

우선순위 기반의 상황충돌 해석 조명제어시스템 구현[☆]

An Implementation of Lighting Control System using Interpretation of Context Conflict based on Priority

서 원 일¹ 권 속 연² 임 재 현^{1*}
Won-Il Seo Sook-Youn Kwon Jae-Hyun Lim

요 약

현재의 스마트 조명은 센서를 통해 사용자의 행위와 위치를 관별한 후 현재 상황에 적합한 조명 환경이 서비스되도록 구성되어 있다. 이러한 센서 기반의 상황인식 기술은 현재까지 단일 사용자만을 고려할 뿐 여러 사용자들의 다양한 상황 발생과 충돌을 해석하기 위한 연구는 미흡하다. 기존 연구에서는 상황충돌을 해결하기 위한 방법론으로 퍼지이론 및 ReBa 등의 알고리즘을 사용해 왔다. 이는 사용자들이 위치한 공간을 여러 영역으로 구분한 후 각 구역별로 서비스를 제공함으로써 발생 가능한 상황충돌의 기회를 회피할 뿐 개인 선호도 기반의 상황충돌 해석이 가능한 맞춤형 서비스 유형으로 볼 수 없다. 본 논문에서는 여러 사용자에게 다양한 상황이 동시 발생되어 서비스 충돌에 직면할 때, 상황의 유형에 따라 부여된 우선순위를 기준으로 서비스를 결정하는 우선순위 기반 다중 상황충돌 해석이 가능한 LED 조명제어시스템을 제안한다. 본 연구에서는 주거환경을 'Living Room', 'Bed Room', 'Study Room', 'Kitchen', 'Bath Room'의 5개 구역으로 구분하고 여러 명의 사용자를 대상으로 각 구역 내에서 발생 가능한 상황들을 'exercising', 'doing makeup', 'reading', 'dining', 'entering' 등 총 20가지로 정의한다. 시스템은 온톨로지 기반 모델을 이용하여 사용자의 다양한 상황을 정의하고 규칙기반의 룰 및 추론엔진을 통해 사용자 중심의 조명환경을 서비스한다. 또한 동일 공간 및 동일 시점에 사용자들 간의 다양한 상황충돌 이슈를 해결하기 위해 사용자 집중력이 요구되는 상황을 최우선으로 정하고, 동일한 우선순위를 가진 상황일 경우 시각적 편안함을 차선으로 순위를 부여하여 충돌 발생 시 서비스 선택의 기준으로 활용한다.

☞ 주제어 : 우선순위, 상황충돌, 온톨로지, 조명시스템, LED

ABSTRACT

The current smart lighting is shaped to offer the lighting environment suitable for current context, after identifying user's action and location through a sensor. The sensor-based context awareness technology just considers a single user, and the studies to interpret many users' various context occurrences and conflicts lack. In existing studies, a fuzzy theory and algorithm including ReBa have been used as the methodology to solve context conflict. The fuzzy theory and algorithm including ReBa just avoid an opportunity of context conflict that may occur by providing services by each area, after the spaces where users are located are classified into many areas. Therefore, they actually cannot be regarded as customized service type that can offer personal preference-based context conflict. This paper proposes a priority-based LED lighting control system interpreting multiple context conflicts, which decides services, based on the granted priority according to context type, when service conflict is faced with, due to simultaneous occurrence of various contexts to many users. This study classifies the residential environment into such five areas as living room, 'bed room, study room, kitchen and bath room, and the contexts that may occur within each area are defined as 20 contexts such as exercising, doing makeup, reading, dining and entering, targeting several users. The proposed system defines various contexts of users using an ontology-based model and gives service of user oriented lighting environment through rule based on standard and context reasoning engine. To solve the issue of various context conflicts among users in the same space and at the same time point, the context in which user concentration is required is set in the highest priority. Also, visual comfort is offered as the best alternative priority in the case of the same priority. In this manner, they are utilized as the criteria for service selection upon conflict occurrence.

☞ keyword : Priority, Context Conflict, Ontology, Lighting System, LED

1. 서 론

오늘날 사람들은 대부분의 시간을 실내 공간에서 생활함으로써 자연광원보다 인공조명에 익숙해져 있다[1]. 인

¹ Dept. of Computer Science & Engineering, Kongju National University, Cheonan-si, Chungcheongnam-do 1223-24, Korea

² Smart Natural Space Research Center, Kongju National University, Cheonan-si, Chungcheongnam-do 1223-24, Korea

* Corresponding author (defacto@kongju.ac.kr)

[Received 13 August 2015, Reviewed 27 August 2015, Accepted 3 December 2015]

☆ 이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2014R1A2A1A11054509)

☆ 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 지원을 받아 수행하였음(2015K000281)

☆ 본 논문은 2015년도 한국인터넷정보학회 춘계학술발표대회 우수 논문 추천에 따라 확장 및 수정된 논문임

공조명은 광원의 특성을 조절하여 사람에게 심리적 안정감을 제공하거나 감성 및 집중력에 영향을 주는 등 다양한 목적으로 활용된다[1-2]. 최근에는 삶의 질적 향상 및 에너지 절감 등을 목적으로 가정, 학교, 회사, 병원, 주차장 등 다양한 공간에서 센서를 기반으로 한 스마트 조명 제어기술에 대한 연구가 진행 중이다[3-8]. 스마트 조명은 인공조명의 자동제어를 통해 사용자의 편의 및 작업능률을 향상시키는데 그 목적을 두고 있다[9-11]. 스마트 조명의 제어방식은 사용자 입력에 의한 스케줄 기반의 제어 방식과 센서를 통해 사용자 위치 및 행위 등의 상황을 판별한 후 이에 따라 적합한 조명환경을 제공하는 방식으로 구분된다[12-13]. 그 중 스케줄 기반의 스마트 조명은 사용자의 생활패턴이 항시 일정한 경우 적용 가능한 반면, 예외 상황이 빈번히 발생하는 생활환경에는 적합하지 않다[1]. 센서 기반의 스마트 조명은 상황인식 기술의 적용으로 사용자 주변의 다양한 상황을 판별하거나 급변하는 상황에 동적으로 대처할 수 있는 장점이 있어 지속적으로 연구 중이다. 그러나 현재까지는 주로 단일 사용자만을 대상으로 하며, 여러 사용자가 동일 공간에서 동시에 다양한 상황에 의해 상황충돌 발생한 경우 이를 해석하여 적합한 서비스를 결정하는 연구는 미흡하다[1]. 따라서 여러 사용자 간의 동시 상황 발생 시 충돌을 해결하고 적합한 서비스를 선택하기 위한 추가적인 기술 개발이 필요하다[14-15].

최근 여러 사용자에게 동시에 여러 상황이 발생하는 상황충돌 문제를 해결하기 위한 방안으로 퍼지이론과 ReBa 알고리즘이 적용되어 왔다[14-15]. 그러나 퍼지이론과 ReBa는 재실자가 거주하고 있는 공간을 여러 영역으로 구분한 후 각 구역별로 서비스를 제공하므로 사용자 간의 서비스 충돌을 해결하기 보다는 실행 디바이스 간의 서비스 충돌을 회피하기 위한 방법론으로 볼 수 있다. 예를 들어 동일 구역 내 여러 사용자가 다양한 상황을 연출할 경우, 해당 구역에 위치한 디바이스는 특정 사용자를 고려하지 않은 채 서비스가 결정되므로 개개인의 현재 상황을 고려한 맞춤형 서비스 유형으로 볼 수 없다[14-15].

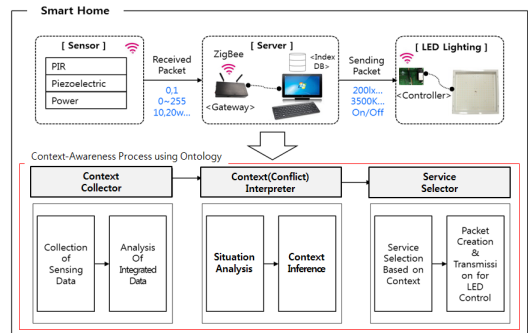
본 논문에서는 주거환경에서 여러 사용자를 대상으로 ‘exercising’, ‘doing makeup’, ‘reading’, ‘dining’, ‘entering’ 등 모든 구역에서 발생 가능한 상황들을 20가지로 정의하고 각 상황에 대해 우선순위를 부여하여 상황충돌에 대한 문제를 해결한다. 먼저 주거환경을 대상으로 ‘Living Room’, ‘Bed Room’, ‘Study Room’, ‘kitchen’, ‘Bath Room’의 5개 구역으로 구분하고 N개의 주거환경에서도

서비스가 제공되도록 시스템을 구성한다. 또한 사용자의 집중력을 요구하는 상황을 최우선으로 해석하고 우선순위가 동일할 경우에는 시각적 편안함을 차선으로 결정하여 상황해석 및 서비스 선택이 이루어지도록 설계한다. 제안한 시스템은 상황충돌의 모호성을 보다 최소화하기 위해 센서 데이터의 상호 운용과 분석, 그리고 추론의 용이성 등의 이점을 가진 온톨로지 모델을 적용한다[16-17].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 우선순위 기반의 다중 상황충돌 해석에 용이한 조명제어시스템을 설계한다. 3장에서는 온톨로지 구조와 무선 통신을 이용한 송수신 패킷 구조 그리고 시스템 구현에 대하여 기술한다. 4장에서는 주거환경에서 발생 가능한 다양한 상황을 기반으로 설계한 가상 시나리오에 따라 시뮬레이터를 적용하여 시스템의 성능을 평가한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론과 향후 추진해야 할 연구 방향에 대하여 기술한다.

2. 상황충돌 해석 조명제어시스템 설계

2.1 시스템 흐름도



(그림 1) 제안한 시스템의 흐름도
(Figure 1) Outline of the Proposed System

그림 1은 상황충돌 해석을 위한 조명제어시스템의 흐름도이다. 시스템 구성을 살펴보면 입력부(센서부), 처리부(서버), 출력부(조명)로 이루어져 있으며 ZigBee 무선 통신 환경을 기반으로 한다. 시스템은 ‘Living Room’, ‘Bed Room’, ‘Study Room’, ‘Kitchen’, ‘Bath Room’ 으로 구성된 N개의 주거환경을 대상으로 하며 각 공간에는 사용자의 상황인식을 위한 3종의 센서가 표 1과 같이 설치되어 있다.

(표 1) 공간별 센서 위치 및 목적
(Table 1) Purpose and Location of Sensors according to places

Place	Location	Sensor	Purpose
Living Room	Door	PIR	entering (Location)
	Sofa	Piezoelectric	reading (Activity)
	TV	Power	watching TV (Activity)
	Treadmil	Power	exercising (Activity)
Bed Room	Door	PIR	entering (Location)
	Bed	Piezoelectric	sleep (Activity)
	Table	Piezoelectric	doing makeup (Activity)
	Lamp	Power	reading (Activity)
Study Room	Door	PIR	entering (Location)
	chair	Piezoelectric	reading (Activity)
Kitchen	Door	PIR	entering (Location)
	Chair	Piezoelectric	dining (Activity)
	Table	Piezoelectric	meal preparing (Activity)
	Sink	Piezoelectric	dish washing (Activity)
	Lamp	Power	meal preparing (Activity)
Bath Room	Door	PIR	entering (Location)

제안한 시스템의 처리과정은 다음과 같다. 주거환경의 각 공간에 부착된 PIR, Piezoelectric, Power 센서들은 무선통신을 통해 일정 주기마다 사용자의 움직임을 감지하여 서버로 전송하고, 서버 내 Context Collector는 센서가 전송한 raw 데이터를 수집한 후 통합 및 변환시켜 Context Interpreter로 전송한다. Context Interpreter는 온톨로지 모델을 적용하여 현재 사용자 위치 및 행위에 해당하는 상황을 추론하며, 이때 동일 공간에서 상황충돌이 발생한 경우 상황의 중요도에 따라 설계한 우선순위를

기반으로 최종 서비스에 해당하는 상황을 추론한다. 마지막으로 Service Selector는 추론된 상황을 기반으로 제어지표 및 제어비율을 추출한 후 조명제어용 패킷을 생성하여 컨트롤러로 전송한다.

2.1.1 Context Collector

Context Collector는 각 센서로부터 감지된 데이터를 수집 및 분석하는 기능을 수행한다. 각 센서로부터 수집한 수신 패킷의 크기는 22Byte이고 센서의 유형에 따라 수집 데이터의 값은 달라진다. 해당 모듈은 수신 패킷을 파싱하여 각 센서의 ID, 감지 데이터 등을 분석한 후 각 데이터 유형에 적합한 형태로 변환 및 통합 처리한다. 분석된 센서 정보는 상황추론 및 충돌 해석을 위해 온톨로지 모델의 입력요소로 활용한다.

2.1.2 Context(Conflict) Interpreter

Context Interpreter는 사용자의 행위 유형에 따라 부여된 Intention 코드를 파악하기 위한 Situation Analysis와 서비스 대상에 해당하는 상황을 추론하고 서비스 충돌을 해결하기 위한 Context Inference로 구성된다. Situation Analysis는 클래스와 프로퍼티로 이루어진 기초 온톨로지 구조에 Context Collector로부터 분석된 센서 정보를 입력하여 온톨로지 모델과 의도 규칙에 따라 동적으로 인스턴스를 생성한 후 N개의 공간에서 발생하고 있는 행위를 분석한다. Context Inference는 분석 및 추출한 Intention 코드에 따라 공간 내 발생 중인 사용자의 행위를 파악한다. 이때 동일 공간에서 상황충돌이 발생할 경우 상황의 중요도에 따라 설계한 우선순위를 기반으로 최종 서비스 대상에 해당하는 사용자의 상황을 추론한다.

2.1.3 Service Selector

Service Selector는 Context Interpreter가 해석한 상황에 따라 조명제어지표 및 제어비율을 Lighting Index DB로부터 추출한다. 이후 제어비율을 포함한 13Byte 크기의 수신 패킷을 생성하여 LED 컨트롤러에 전송함으로써 사용자의 현재 상황에 적합한 조명환경을 서비스한다.

2.2 공간 및 상황별 조명제어지표 설계

표 2는 공간의 특성 및 발생 가능한 상황에 따라 적합한 조명환경을 서비스하기 위해 설계한 상황별 조명제어

지표이다. 일상생활을 기준으로 각 공간에서 발생 가능한 여러 상황을 정의한 후 해당 테이블의 조도와 색온도는 각각 한국공업규격 조도기준 KS A 3011과 Kruithof's Comfort Curve를 기반으로 설계하였다. Kruithof's Comfort Curve는 사용자에게 시각적 편안함을 제공하는 조도와 색온도의 조합을 나타낸 그래프로서 comfortable과 uncomfortable 영역으로 구분하여 가장 적합한 조합을 제시하였다[18].

(표 2) 상황별 조명제어지표
(Table 2) Lighting Control Index according to Context

Place	Activity	조도[lx]	색온도[K]
Living Room	exit	0	0
	entering	30-40-60	2,250~2,400
	watching TV	150-200-300	2,700~3,500
	reading	300-400-600	3,000~4,500
	exercising	150-200-300	2,700~3,500
Bed Room	exit	0	0
	entering	15-20-30	2,000
	reading	300-400-600	3,000~4,500
	doing makeup	300-400-600	3,000~4,500
	sleep	0	0
Study Room	exit	0	0
	entering	60-100-150	2,500~2,800
	reading	600-1,000-1,500	more then 3,500
Kitchen	exit	0	0
	entering	60-100-150	2,500~2,800
	dining	300-400-600	3,000~4,500
	meal preparing	300-400-600	3,000~4,500
	dish-washing	150-200-300	2,700~3,500
Bath Room	exit	0	0
	entering	60-100-150	2,500~2,800

2.3 상황충돌 해석을 위한 우선순위 선정

본 연구에서는 주거환경의 각 공간에서 발생 가능한 상황을 ‘exercising’, ‘doing makeup’, ‘reading’, ‘dining’,

‘entering’ 등의 총 20개로 정의하였다. 여러 사용자가 동일 공간에서 상황충돌이 발생할 경우 충돌 해결을 위해 본 연구에서는 표 3과 같이 상황별 우선순위를 설계하였다.

(표 3) 상황별 우선순위
(Table 3) Priority according to Context

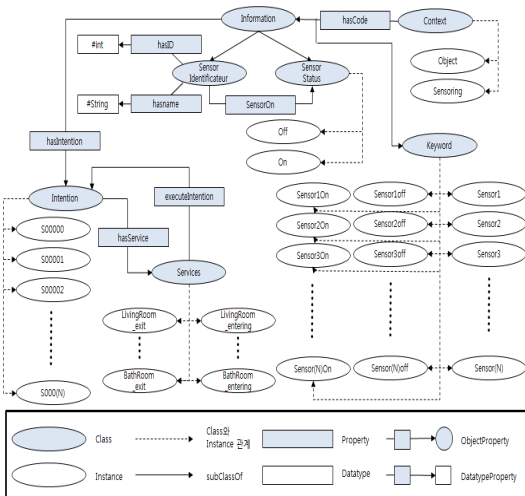
Place	A User	B User	Priority
Living Room	exit	entering	entering
	entering	watching TV	watching TV
	watching TV	reading	reading
	reading	exercising	exercising
Bed Room	exit	entering	entering
	entering	reading	reading
	reading	doing makeup	doing makeup
	doing makeup	sleep	doing makeup
	reading	sleep	reading
	sleep	sleep	sleep
Study Room	exit	entering	entering
	entering	reading	reading
Kitchen	exit	entering	entering
	entering	dining	dining
	dining	meal preparing	meal preparing
	meal preparing	dish-washing	meal preparing
	dining	dish-washing	dish-washing
Bath Room	exit	entering	entering

두 개 상황이 동시에 발생되면 먼저 사용자 안전을 고려하여 집중력과 가장 밀접한 연관이 있는 상황을 최우선으로 결정하여 해석한다. 또한 동일한 수준의 두 개 상황이 동시에 발생한 경우에는 시각적 편안함을 기준으로 선택 상황에 대한 순위를 결정하였다. 예를 들어 ‘Living Room’에 두 명의 사용자가 존재하며 그 중 A 사용자의 상황이 ‘watching TV’ 중이고 B 사용자의 상황이 ‘exercising’이라면 시스템은 사용자 안전과 집중력을 더

필요로 하는 'exercising' 상황을 최우선으로 선택하여 이에 적합한 조도 및 색온도로 조명환경을 서비스한다. 또한 'Study Room'의 'entering'과 'reading' 행위가 동시에 발생한 경우 집중력이 요구되는 'reading'을 최우선 상황으로 인식하여 조명환경을 제어한다. 해당 시스템은 상황인식 및 충돌을 해석하는 과정에서 공간마다 조명이 개별적으로 설치되어 있어 다른 공간에서 발생한 상황이 현재 공간에 발생한 상황에 영향을 미치지 않으므로 공간 별 우선순위는 별도로 고려하지 않았다. 예를 들어 'Living Room'에서 발생된 상황 중 최우선 순위의 상황이 'entering'으로 해석되고 'Bed Room'에서는 'doing makeup'으로 해석되었을 때, 두개 공간에서의 조명 서비스는 각각 제공된다. 즉 우선순위에 의한 상황충돌 해석 조명시스템은 N명의 사용자가 동일 공간에 상주하면서 다양한 상황을 연출할 경우, 설계한 우선순위를 기반으로 해당 공간 및 상황에 적합한 서비스 결정 시 유용하게 활용될 수 있다.

3. 상황충돌 해석 조명제어시스템 구현

3.1 온톨로지 모델



(그림 2) 온톨로지 모델
(Figure 2) Ontology Model

그림 2는 상황인식 및 충돌해석을 위해 설계 및 구현한 온톨로지 모델을 나타낸 것이다. 온톨로지 모델에서 구현한 각 클래스는 최소한의 필요 정보를 포함하고 있다.

Information 클래스는 센서 식별 및 상태 저장을 위한 최상위 클래스이며, 그 중 센서 식별을 위한 **SensorIdentification** 클래스와 센서의 상태 정보 저장을 위한 **SensorStatus** 클래스를 하위 클래스로 갖는다. **Keyword**는 상황 해석을 위한 N개의 센서 ID들과 감지된 정보의 조합을 포함하며 **Intention**은 **Keyword**의 Instance에 따라 N개 행위에 대한 인덱스를 갖는다. **Service**는 **Intention**으로부터 추출된 행위번호에 해당하는 상황을 추출하여 최종적으로 상황을 인식하는데, 이때 **Keyword** 및 **Intention** 클래스와 **Services** 클래스의 Instance는 시뮬레이터에 입력한 사용자의 설정 값에 따라 달라질 수 있다.

(Living Room)

Door (PIR)	Sofa (PIZ)	TV (Power)	Tread Mill (Power)	Intention	Service
Off	unused	Unused	unused	S00000	exit
On	Off	Off	Off	S00001	LivingRoom_entering
On	unused	On	Off	S00002	LivingRoom_watchTV
On	On	Off	Off	S00003	LivingRoom_reading
On	unused	unused	On	S00004	LivingRoom_exercising

(Bed Room)

Door (PIR)	Bed (PIZ)	Table (PIZ)	Lamp (Power)	Intention	Service
Off	unused	unused	unused	S00000	exit
On	Off	Off	Off	S00005	BedRoom_entering
On	unused	Off	On	S00006	BedRoom_reading
On	unused	On	unused	S00007	BedRoom_doing Makeup
On	On	Off	Off	S00008	BedRoom_sleep

(Study Room)

Door (PIR)	Chair (PIZ)	Intention	Service
Off	unused	S00000	exit
On	Off	S00009	StudyRoom_entering
On	On	S00010	StudyRoom_reading

(Kitchen)

Door (PIR)	Chair (PIZ)	Table (PIZ)	Sink (PIZ)	Lamp (Power)	Intention	Service
Off	unused	unused	unused	unused	S00000	exit
On	Off	Off	Off	unused	S00011	Kitchen_entering
On	On	Off	Off	Off	S00012	Kitchen_dining
On	unused	On	unused	unused	S00013	Kitchen_meal Preparing
On	On	Off	Off	On	S00014	Kitchen_dish washing
On	unused	Off	On	unused	S00015	Kitchen_dish washing

(Bath Room)

Door (PIR)	Intention	Service
Off	S00000	exit
On	S000016	BathRoom_entering

(그림 3) 센서조합에 따른 의도 추론 및 서비스
(Figure 3) Intention Inference and Service according to Sensor Information

그림 3은 각 공간에 부착되어 있는 센서의 ‘On/Off’ 상태 조합에 따라 온톨로지 구조를 통해 해석 및 선택되는 Intention과 Service 추출 정보이다. 센서의 상태 정보 중 ‘unused’는 상황인식 및 충돌 해석 시 센서의 ‘On/Off’ 상태 정보를 고려할 필요가 없는 경우이다. 예를 들어 ‘Living Room’에서 ‘exercising’ 상황이 발생될 때 시스템은 PIR과 Treadmill에 부착된 Power센서의 상태정보 만을 필요로 하며 Piezoelectric 또는 TV에 부착된 Power 센서의 상태 정보는 필요하지 않다.

3.2 데이터 송신 및 수신

(표 4) 센서의 수신 패킷
(Table 4) Receiving Packet of Sensor

No	Field	Value	
0	STX	0x02	
1	Module ID	PIR : 0x00 ~ 0x09 PIZ : 0x1E ~ 0x27 Power : 0x28 ~ 0x3B	
2~3	Gateway ID	0x9999	
4	Module Type	PIR : 0x01 PIZ : 0x04 Power : 0x05	
5	SW ver.	0x00	
6~9	Sampling Time	0x03E8	
10~11	Data 0	Data (PIR/PIZ)	Data (Power : 순시전력)
12~13	Data 1	0x00	
14~15	Data 2	0x00	Data (Power : 누적전력)
16~17	Data 3	0x00	
18	Data 4	Count	
19~20	CRC	0x0000	
21	ETX	0x03	

제안한 시스템은 PIR, Piezoelectric, Power 등의 센서를 활용하여 공간 내 사용자의 상황을 파악한다. PIR 센서는 적외선을 통해 인체의 움직임을 파악하여 재실여부 판단 시 사용되며 Piezoelectric센서는 감지된 진동을 전기적인 신호로 변환하여 사용자의 위치를 인식하는 데 활용한다. Power 센서는 가전기기의 전력변화량을 통해 사용자의 행위와 공간 내 국부적인 위치를 판단한다.

각 센서는 표 4와 같이 총 22byte길이의 패킷 데이터를 주기적으로 Server에 전송한다. 각 센서로부터 감지된 데이터는 Data 0에서 Data 3의 field에 저장되는데 PIR센서는 Data 0 field에 ‘On’ 또는 ‘Off’ 값의 감지 정보가 저장되며 Piezoelectric센서는 진동 값에 해당하는 전기적인 신호 데이터를 저장한다. Power센서의 Data 0 ~ Data 3 field 영역에는 순시전력과 누적 전력 데이터가 저장된다.

(표 5) LED 제어용 송신 패킷
(Table 5) Transmission Packet for LED Control

No	Field	Value
0	STX	0x06
1	Module ID	0x64 ~ 0x96
2~3	Gateway ID	0x8888
4	Module Type	0x02
5~7	RGB Data	0x000000
8	Warm Data	0x00 ~ 0xff
9	Cool Data	0x00 ~ 0xff
10~11	CRC	0x0000
12	ETX	0x07

시스템은 수집한 센서 정보와 온톨로지 모델 및 우선순위를 기반으로 충돌 상황을 해석한 후, 최종 서비스 대상이 결정되면 표 5와 같이 조명 제어용 패킷을 생성한다. 대상 조명으로는 Warm White와 Cool White 광원으로 구성된 LED 백색 면조명을 활용하였고 총 256단계의 디밍 제어를 통해 조도, 색온도 등이 변화하도록 설계하였다. 조명 제어용 패킷의 길이는 총 13Byte이며 Module ID에 따라 LED 조명을 개별 제어할 수 있으며 WarmData 및 CoolData 값에 의해 조도 및 색온도를 조절할 수 있다.

3.3 사용자 인터페이스

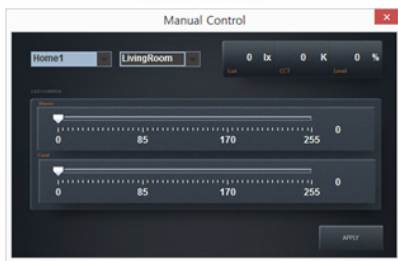
그림 4는 제안한 시스템의 사용자 인터페이스이다. 사용자 인터페이스는 시뮬레이터의 입력 값을 설정하기 위한 Setting(a), 시뮬레이터의 처리 과정 및 결과 확인을 위한 Monitoring(b), LED 조명을 수동으로 제어하기 위한 Manual Control(c), 온톨로지의 추론 규칙을 확인하기 위해 설계한 Show Rule(d)의 총 4개 화면으로 구성된다.



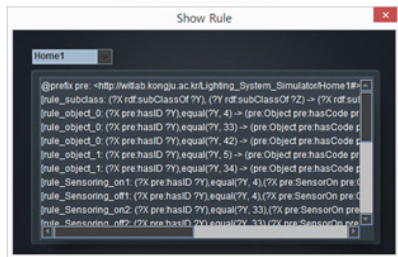
(a) Setting



(b) Monitoring



(c) Manual Control



(d) Show Rule

(그림 4) 사용자 인터페이스
(Figure 4) User Interface

사용자는 Setting 화면을 통해 N개의 주거환경과 주거 공간의 유형, 개수 등을 선택할 수 있으며 사용자 식별 정보와 가상의 시나리오를 입력하여 N명의 사용자를 위한 시뮬레이터 가동이 가능하도록 구현하였다. 시뮬레이

터의 Setting 화면에서 기초 환경에 대한 입력 후 시스템을 가동하면 Monitoring 화면에서는 Space와 Place 선택에 따라 주거환경 및 공간에서 서비스 중인 조명환경의 조도와 색온도, 디밍 레벨, 센서 데이터 등을 확인할 수 있다. 또한 History 정보를 제공함으로써 각 공간에서 발생한 상황 이력과 LED 제어 정보를 확인할 수 있으며 LED status 화면을 통해 주거환경 및 공간 전체에서 서비스 중인 조명환경 또한 확인 가능하도록 구현하였다. 시스템은 시뮬레이터의 추론 과정에 대한 모니터링과 디버깅을 용이하게 할 수 있도록 Consol 창을 부가적으로 제공하며, Show Rule 버튼을 통해 상황추론에 사용된 온톨로지 모델의 규칙을 제공한다. 마지막으로 사용자 스스로 조명환경의 조도, 색온도 등을 조절할 수 있도록 LED 수동 제어를 위한 인터페이스를 구성하였다.

4. 시스템 성능 평가

4.1 시나리오 설계

본 연구에서는 그림 5~그림 9의 가상 시나리오를 설계하여 제한한 시스템의 성능을 평가하였다. 가상 시나리오는 사용자, 주거, 공간의 수에 따라 5가지의 유형으로 설계하였다. 시나리오 A는 한 개의 주거 공간에 한 명의 사용자가 상주하며 각 영역마다 발생 가능한 상황을 기반으로 작성하였다. 시나리오 B는 한 개의 주거공간과 두 명의 사용자에게 발생 가능한 상황들을 기반으로 설계하였으며, 동시에 두 명의 사용자에서 발생하는 상황충돌 문제를 포함한다. 시나리오 C는 두 개의 주거 공간을 대상으로 각 공간에 한 명의 사용자가 각기 상주하며, 시나리오 A가 두 개 혼합된 구조로 볼 수 있다. 시나리오 D는 두 개의 주거 공간에 두 명의 사용자가 각기 상주하며, 각 공간에서 상황충돌 문제를 포함한다. 마지막으로 시나리오 E는 시나리오 D를 확장한 구조로 총 세 개의 주거공간과 총 7명의 사용자 그리고 발생 가능한 모든 상황의 수를 반영하였다. 각 시나리오에서 상황 이벤트는 Scene 번호의 순으로 발생하게 되며 이때 사용자 간의 상황충돌의 발생은 Context Conflict에 나타났다. 예를 들어 시나리오 B의 Scene A를 살펴보면 Living Room에서 User A가 'entering' 할 때 User B는 'reading' 상황 중으로 상황충돌이 발생한다. 또한 시나리오 B의 Scene B에서 User B의 경우 'reading' 상황 중이나 User A가 'Watching TV' 상황으로 변경되어 상황충돌에 대한 재해석이 필요하다.

Space	Place	The number of User	Scene	User	Activity	Context Conflict				
Home1	Living Room	1	A	User A	Entering					
			B		Watching TV	Conflict				
			C		Reading					
			D		Exercising					
	E		Entering							
	F		Reading							
	G		Doing Makeup							
	H		Sleep							
	I		Entering							
	J		Reading							
	K		Entering							
	L		Dining							
	M		Meal preparing							
	N									
	O		Dish-washing							
	P		Entering							
Home1	Bedroom	1	F	User A	Reading					
			G		Doing Makeup					
H	Sleep									
I	Entering									
J	Reading									
K	Entering									
L	Dining									
M	Meal preparing									
N										
O	Dish-washing									
P	Entering									
Home1	Study Room		1		I	User A	Entering			
					J		Reading			
K	Entering									
L	Dining									
M	Meal preparing									
N										
O	Dish-washing									
P	Entering									
Home1	Kitchen	1		M	User A		Meal preparing			
				N						
O	Dish-washing									
P	Entering									
Home1	Bathroom			1			P	User A	Entering	

(그림 5) 시나리오 A
(Figure 5) Scenario A

Space	Place	The number of User	Scene	User	Activity	Context Conflict
Home1	Living Room	2	A	User A	Entering	Conflict
			B	User A	Watching TV	Conflict
			AB	User B	Reading	Conflict
			C	User B	Entering	Conflict
	Bedroom		D	User B	Reading	Conflict
			C,D	User A	Doing Makeup	Conflict
			E	User A	Entering	
			F	User A	Reading	
	Study Room		G	User B	Entering	
			H	User B	Dining	
			I	User A	Meal preparing	Conflict
			I	User B	Dish-washing	Conflict
	Kitchen		J	User B	Entering	
			A	User C	Entering	Conflict
			B	User C	Watching TV	Conflict
			AB	User D	Reading	Conflict
Bathroom	C	User D	Entering	Conflict		
	D	User D	Reading	Conflict		
	C,D	User C	Doing Makeup	Conflict		
	E	User C	Entering			
Home2	Living Room	2	F	User C	Reading	
			G	User D	Entering	
			H	User D	Dining	
			I	User C	Meal preparing	Conflict
	Bedroom		I	User D	Dish-washing	Conflict
			J	User D	Entering	
			A	User C	Entering	Conflict
			B	User C	Watching TV	Conflict
Study Room	AB		User D	Reading	Conflict	
	C		User D	Entering	Conflict	
	D		User D	Reading	Conflict	
	C,D		User C	Doing Makeup	Conflict	
Kitchen	E		User C	Entering		
	F		User C	Reading		
	G		User D	Entering		
	H		User D	Dining		
Bathroom	I	User C	Meal preparing	Conflict		
	I	User D	Dish-washing	Conflict		
	J	User D	Entering			

(그림 8) 시나리오 D
(Figure 8) Scenario D

Space	Place	The number of User	Scene	User	Activity	Context Conflict
Home1	Living Room	2	A	User A	Entering	Conflict
			B	User A	Watching TV	Conflict
			AB	User B	Reading	Conflict
			C	User B	Entering	Conflict
	Bedroom		D	User B	Reading	Conflict
			C,D	User A	Doing Makeup	Conflict
			E	User A	Entering	
			F	User A	Reading	
	Study Room		G	User B	Entering	
			H	User B	Dining	
			I	User A	Meal preparing	Conflict
			I	User B	Dish-washing	Conflict
	Kitchen		J	User B	Entering	
Home1	Bathroom	2	J	User B	Entering	

(그림 6) 시나리오 B
(Figure 6) Scenario B

Space	Place	The number of User	Scene	User	Activity	Context Conflict
Home1	Living Room	1	A	User A	Entering	
			B	User A	Reading	
			C	User A	Entering	
			D	User A	Doing Makeup	
	Bedroom		E	User A	Entering	
			F	User A	Reading	
			G	User A	Entering	
			H	User A	Dish-washing	
	Study Room		I	User A	Meal preparing	Conflict
			I	User B	Dish-washing	Conflict
			J	User B	Entering	
	Kitchen					
Bathroom						
Home2	Living Room	2	A	User C	Entering	Conflict
			B	User C	Watching TV	Conflict
			AB	User D	Reading	Conflict
			C	User D	Entering	Conflict
	Bedroom		D	User D	Reading	Conflict
			C,D	User C	Doing Makeup	Conflict
			E	User C	Entering	
			F	User C	Reading	
	Study Room		G	User D	Entering	
			H	User D	Dining	
			I	User D	Dish-washing	
	Kitchen					
Bathroom						
Home3	Living Room	4	A	User E	Entering	Conflict
			A	User F	Watching TV	Conflict
			A	User G	Reading	Conflict
			B	User H	Entering	Conflict
	Bedroom		C	User H	Reading	Conflict
			B,C	User E	Doing Makeup	Conflict
			D	User F	Entering	
			E	User F	Reading	
	Study Room		F	User G/H	Entering	Conflict
			G	User G	Meal preparing	Conflict
			G	User H	Dish-washing	Conflict
	Kitchen					
Bathroom						

(그림 9) 시나리오 E
(Figure 9) Scenario E

Space	Place	The number of User	Scene	User	Activity	Context Conflict		
Home1	Living Room	1	A	User A	Entering			
			B		Watching TV			
			C		Reading			
			D		Exercising			
	Bedroom		E		Entering			
			F		Reading			
			G		Doing Makeup			
			H		Sleep			
	Study Room		I		Entering			
			J		Reading			
			K		Entering			
			L		Dining			
	Kitchen		M		Meal preparing			
			N					
			O		Dish-washing			
			P		Entering			
Home1	Bathroom	1	P	User A	Entering			
Home2	Living Room		1		A	User B	Entering	
					B		Watching TV	
					C		Reading	
					D		Exercising	
	Bedroom				E		Entering	
					F		Reading	
					G		Doing Makeup	
					H		Sleep	
	Study Room				I		Entering	
					J		Reading	
					K		Entering	
					L		Dining	
	Kitchen				M		Meal preparing	
					N			
		O		Dish-washing				
		P		Entering				
Home2	Bathroom	1	P	User B	Entering			

(그림 7) 시나리오 C
(Figure 7) Scenario C

4.2 성능 평가 결과

그림 10은 4.1에서 설계한 가상 시나리오 중 상황충돌이 발생한 시나리오 B, D, E를 대상으로 제안한 시스템을 실행한 결과이다. 시스템은 발생한 모든 충돌 상황에 대해 우선순위를 기반으로 상황을 추론하였으며 추론된

상황을 기준으로 제어지표에 의해 조명환경을 서비스하였다. 또한 각 시나리오에 따라 상황충돌에 필요한 온톨로지 모델, 의도규칙, 사용자 정보 등을 표 6과 같이 자동 생성하여 모든 상황에 대해 정확히 해석하였으며 조명제어 지표와 일치하는 조도 및 색온도 등의 조명환경을 제공하였다.

Case	Space	Place	Scene	Context A	Context B	Context C	Interpretation
Case B	Home1	Living Room	A	Entering	Reading	-	Reading
			B	Watching TV	Reading	-	Reading
		Bed Room	C	Entering	Doing Makeup	-	Doing Makeup
			D	Reading	Doing Makeup	-	Doing Makeup
Kitchen	I	Meal preparing	Dish-washing	-	Meal preparing		
	A	Entering	Reading	-	Reading		
Case D	Home1	Living Room	B	Watching TV	Reading	-	Reading
			C	Entering	Doing Makeup	-	Doing Makeup
		Bed Room	D	Reading	Doing Makeup	-	Doing Makeup
			I	Meal preparing	Dish-washing	-	Meal preparing
	Home2	Living Room	A	Entering	Reading	-	Reading
			B	Watching TV	Reading	-	Reading
		Bed Room	C	Entering	Doing Makeup	-	Doing Makeup
			D	Reading	Doing Makeup	-	Doing Makeup
Case E	Home2	Living Room	A	Entering	Watching TV	Reading	Reading
			B	Watching TV	Reading	-	Reading
		Bed Room	C	Entering	Doing Makeup	-	Doing Makeup
			D	Reading	Doing Makeup	-	Doing Makeup
	Home3	Living Room	A	Entering	Watching TV	Reading	Reading
			B	Watching TV	Reading	-	Reading
		Bed Room	C	Entering	Doing Makeup	-	Doing Makeup
			D	Reading	Doing Makeup	-	Doing Makeup
Kitchen	F	Entering	Entering	-	Entering		
	G	Meal preparing	Dish-washing	-	Meal preparing		

(그림 10) 상황충돌 해석 결과

(Figure 10) Result of Context Interpretation

(표 6) 시스템 성능 평가 결과

(Table 6) Result of System Performance Evaluation

Case	Changing Of			상황 해석	조명 서비스
	온톨로지 모델	의도 규칙	사용자 정보		
A	○	○	○	Pass	Pass
B	○	○	○	Pass	Pass
C	○	○	○	Pass	Pass
D	○	○	○	Pass	Pass
E	○	○	○	Pass	Pass

5. 결론 및 향후연구방향

본 논문에서는 여러 사용자에게 상황충돌이 발생할 때, 상황의 유형에 따라 부여된 우선순위를 기준으로 서비스가 결정되는 우선순위 기반의 상황충돌 해석이 가능한 조명제어시스템을 구현하였다. 시스템 개발을 위해 먼저 'Living Room', 'Bed Room', 'Study Room', 'Kitchen', 'Bath Room'으로 구성된 N개의 주거환경을 대상으로 각

공간에서 발생 가능한 다양한 상황을 'exercising', 'doing makeup', 'reading', 'dining', 'entering' 등 총 20가지로 정의하였다. 본 연구에서는 주거환경 내 각 공간에서의 사용자 재실여부와 행위를 파악하기 위해 PIR, Piezoelectric, Power 등 3종의 센서를 활용하였다. 그런 다음 N개의 주거 환경 및 공간 그리고 여러 사용자에게 상황이 동시에 발생하여 서비스 충돌에 직면할 때, 상황별 우선순위를 기반으로 복잡한 상황을 보다 명확하게 해석할 수 있도록 온톨로지 모델을 구현하였다. 시스템은 주거환경 및 공간의 수, 사용자의 수 등이 변화하게 되면 온톨로지 모델과 의도 및 서비스 규칙, 사용자 프로파일 등이 자동으로 재구성된다. 또한 상황의 유형에 따라 집중력과 편안함을 기준으로 우선순위를 설계하여 시스템에 적용함으로써 여러 상황의 동시 발생에 따른 서비스 충돌 문제를 모두 해결하였다.

향후에는 사용자의 조명사용패턴을 분석하고 이를 기반으로 예측 서비스를 적용함으로써 보다 편리하고 편안한 조명서비스를 제공하기 위한 시스템 개발에 관한 연구를 진행할 것이다.

참 고 문 헌 (Reference)

- [1] E. S. Lee, "The Emotional Response to Lighting Hue Focusing on Relaxation and Attention", Department of Industrial Design, Vol. 25, no.2, pp.27-39, May.2012.
<http://ced.kaist.ac.kr/data/f044603-8.pdf>
- [2] Tae-Gyu Kang, Kwonhyung Lee, Dae-Ho Kim, Sang-Kyu Lim, "The Ubiquitous Service of Visible Light Communications LED Illumination", Journal of Internet Computing and Services(JICS), Vol.10, no.2, 85-92, Mar.2009.
<http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01185051>
- [3] Huang Lee, Chen Wu, Hamid Aghajan, "Vision-based user-centric light control for smart environments", Pervasive and Mobile Computing, Vol. 7, pp.223-240, Apr.2011.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2010.08.003>
- [4] S.S. Han, "Emotional Lives of Students in the Classroom Space LED Fluorescent Lamp for Sensitivity Lighting", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 11, no.9, pp.3446-3450, 2010.
<http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.9.3446>

- [5] C. Aghemo, L. Blaso, A. Pellegrino, "Building automation and control systems: A case study to evaluate the energy and environmental performances of a lighting control system in offices", *Automation in Construction*, Vol. 43, pp.10-22, Jul.2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.015>
- [6] Hilary Dalke, Jenny Little, Elga Niemann, Nilgun Camgoz, Guillaume Steadman, Sarah Hill, Laura Stott, "Colour and lighting in hospital design", *Optics & Laser Technology*, Vol. 38, pp.343-365, Jun.2006.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.optlastec.2005.06.040>
- [7] B. R. Son, J. G. Kim, "A Lighting Control System of Underground Parking Lot Base don Ubiquitous Sensor Networks", *The Journal of korea information and communications society*, Vol. 35, pp.125-135, Jan.2010.
- [8] Marianne M. Sinoo, Joost van Hoof, Helianthe S.M. Kort, "Light conditions for older adults in the nursing home: Assessment of environmental illuminances and colour temperature" *Building and Environment*, Vol. 46, pp.1917-1927, Oct.2011.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.03.013>
- [9] Lucio Ciabattoni, Alessandro Freddi, Gianluca Ippoliti, Maurizio Marcantonio, Davide Marchei, Andrea Monteriu and Matteo Pirro, "A smart lighting system for industrial and domestic use", *Mechatronics (ICM)*, 2013 IEEE International Conference on, pp.126-131, Feb.2013.
<http://dx.doi.org/10.1109/ICMECH.2013.6518523>
- [10] Kihyun Choi, Heangwoo Lee, Yongseong Kim, "A Study on the Basic Model of Smart Lighting Control System Using User Awareness Technology", *Advanced Science and Technology Letters*, Vol. 47, pp.54-57, 2014.
http://onlinepresent.org/proceedings/vol47_2014/13.pdf
- [11] Ziren Xiu, Hao Li, "Smart Lighting System with Brightness and Color Temperature Tunable", *Computational Intelligence and Design (ISCID)*, 2014 Seventh International Symposium on, Vol. 2, pp.183-186, Dec.2014.
<http://dx.doi.org/10.1109/ISCID.2014.181>
- [12] JinSung Byun, Sehyun Park, "Development of a self-adapting intelligent system for building energy saving and context-aware smart services", *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, Vol. 57, pp.90-98, Feb.2011.
<http://dx.doi.org/10.1109/TCE.2011.5735486>
- [13] David Caicedo, and Xiangyu Wang, "Sensor-Driven Wireless Lighting Control: System Solutions and Services for Intelligent Buildings", *Sensors Journal, IEEE*, Vol. 14, pp.4207-4215, Dec.2014.
<http://dx.doi.org/10.1109/JSEN.2014.2351775>
- [14] Choonsung Shin and Woontack Woo, "Conflition Resolution among Users in Smart Home Environment", *Korea information processing society*, Vol. 11, no.2, pp.937-940, Nov.2004.
- [15] Choonsung Shin and Woontack Woo, "Conflict Resolution among Users for Context-aware Media Services", *KHCI2005*, pp.594 ~ 599. 2005.
<http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01886391>
- [16] Bae IhnHan, "Mobile Multimedia Service using Context-Awareness in Cloud Computing", *Journal of Internet Computing and Services(JICS)*, Vol.11, no.4, 9-15, Oct.2010.
<http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01615246>
- [17] Bae IhnHan, "Middleware for Context-Awareness Agents in Ubiquitous Computing", *Journal of Internet Computing and Services(JICS)*, Vol.9, no.1, 22-33, Mar.2008.
<http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01004932>
- [18] Francoise Vienot, Marie-Lucie Durand and Elodie Mahler, "Kruithof's rule revisited using LED illumination", *Journal of Modern Optics*, vol. 56, no. 13, pp. 1433-1446, 2009.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500340903151278>

● 저 자 소 개 ●



서 원 일 (Won-il Seo)

2014년 공주대학교 컴퓨터공학과(학사)
2014~현재 공주대학교 대학원 컴퓨터공학과(석사과정)
관심분야 : 상황인식, 인터넷 기술.
E-mail : willcom0@kongju.ac.kr



권 속 연 (Sook-Youn Kwon)

2000년 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과(이학사)
2002년 공주대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)
2014년 공주대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
2014~현재 공주대학교 그린에너지기술연구소 연구교수
관심분야 : 상황인식, 건물에너지관리, 상황조명, 식물공장, USN Service
E-mail : sookyou@kongju.ac.kr



임 재 현 (Jae-Hyun Lim)

1986년 중앙대학교 전산계산학과(이학사)
1988년 중앙대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)
1998년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
1998~현재 공주대학교 컴퓨터공학부 교수
관심분야 : 상황인식, 건물에너지관리, 상황조명, 식물공장, USN Service
E-mail : defacto@kongju.ac.kr