

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.1.113>

JIIBC 2014-1-15

쾌적 지수 기반의 실내 상황 모니터링 서비스 연구

A Study of Indoor Context Monitoring Service Based on Comfort Index

진남*, 김도현**

Chen Nam*, Do-Hyeun Kim**

요 약 최근 실내 환경에서 온도, 습도 등과 같은 현상 데이터를 수집하여 제공하는 실내 상황 정보에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 빌딩에서 불편한 상황이 증가하고, 환경 변화에 대한 인식 요구가 증가하고 있다. 본 논문에서는 현상 데이터를 대신하여 실시간 실내 쾌적 상황 정보를 제공하기 위해 GIS 기반의 실내 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진을 설계하고 구현한다. 이를 통해 자신의 실내 쾌적 상황을 자가 진단하고, 이를 사용자에게 알려주어 실내 환경을 관리할 수 있다.

Abstract Recently, a few studies on context information have been focused to collect phenomena data like a temperature and a humidity in indoor environments. The importance of the former is increasingly recognized with changing environments and increase of heat stress in building. In this paper we present an indoor comfort index framework based on GIS for supporting context information instead of phenomena data in environments. We also present method for supporting comfort index and context information based on GIS in outdoor environments

Key Words : Comfort index, Context information, Visualization

1. 서 론

최근 센서 네트워크를 이용한 실시간 온도, 습도 등의 현상 데이터를 수집하여 사용자에게 제공하고 있다. 그러나 많은 사용자는 공간에서의 온도나 습도 값 보다는 인체 측면의 감각적인 정보 제공을 원하고 있다. 예를 들어 온도, 습도 외에 방사 및 기류 등의 환경 상태를 종합적으로 고려한 인감의 내온 체감정보를 원한다.

건축공학 분야에서는 실내외 공간의 환경의 만족을 표현하는 마음의 상태를 쾌적이라 말하고, 쾌적 환경에

영향을 미치는 온도, 습도, 기류 및 복사열 등 여러 가지를 조합하여 하나의 쾌적 지수를 제시하고 있다. 실내 쾌적 지수에는 ET(new Effective Temperature), SET(Standard new Effective Temperature), PMV(Predicted Mean Vote)와 PPD(Predicted Percentage of Dissatisfied)가 있다. 더불어 야외 쾌적 지수에는 WCI(Wind Chill Index), NWCI(New Wind Chill Index), UTCI(Universal Thermal Climate Index), ASV(Actual Sensation Vote), TS(Thermal sensation) 등이 있다¹⁻³⁾.

*정회원, 전자부품연구원

**중신회원, 제주대학교 컴퓨터공학과

접수일자 2014년 1월 16일, 수정완료 2014년 2월 5일

게재확정일자 2014년 2월 7일

Received: 16 January, 2014 / Revised: 5 February, 2014

Accepted: 7 February, 2014

**Corresponding Author: kimdh@jejunu.ac.kr

Dept. of Computing Engineering, Jeju National University, Korea

특히 유럽 RUROS(Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces) 프로젝트에서는 지역의 환경과 계절에 적합한 옥외 환경 쾌적 지수를 제시하고, 도시 건축의 디자인가이드라인을 제시하기 위한 쾌적 지수를 연구하고 있다. 그러나 아직 설문 기반의 옥외 환경 쾌적감을 평가하고, 모니터링 시스템 개발이 미흡한 실정이다.

일본의 Toshiba Social Infrastructure Systems 프로젝트는 실내 환경을 쾌적하게 유지하기 위한 쾌적 지수 모니터링과 냉방기 제어 시스템을 개발하고, 실내에서 쾌적 지수를 이용한 냉방기 제어 시스템 개발을 시도하고 있다. 그러나 아직 실내에서 PMV 기반의 단순 냉방기를 제어하고 있으며, 다양한 냉난방 기기 제어 시스템이 미흡한 실정이다.

체감적인 실내 쾌적한 환경을 모니터링하기 위해서는 쾌적 지수 및 상황에 대한 연구를 진행하여 쾌적 지수를 산출하여 수치적으로 제공하고, 이를 토대로 실내 공간의 쾌적 상황을 파악하여 사용자에게 효과적으로 실내 환경을 조절할 정보를 제공할 필요가 있다.

본 논문에서는 체감적인 실내 환경 정보를 관리하고 사용자에게 편리하게 제공하기 위하여 실내 환경에서의 온도, 습도 등을 고려한 기존 PMV, PPD, ET 등의 실내 쾌적 지수를 분석하고 이를 토대로 사용자에게 실내 쾌적 지수와 쾌적 상황 정보를 산출하고, 효과적으로 지도 상에서 가시화하는 실내 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진을 설계하고 구현한다. 이를 통하여 실내 특정 공간의 체감적인 쾌적 상황을 인터넷을 통해 제공할 수 있다.

II. 관련 연구

실내의 쾌적한 환경을 모니터링하기 위해서는 쾌적 지수에 대해 고찰한다. 실내 쾌적 환경에 영향을 미치는 온도, 습도, 기류 복사열 등 여러 가지를 조합하여 하나의 지수로 표시한 것을 쾌적 지수라고 한다. 대표적인 실내 쾌적 지수에는 ET, SET, PMV와 PPD가 있다^[1].

$$\begin{aligned}
 PMV = & 0.303 * \exp^{-0.036 * M + 0.028} \\
 & * M - W - 3.05 * 10^{-3} \\
 & * 5733 - 6.99 * M - V \\
 & - Pa - 0.42 \\
 & * M - W - 58.15 \\
 & - 1.7 * 10^{-5} * M \\
 & * 5867 - Pa - 0.0014 \\
 & * M * 34 - t_a - 3.96 \\
 & * 10^{-8} * f_{cl} \\
 & * t_{cl} + 273^4 \\
 & - t_r + 273^4 - f_{cl} * h_c \\
 & * t_{cl} - t_a
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서 M는 대사율이며, 단위는 W/m²이다. W는 유효 기계 에너지이고, 단위는 W/m²이다. I_{cl}은 옷의 전열 능력이며, 단위는 m²*K/W이다^[2].

일반적인 실내 쾌적 지수인 PMV는 1970년 P.O.Franger가 제안하고, 1984년 ISO-7730에 의해 국제 규격화되었다. PMV는 온열 4요소와 사량, 착의량 등의 인간요소를 고려하여 계산하며, 인체 열평형식을 결합하여 온열 감각을 정량화 된 수치로 나타내고 있다. PMV는 따뜻한거나 혹은 춥다고 느끼는 것을 수치로 정량화하고 있으며, 인체의 열부하를 근거하여 산출하고 있다. 여기서 인체의 열 부하란 열적 중립 상태에서부터 가상의 편차를 열량을 의미한다. PMV는 0 값을 중심으로 -3(춥다)에서 +3(덥다)의 7단계로 나누어져 있다. 식 1에서는 PMV 수식을 보여주고 있다.

다음으로 PPD는 현재 환경에 대한 불만인 사람의 비율이며, PMV에서 온열감 반응에서 +3, +2, -2, -3 으로 응답한 열적으로 불만족한 사람의 수에 대한 백분율로 나타내고 있다. 이러한 PPD와 PMV는 기대치나 경험 등의 심리 요소와 노출시간에 따른 사람의 생리 반응의 변화가 고려하지 않았고 있다. 그림 1에서는 PMV와 PPD의 관계를 보여주고 있다.

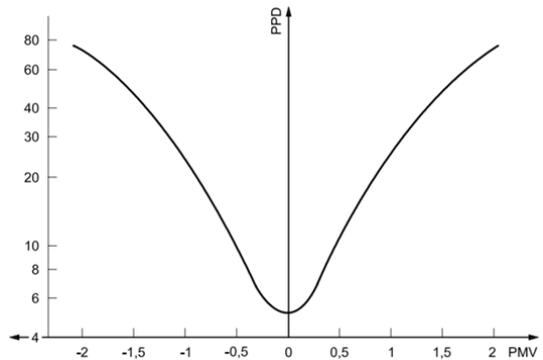


그림 1. PMV와 PPD의 관계
Fig. 1. Relationship between PMV and PPD

$$PPD = 100 \cdot 95 * \exp^{2 \cdot 0.03353 * PMV^4 - 0.2179 * PMV^2}
 \tag{2}$$

ET는 1974년 ASHRAE에서 제시하고 있으며, 발한에 의한 체온 조절 기능을 포함하는 열평형 모델에 근거하여 기온, 복사, 습도, 기류, 작업량, 착의량을 고려한 지수이다. 원래 ET는 고정된 대기 환경의 온도이나, 실제

의미는 사람의 편안한 느낌의 강도이다. 사람이 따른 온도, 상대 습도, 풍속의 환경 요소에 대한 같은 열감을 판단하는 종합 지수이다. 수식 3은 수학적인 ET를 구하는 수식이다.

$$ET = Ta - 0.4 Ta - 10 \left(1 - \frac{RH}{100}\right) \quad (3)$$

여기서 Ta는 공기 온도이다. RH는 상대 습도이다. SET는 ET를 보다 발전시킨 지수이며, 앉은 자세의 경작업(55Kcal/m²), 착의량(0.6clo), 기류(0.1~0.15m/s) 일 때를 표준 상태로 하고, 이 조건에서 구하는 ET를 의미한다. 표 1에서는 ET에 따른 열감 비율을 보여주고 있다.

표 1. ET에 따른 열감 비율
Table 1. Thermal rate according to ET

	온열감 ET	Extremely Sultry	Sultry	Warm	Mid	Cool	Keen	Cold
Keen (쌀쌀함)	15°C	0	0	0	0	5	89	6
	16°C	0	0	0	0	10	85	5
	17°C	0	0	0	4	9	83	4
Cool (서늘함)	18°C	0	0	2	8	80	10	0
	19°C	0	0	3	9	81	7	0
	20°C	0	0	3	11	80	6	0
	21°C	0	0	3	10	83	4	0
Mid (온화함)	22°C	0	0	5	80	14	1	0
	23°C	0	1	10	80	9	0	0
	24°C	0	5	12	81	2	0	0
	25°C	0	6	12	81	1	0	0
	26°C	0	6	12	82	0	0	0
Warm (더움)	27°C	0	22	70	8	0	0	0
	28°C	0	23	71	6	0	0	0
	29°C	0	23	72	5	0	0	0
	30°C	0	24	76	0	0	0	0

III. 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진의 구조

1. 실내 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진 구조

실내 공간의 쾌적 지수를 계산하여 쾌적 상황 정보로 변환하여 사용자에게 제공하기 위해서는 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진이 요구된다.

쾌적 지수 및 상황 산출 엔진에서는 먼저 실내 환경의 쾌적 지수와 쾌적 상황 정보를 제공하기 위해서는 온도, 습도 등의 실시간 현상 데이터를 수집하여 PMV, PPD, ET 등의 쾌적 지수를 산출하고 데이터베이스에 저장한다.

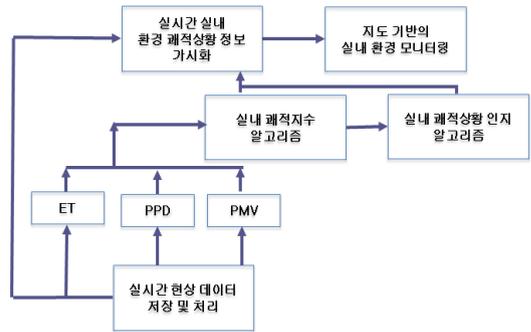


그림 2. 실내 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진 개념도
Fig. 2. Conceptual configuration of calculation engine for indoor comfort index and context

그리고 사용자가 실내 쾌적 상황 판단을 지원하기 위해 실내 쾌적 상황 인지 알고리즘을 통해 실내 쾌적 상황을 인식한다. 이를 토대로 편리하게 실내 환경 정보에 접근하기 위해서는 실내 공간 정보와 더불어 쾌적 지수 및 상황 정보를 지도 기반으로 제공한다. 그림 2에서는 실내 환경 지수 제공을 위한 쾌적 지수, 쾌적 상황 처리 및 가시화 구성을 보여주고 있다.

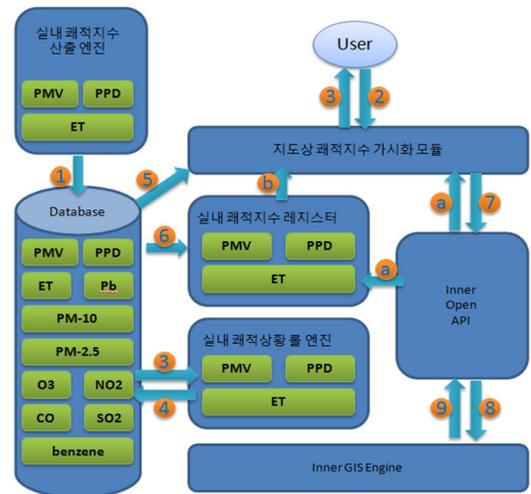


그림 3. 실내 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진 구조
Fig. 3. Architecture of calculation engine for indoor comfort index and context

그림 3에서는 실내 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진 구조를 보여주고 있다. 여기서 실내 쾌적 지수 및 상황 정보를 지도 기반으로 보여주기 위해 Inner GIS 엔진을 이용하고, 이 엔진에서 지원하는 개방형 API를 이용하여 지

도상에 마크 기반으로 쾌적 지수와 상황 정보를 제공한다. Inner GIS 엔진에서 제공하는 개방형 API는 사용자에게 지도 상에 특정 좌표의 PoI(Point of Interest)에 해당하는 노드를 통해 쾌적 지수와 쾌적 상황 정보를 제공한다. 여기서 PoI의 위치는 Inner GIS 엔진을 이용하여 표시할 수 있다.

2. 실내 쾌적 지수 기반의 쾌적 상황 정보 산출 규칙

PMV의 값에 대응한 사람의 열감 정도를 나타낼 수 있으며, 이를 이용하여 실내 쾌적 상황 정보를 도출할 수 있다. 표 2와 같이 PMV 값과 쾌적 상황 정보간의 관계를 통해 PMV 쾌적 상황 규칙을 생성할 수 있다. 여기서 PMV와 실내 쾌적 상황 정보를 보여주고 있으며, 이때 PMV 값은 최대 +3 최소-3 범위 내에 존재하며, PMV의 값에 따라 일곱 등급으로 쾌적 상황을 나눌 수 있다. PMV 값이 2.5와 3 사이이면 사람이 현재 환경을 덥다고 여기고, PMV값이 1.5와 2.5 사이인 경우 따뜻하다고 판단한다. 그리고 0.5와 1.5사이 이면 조금 따뜻하다고, -0.5와 0.5 사이이면 쾌적하다고 느낀다. -1.5와 -0.5 사이 이면 조금 시원하다고, -2.5와 -1.5 사이 이면 시원하다고 느낀다. 마지막으로 -3와 -2.5사이 이면 춥다고 판단한다.

표 2. PMV 기반의 쾌적 상황
Table 2. Comfort context information based on PMV

PMV	Comfort context information
+2.5<PMV≤+3	Hot
+1.5<PMV≤+2.5	Warm
+0.5<PMV≤+1.5	Slightly warm
-0.5≤PMV≤+0.5	Neutral
-1.5≤PMV<-0.5	Slightly cool
-2.5≤PMV<-1.5	Cool
-3≤PMV<-2.5	Cold

표 3에서는 사람들이 주변의 환경에 대한 불만 비율을 의미하는 PPD의 7 등급에 따라 개인에 따른 열감 분포를 보여주고 있으며, PPD는 PMV의 값에 따라 계산된다. 여기서 PMV가 +2일 때 PPD 75%의 사람이 불쾌감이고, PMV가 +1일 경우 PPD 25%의 사람이 불쾌감을 가진다. 그리고 PMV가 +0.5일 때 PPD 10%의 사람이 불쾌감이며, PMV는 0일 경우 PPD 5%의 사람이 불

쾌감을 나타낸다. 다음으로 PMV가 -0.5일 때 PPD 10%의 사람이 불쾌감이며, PMV는 -1일 경우 PPD 25%의 사람이 불쾌감을 보여준다. 마지막으로 PMV가 -2일 때 PPD 75%의 사람이 불쾌감을 가진다.

표 3. PPD 기반의 쾌적 상황
Table 3. Comfort context information based on PPD

PPD	Persons predicted to vote(%)		
	0	-1.0 or +1	-2,-1,0,+1 or +2
75	5	25	70
25	30	75	95
10	55	90	95
5	60	95	100
10	55	90	98
25	0	75	95
75	5	25	70

그림 4에서는 쾌적 지수 PPD에서 쾌적 상황으로 변환하는 것을 보여주고 있다. 여기서 PPD가 93%이상이면 불쾌하다고 생각하고, PPD가 51%에서 93%사이 일 때 조금 불쾌하다고 판단한다. 그리고 PPD가 10%에서 51%사이 일 경우 조금 쾌적하다고 생각하고, PPD가 5%에서 10%사이 일 때 쾌적하다고 판단한다.

표 4는 ET 기반의 쾌적 상황 산출 규칙을 보여주고 있다. 여기서 ET가 15°C에서 17°C사이 이면 약 85%의 사람이 쌀쌀하다고 생각하고, ET가 18°C에서 21°C사이 일 때 약 81%의 사람이 서늘하다고 판단한다. 그리고 ET가 22°C에서 26°C사이 일 경우 약 85%의 사람이 온화하다고 생각하고, ET가 27°C에서 30°C사이 일 때 약 73%의 사람이 덥다고 판단한다.

표 4. ET 기반의 쾌적 상황
Table 4. Comfort context information based on ET

ET	Comfort context information
15°C≤ET≤17°C	Cold
17°C<ET≤21°C	Cool
21°C<ET≤26°C	Warm
26°C<ET≤30°C	Hot

IV. 실내 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진 구현

제안한 쾌적 상황 산출 엔진을 웹 기반으로 구현하기

위해 (주)마이크로소프트사의 Visual Studio 2008의 ASP.NET을 이용하고, C# 컴퓨터 프로그래밍 언어로 사용한다. 지도 상에서 PoI 기반의 실내 쾌적 지수 및 상황 정보를 제공하기 위해 Inner GIS 엔진의 개방형 API를 이용한다.

표 5. 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진에 사용된 개방형 API
Table 5. Open API for comfort index and context engine

Open API	설명
GetPercentInformation	지도 정도 얻기
GetDivisionMap	지도 데이터 얻기
GetNodePointOfInterest	PoI의 위치 정보 얻기
GetNodeDetailPointOfInterest	PoI의 상세 정보 얻기
GetRoomInformation	공간데이터 정보 얻기
SaveComfortValueOfPMV	PMV 값을 데이터베이스에 저장
SaveComfortValueOfPPD	PPD 값을 데이터베이스에 저장
SaveComfortValueOfET	ET 값을 데이터베이스에 저장
GetComfortValueOfPMV	PMV 값을 데이터베이스로부터 얻기
GetComfortValueOfPPD	PPD 값을 데이터베이스로부터 얻기
GetComfortValueOfET	ET 값을 데이터베이스로부터 얻기
GetComfortruleOfPMV	실시간 PMV의 쾌적 상황 얻기
GetComfort ruleOfPPD	실시간 PPD의 쾌적 상황 얻기
GetComfort ruleOfET	실시간 ET의 쾌적 상황 얻기

표 5에서는 Inner GIS 엔진과 쾌적 지수 관련 개방형 API를 보여주고 있다. Inner GIS 엔진의 개방형 API에서 지도, PoI, 공간 데이터를 정보를 얻고, 쾌적 지수 산출 엔진의 개방형 API로부터 PMV, PPD, ET 관련 정보를 획득할 수 있다.

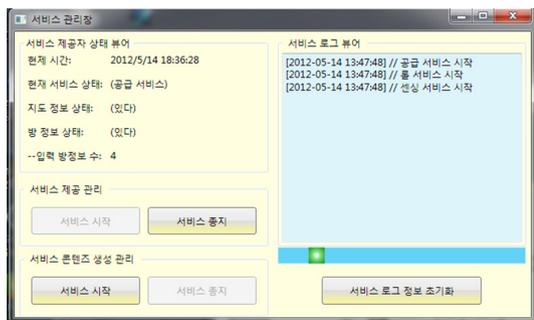


그림 4. 실내 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진 화면
Fig. 4. Display of calculation engine for indoor comfort index and context

그림 5는 실내 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진의 구동화면이다. 실내 쾌적 지수 및 상황 관리자는 이 화면을 통해 서비스의 구동상태를 확인하고 제어할 수 있다. 여기

서는 현재 서비스 상태, 지도 정보와 PoI 정보 지원 여부를 볼 수 있으며, 더불어 수집되는 센서의 개수도 확인할 수 있다. 서비스 로그 뷰어에서는 쾌적 지수 및 상황 정보 제공 서비스 상태를 보여주고 있다. 그리고 추적으로 사용자를 실내 쾌적 지수 및 상황 정보를 검색할 수 있다.



그림 6. 실내 쾌적 지수 및 상황 결과 화면
Fig. 6. Result display of indoor comfort index and context

그림 6에서는 특정 실내 공간의 PMV, PPD, ET 쾌적 지수값과 쾌적 상황을 보여주고 있다. 예를 들어 PMV 값은 1.53999이고, 따뜻한(warm) 상황이고, PPD 값은 52.94%이고 조금 불편한(a little uncomfortable) 상황이다. 그리고 ET 값은 21.34°C이며, 따뜻한(warm) 상황이다. 그 외 PM10, CO, Ben 등의 실내 환경 정보도 제공하고 있다.

V. 결론

체감적인 실내의 환경 정보를 관리하고 사용자에게 편리하게 제공하기 위하여 기존 실내의 쾌적 지수를 분석하고 이를 토대로 사용자에게 실내의 쾌적 지수와 쾌적 상황 정보를 산출하고, 효과적으로 지도 상에서 제공하는 쾌적 지수 및 상황 정보 산출 엔진에 대한 연구가 요구되고 있다. 본 논문에서는 온도, 습도, 조도, 풍량, 풍속 등의 환경 센서를 이용하여 실내 환경의 쾌적 지수 및 상황 산출 엔진을 개발하고, 이를 통하여 실내 환경을 쾌적하게 유지하고, 적합한 실내의 활동을 제공하기 위해 쾌적 지수 및 상황 기반의 서비스 제공하고자 한다. 더불어 이를 토대로 사용자에게 그래픽 인터페이스

를 제공하여 편리하게 상황 정보에 접근하기 위해서는 Inner GIS 엔진의 개방형 API를 이용하여 지도 상에서 실내외 공간 정보와 더불어 실시간 쾌적 지수 및 상황 정보를 보여주고 있다.

이를 통해 실내 환경 정보를 관리하고 사용자에게 편리하게 제공할 수 있으며, 쾌적 지수를 토대로 사용자에게 실시간 실내 쾌적 지수와 쾌적 상황 정보를 제공할 수 있다. 그리고 사용자가 사전에 실내 쾌적 상황을 파악하여 최적의 쾌적 환경으로 조절이 가능하다.

References

- [1] Jeon, Mi-Young Kim, Seok-Ge Leigh, Seung-Bok Kim, Tae-Yeon, "An Analysis of Domestic and Foreign Research about Assessing Outdoor Thermal Comfort", 2009 Conference on Architectural Institute of Korea, Vol. 29, No. 1, October 2009
- [2] Minu A Pillai, Sridevi Veerasingam, Yaswanth Sai D, "CAN Based Smart Sensor Network for Indoor Air Quality Monitoring", 2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT), July 2010
- [3] Leonardo Marques Monteiro and Marcia Peinado Alucci, "Calibration of outdoor thermal comfort models", The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006
- [4] Tri Harso Karyono, "Ergonomics of the thermal environment", INTERNATIONAL STANDARD ISO 7730, 2005-11-15
- [5] ASHRAE, "Handbook of Fundamentals", 2009

- [6] A.P.Gagge, A.P.Fobelets, L.G.Berglund, "A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Enviroment", ASHRAE Transactions, Vol. 92, Part 2, 1986
- [7] A.P.Gagge, A.P.Fobelets, L.G.Berglund, "A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Enviroment", ASHRAE Transactions, Vol. 92, Part 2, 1986

저자 소개

진 남(정회원)



- 2009년 9월 ~ 2011년 8월 : 제주대학교 공과대학 컴퓨터공학과 학사
- 2011년 9월 ~ 2013년 8월 : 제주대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사
- 2013년 12월 ~ 현재 : 전자부품연구원 연구원

김 도 현(중신회원)



- 1990년 3월 ~ 1995년 3월 : 국방과학연구소 전산망연구실 연구원
- 2004년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수
- 2013년 1월 ~ 현재 : 대한전자공학회 M2M/IoT 연구회 회장

"이 논문은 2013학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음" 교신저자 : 김도현