잡이를 잡는 간단한 동작으로 구성되어 있어, 상황을 정확하게 인지할 수 있는 동작이었다. 또한, 움직임이 적어서 출입문 RFID reader에 선생님의 몸 RFID tag가 정확하게 sensing할 수 있으며, 선생님 손 RFID reader가 출입문 손잡이 RFID tag를 정확하게 잡고 있어 RFID tag정보를 정확하게 수집할 수 있었다.

문제풀이 상황은 76.8%의 높은 상황인지 성공률을 보이고 있다. 문제풀이 상황은 선생님이 교탁에서 책을 잡고 있고, 학생은 화이트보드에서 분필을 잡고 문제를 푸는 간단하고 정확한 동작으로 인해 RFMatrix의 상황인지 결과가 높게 나타났다. 또한, 움직임이 적어서 교탁 RFID reader가 선생님의 몸 RFID tag를 정확하게 sensing하고, 화이트보드 RFID reader가 학생 몸 RFID tag를 정확하게 sensing할 수 있어 RFID tag정보를 정확하게 수집할 수 있었다.

수업 상황은 66.4%의 낮은 상황인지 성공률을 보이고 있다. 수업 상황은 선생님이 화이트보드에서 분필을 잡고 수업을 하거나, 교탁에서 수업을 하는 등 화이트보드와 교탁 간을 이동하는 움직임이 있었다. 이러한 움직임으로 인해 화이트보드와 교탁 간에 RFID reader가 선생님 몸의 RFID tag를 sensing하지 못하는 음영지역이 발생하여 상황인지 결과가 낮게 나타났다.

실험을 통하여 학습공간의 6가지의 상황이 수업, 문제풀이와 같이 공간내의 이동이 많은 상황과 학생입실, 학생퇴실, 선생님입실, 선생님퇴실과 같이 공간내의 이동이 적은 상황으로 구분되는 것을 알 수 있었다. 학습공간의 모든 범위에서 RFID 상황 정보를 수집 할 수 있도록 시스템을 설계한 것이 아니기 때문에 공간내의 이동이 많은 수업, 문제풀이와 같은 상황의 경우, 사물 RFID reader의 음영지역 발생으로 인해 학생과 선생님의 RFID tag의 정보를 수집 할 수 없는 문제점이 발생하였다. 또한, RFMatrix 기반의 상황인지 모델은 5W1H의 모든 정보를 이용하여 상황을 정의하기 방식을 사용하고 있기 때문에 센서로부터 수집되는 상황정보가 부족할수록 상황을 정확하게 정의 할 수 없는 문제점이 있었다. 학생입실, 학생퇴실, 선생님입실, 선생님퇴실과 같이 공간내의 이동이 적은 상황은 출입문 RFID reader를 통하여 정확하게 학생의 몸과 선생님 몸의 RFID tag 정보를 수집 할 수 있고, 학생과 선생님 RFID reader를 통하여 출입문 RFID tag 정보를 정확하게 수집 할 수 있었다. 그러므로 RFMatrix 기반의 상황인지 모델을 이용하여 공간내의 이동이 적은 상황을 인지 할 경우, 5W1H의 RFMatrix 기반의 상황인지 모델의 모든 구성 요인들의 정보를 충분히 수집 할 수 있어 수집 된 초기 정보를 통하여 상황을 정확하게 정의 할 수 있었다.

7. 결론

본 연구의 목적은 상황인지 컴퓨팅 환경에서 상황을 정확하게 인지하기 위한 상황인지 모델을 개발하고 그 정확성을 검증하는데 있다. 제안하는 RFMatrix 기반의 상황인지 모델을 검증하기 위해서 상황 정보 수집이 가능한 RFID 상황 정보 수집 시스템을 이용하였으며, 학습공간에서 RFID의 상황 데이터를 기반으로 하여 RFMatrix 기반의 상황인지 모델을 검증 하였다. 제안된 RFMatrix 기반의 상황인지 모델의 5W1H는 다른 응용서비스에서 변환과정 없이 공통으로 사용될 수 있는 context를 생성할 수 있으며, 5W1H를 통하여 복잡하고 다양한 사람의 상황을 인지하고 정의 할 수 있었다. 또한, RFMatrix는 선생님과 학생, 사물의 상관관계를 통하여 사람의 행동에 의해서 발생하는 능동적인 상황과 주변 상황에 의해서 발생하는 수동적인 상황을 모두 반영할 수 있었다. 이를 통하여 RFMatrix 기반의 상황인지 모델은 사람의 능동적인 행동과 수동적인 행동까지 모두 반영하여 복잡한 사람의 상황을 정의 할 수 있었다. 앞으로의 연구로, RFMatrix 상황인지 모델은 수집되는 정보에 의해서 상황을 정의하기 때문에 상황인지의 정확성을 높이기 위해서 RFID를 통하여 수집되는 정보의 음역지역을 줄여 수집되는 정보의 양을 높일 수 있는 연구가 필요하다. 또한, RFID의 음영지역에서 RFID를 통하여 수집될 수 없는 정보를 보충하기 위한 다른 형태의 정보가 필요하며, 다른 센서를 추가적으로 사용하여 상황을 정의 할 수 있는 Matrix의 연구가 진행되어야 한다.

참고문헌

[1] A.K. Dey, "Understanding and Using Context," Personal and Ubiquitous Computing, Special issue on Situated Interaction and Ubiquitous Computing. Vol.5. No.1. (2001)

[2] A. K. Dey, and G. D. Abowd, "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness," In Proceedings of the CHI 2000 Workshop on The What, Who, Where, When, and How of Context-Awareness (The Hague, Netherlands), Apr. 2000.

[3] B. Schilit, N. Adams, and R. Want, "Context-Aware Computing Applications," 1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications., pp.85-90, 1994.

[4] D. Salber, A.K. Dey and G.D. Abowd, "The Context Toolkit: Aiding the Development of Context-Aware Applications," In the Workshop on Software Engineering for Wearable and Pervasive Computing (Limerick, Ireland), Jun. 2000.

[5] K. B. Korb and A. E. Nicholson, Bayesian Artificial Intelligence, Chapman & Hall/Crc, 2004.

[6] L. Harvel, L. Liu, G. D. Abowd, Y. Lim, C. Scheibe and C. Chatham, "Context Cube: Flexible and Effective Manipulations of Sensed Context Data, PERVASIVE 2004, LNCS 3001, pp. 51-68, 2004.

[7] M. Philipose, K. P. Fishkin, M. Perkowitz, D. Patterson, D. Haehnel, "The Probabalistic Activity Toolkit: Towards Enabling Activity-Aware Computer Interfaces", Intel Research Seattle Technical Memo IRS-TR-03-013, December 2003

[8] P. Prekop and M. Burnett, "Activities, Context and Ubiquitous Computing", Computer Communications, Special Issue on Ubiquitous Computing.

[9] S. Jang, and W. Woo, “ubi-UCAM: A Unified Context-Aware Application Model”, LNAI2680 pp.178-189. (2003)

[10] 장세이, 이승헌, 우운택, "스마트 홈 연구 동향 및 전망", 전자공학회지, 제28권, pp. 1359-1371, 2001.

[11] 장세이, 우운택, “ubiHome을 위한 context 기반 응용 서비스 모형”, 한국정보과학회 논문지, 2003.