Regular paper | Journal of the KIECS. pp. 515-520, vol. 17, no. 3, Jun. 30. 2022, t. 113, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2022.17.3.515

사물인터넷 환경에서 상황인식 개선을 위한 다중센서의 이벤트 데이터 가중치 부여 방안

유정봉* · 서동혁**

A Novel Weighting Method of Multi-sensor Event Data for the Advanced Context Awareness in the Internet of Things Environment

Jeong-Bong You* · Dong-Hyok Suh**

요 약

다중 센서를 활용하는 상황인식에 있어서 각각의 센서가 감지하여 보내온 센서 데이터를 활용할 때, 센서 별로 가중치를 달리하여야 할 필요가 있다. 같은 상황에 대하여 같은 종류의 센서를 구성하였더라도 다른 부차적인 요인 때문에 가중치 부여를 달리하여야 하는 경우가 있다. 실제 세계의 이벤트에 가중치 부여를 하지 않을 수 없으며, 다중 센서를 활용하는 상황인식 시스템에서 활용할 수 있는 가중치 부여 방안은 필요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 시간이 경과하면서 센서들이 계속 감지 활동을 하는 가운데 호스트로 보고하는 각 센서에 대한 가중치 부여 방안을 제안한다. 대부분의 사물인터넷 환경에서 센서는 감지 활동을 지속적으로 이어나가며, 감지한 값이 사전에 정해 둔 범위 이상의 변화양상을 보일 때, 호스트로 보고하는 것을 기본으로 한다. 이러한 것을 일종의 데이터 스트림 환경이라고 할 수 있다. 데이터 스트림 환경에서 다중 센서로부터의 감지 데이터를 대상으로 하는 가중치 부여 방안에 대하여 제안하였으며, 새로운 가중치 부여 방안은 스트림 상에서 상황 변화를 주도적으로 나타내는 데이터를 선별하여 가중치를 부여하는 것으로 하였다.

ABSTRACT

In context awareness using multiple sensors, when using sensor data detected and sent by each sensor, it is necessary to give different weights for each sensor. Even if the same type of sensor is configured for the same situation, sometimes it is necessary to assign different weights due to other secondary factors. It is inevitable to assign weights to events in the real world, and it can be said that a weighting method that can be used in a context awareness system using multiple sensors is necessary. In this study, we propose a weighting method for each sensor that reports to the host while the sensors continue to detect over time. In most IoT environments, the sensor continues the detection activity, and when the detected value shows a change pattern beyond a predetermined range, it is basically reported to the host. This can be called a kind of data stream environment. A weighting method was proposed for sensing data from multiple sensors in a data stream environment, and the new weighting method was to select and assign weights to data that indicates a context change in the stream.

키워드

Context Awareness, Weight, Internet of Things, Sensor, Event Data
상황인식, 가중치, 사물인터넷, 센서, 이벤트 데이터

* 국립공주대학교 전기전자제어공학부
(jbyou@kongju.ac.krl)
** 교신저자 : 단국대학교 전기전자공학부
· 접 수 일 : 2022. 05. 08
· 수정완료일 : 2022. 05. 28
· 게재확정일 : 2022. 06. 17
· Received : May. 08, 2022, Revised : May. 28, 2022, Accepted : Jun. 17, 2022
· Corresponding Author : Dong-Hyok Suh
Dept. Electric engineering, Dankook University,
Email : dhsuh122@dankook.ac.kr

Ⅰ. 서 론

상황인식 시스템은 센서가 보내온 값의 변화를 근거로 상황을 추론한다. 센서 측정치의 변화는 실제상황이 어떤 것인지 추정할 수 있는 실마리가 될 수 있다. 각 센서들이 감지하여 보고한 값의 의미가 상황인식에 중요하게 고려되어야 하는 경우가 있는가 하면, 협력하는 역할을 함으로써 더 나은 상황정보를 획득하도록 돕는 경우도 있는 것이다. 다중 센서를 활용하는 상황인식에서 각각의 센서가 감지하여 보내온 센서 데이터를 활용할 때, 각 센서별로 가중치를 달리하여야 할 필요가 있다. 실제상황은 다양하고 가변적이므로, 실제상황을 감지하는 과정에서 센서별 가중치를 부여하는 방법 역시 매우 다양하다고 할 수 있다. 이러한 배경에서 다중 센서를 활용하는 상황인식 시스템에서 보편적으로 활용할 수 있는 가중치 부여 방안이나 가중치 부여를 위한 기본 원칙이 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 이와 같은 다중 센서로부터의 감지 데이터를 대상으로 하는 가중치 부여 방안을 제안한다. 본 연구의 목표는 데이터 스트림 환경에서 상황 변화를 인지할 수 있도록 하는 주도적인 이벤트를 선별하는 것이다. 이러한 이벤트를 보여주는 센서 데이터에 대하여 가중치를 더하여 주고 그렇지 않은 센서 데이터에 대하여서는 가중치를 감하도록 하는 방안을 모색하여 그 타당성을 입증하는 것이다.

2장에서는 본 연구와 관련한 선행연구를 정리하고 3장에서 다양한 종류의 센서 데이터에 대한 가중치 부여 방안을 제안한다. 4장에서는 제안한 바에 대한 실험을 실시하고 그 결과를 분석 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 다중센서의 이벤트 데이터 가중치 부여

2.1 관련연구

가. 사물인터넷 환경에서의 상황인식

사물인터넷 환경에서의 다중 센서들이 획득한 이벤트 데이터들을 융합 및 처리하고 이를 응용하는 연구가 다양하게 진행되고 있다.

안윤정 외 3인은 온도, 습도, 미세먼지 센서를 활용하여 이벤트 데이터를 수집하고 이를 실내의 불쾌지수, 미세먼지 농도를 계산하는데 활용하여 상황인식을 하고 실내 환경을 제어하는 시스템을 제안하였다[1].박광철 외 1인은 사물인터넷 기반으로 스마트 오피스 서비스를 제공하는 연구를 진행하였다[2]. 조도센서로 광량을 받아 측정하여 빛의 세기에 관한 이벤트 데이터를 수집하여 상황을 인식하고 빛의 세기의 값에 따라 블라인드를 내리고 올리는 방식의 스마트 블라인드 시스템을 구현하였다. 노진호 외 2명은 사물인터넷 기반으로 미세먼지 측정시스템을 제공하는 연구를 진행하였다[3]. 센서에서 전송되는 이벤트 데이터를 메인컨트롤러에서 처리한 후 시리얼 통신 Wi-fi 모듈로 데이터를 전송하여 데이터를 분석 및 처리하고 미세먼지의 농도 및 정도를 측정하는 시스템을 제작하였다. 이봉주 외 4인은 인체감지 센서 및 온도 센서의 데이터 수집을 통해 차량 내부에 사람 유무와 특정한 온도에 따라 발생할 수 있는 어린이 통학 차량 내 사고를 예방하고 상황을 인식할 수 있는 시스템을 제안하였다[4]. 김현식 외 2명은 사물인터넷을 이용하여 조선소의 작업장 단위로 센서 네트워크를 구축하는 방안을 제시하였다[5]. 이규진 외 5명은 사물인터넷 기반으로 수질을 모니터링하고 관리하는 시스템을 구축하는 방안을 제안하였다[6]. 수질 및 카메라 센서들로 수질 데이터를 수집하고 실시간으로 미생물 및 박테리아까지 파악하여 정보를 제공함으로써 오염된 물이 사람에게 주는 영향도를 파악하였다.

나. 상황인식에서 가중치 부여

획득한 데이터의 중요도가 상이한 경우 등에 따라 정확한 상황인식을 위해 데이터에 가중치가 부여되며 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다.

안대룡 외 2인은 지능형 차량에서 보행자 인식률을 향상시키기 위해 센서로부터 획득한 데이터에 Dempster-Shafer Theory를 이용하여 가중치를 할당하였고 물체 분류 방법을 개선시켰다[7]. 김지형 외 1인은 적외선 및 CCD 센서로부터 획득한 이벤트 데이터들에 Dempster-Shafer Theory을 이용하여 가중치를 부여하고 결합함으로써 물체를 정확하게 묘사하고 표현하는 방법을 제시하였다[8]. 이은경 외 2인은 사용자 평점 데이터의 가중치 재조정을 통해 최상위 콘텐츠 추천 성능을 향상시키기 위한 방법을 제시하였다[9]. 김정환 외 4명은 정확한 심전도 신호의 R-peak를 검출하기 위해서 R-R 간격에 비례하는 가변 윈도우를 설정하여 R-peak 검출률을 향상시키는 알고리즘을 제시하였다[10].

2.2 제안하는 내용

실제 세계의 상황을 인식하기 위하여 사물인터넷을 배경으로 센서 네트워크 시스템을 구성할 때, 목표로 하는 상황에 동반하는 현상을 감지한 센서 데이터가 존재한다고 전제한다. 본 연구에서 제안하는 가중치 부여 방안은 센서가 계속하여 감지 활동을 하고 그 결과를 전송해 오는 상태로서 센서로부터 지속적으로 감지 데이터가 입수되고 각 센서 데이터의 시간당 이벤트 총량은 가변적으로 입수되는 동적 환경을 바탕으로 한다. 가중치 부여는 실제상황을 인식하는데 기여를 하거나 신속하게 실증 단서를 제공하는 센서 데이터에 대하여 부여하는 것이다. 그렇다면 센서로부터 지속적으로 감지 데이터가 유입되는 환경에서는 어떤 센서의 감지 데이터가 상황인식 기여도가 높다고 평가할 것인지 3.1절에서 제안한다. 다음 그림 1.은 사물인터넷 기반 상황인식 시스템의 구조를 도식화한 것이다.

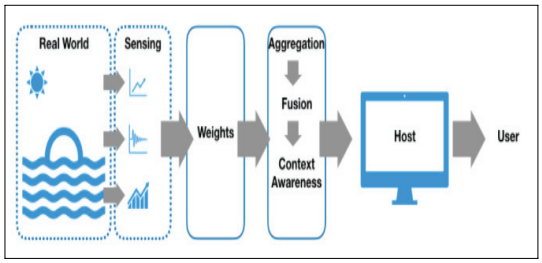


그림1. 사물인터넷 기반 상황인식 시스템 구조

Fig. 1 Internet of things-based context awareness system structure

가. 지속적인 보고가 이루어지는 환경에서의 센서별 가중치 부여 방안

사물인터넷을 기반으로 하는 상황인식 시스템에서 각 센서는 상황의 변화를 추론할 수 있는 변화를 감지하기 위하여 선정한 것이다. 각 센서들은 일정한 시간 간격에 따라 감지한 결과를 네트워크를 이용하여 호스트에 보고한다. 이때 센서에서 감지한 결과에 대하여 그 감지 결과가 상황을 인식하기에 유의미한 근거가 될 수 있다는 기준을 세운다. 이 기준에 의거하여 호스트에 보고할 감지 데이터와 보고하지 않아야 할 감지 데이터를 결정한다. 이러한 과정을 거쳐 확보한 데이터 집단을 이벤트 데이터 라 한다. 센서별 가중치를 부여하기 위한 첫 조치로 이벤트 데이터의 연속적인 보고가 이루어지는지 파악한다. 이를 위하여 각 센서별 동일한 크기의 시간 간격을 설정하고 이 시간대 내에서 가장 먼저 이벤트가 시작된 센서 데이터에 대하여 중요도를 부여한다. 다음으로는 중요도를 부여한 이벤트의 지속 여부를 확인한다.

지속적인 데이터 전달 환경에서 각 센서 데이터에 대한 가중치 부여는 다음과 같은 절차를 가진다.

나. 상황인식 개선을 위한 가중치 부여 절차

1) 상황인식에 필요한 센서를 선정한다.
2) 임의의 시간 간격을 각 센서별 데이터 집단에 적용한다. 그리고 임의의 시간 간격(Timeslot) 동안 각 센서에서 이벤트 발생유무를 판단한다.
3) 이벤트 집합을 E라 하고 임의의 시간 t에서 k개의 센서들이($S_1, S_2, \ldots, S_k$) 상황을 감지한다.
4) 센서들은 감지한 값 중에서 이벤트값을 호스트에 보고한다.
5) 특정한 시간 t에서 호스트에 보고하는 이벤트를 가장 먼저 보고한 센서에 대하여 중요도를 부여한다.
6) 중요도를 부여한 센서 데이터의 이벤트 지속을 체크한다. 가장 먼저 보고한 센서로부터의 데이터가 이벤트를 지속하면 가중치를 추가 부여한다.
7) 중요도를 부여한 센서 데이터의 이벤트가 지속되지 않으면 다음 시간 t2를 특정하고 해당 시간에서 가장 먼저 이벤트를 보고한 센서 데이터에 중요도를 부여하고, 다시 이 센서로부터의 이벤트가 지속되는지 체크하고 이벤트가 지속되면 추가 가중치를 부여한다.
8) 일정한 시간 간격 즉, Timeslot을 설정하고 각 센서들의 이벤트 데이터들에 대하여 부여한 가중치를 포함하여 상황추론을 실행한다.
9) 상황정보를 완성하고 이를 사용자에게 보고한 후 임무를 종료한다.

이러한 절차를 수식으로 나타내면 식 (1)과 같다.

1) 임의의 K개의 센서에서 이벤트 발생 여부를 아래의 계단 함수로 판정한다.

$$\chi(S_i(t_0)) = \begin{cases} 1 \ (\text{for } S_i(t_0) > \delta_i) \\ 0 \ (\text{for } S_i(t_0) < \delta_i) \end{cases} \qquad (1)$$

(단, $1 \le i \le k$, $t_0 \in TS$)

2) 이벤트가 임의의 센서 S_p에서 발생했을 경우 호스트에 보고한다.

$$EV = \{S_p(t_0) \ ; \ t_0 \in TS\} \qquad (2)$$

3) 이벤트가 발생한 센서S_p 값에 가중치(w_0) 부여하고 안개 여부를 $FogEvent$ 함수로 판정한다.

$$FogEvent_0 = S_1(t_0) + ... + w_{i_0} \times S_p(t_0) + ... + S_k(t_0) \quad (3)$$

4) 이후 이벤트가 발생한 임의의 센서 S_p에서 이벤트 지속 여부를 식 (4)와 같이 계단 함수로 판정한다.

$$\eta(S_p(t_j)) = \begin{cases} 1 & (\text{for } S_p(t_j) \geq S_p(t_{j-1})) \\ 0 & (\text{for } S_p(t_j) < S_p(t_{j-1})) \end{cases}$$

$$(\text{단}, 1 \leq i \leq k, 1 \leq j \leq n, t_j \in TS) \quad (4)$$

5-1) $\eta(S_p(t_j)) = 0$ 일 경우 $FogEvent = 0$ 으로 초기화하고 다시 이벤트 발생 여부를 측정 및 판정한다.

5-2) $\eta(S_p(t_j)) = 1$ 일 경우 이벤트 값을 호스트에 추가 보고한다.

$$EV = \{S_p(t) \ ; \ t \in TS_k\} \quad (5)$$

6) 이벤트가 지속될 경우 이벤트 값에 가중치(w_j)를 추가적으로 부여하고 $FogEvent$ 함수로 안개의 발생 여부를 판정한다.

$$FogEvent_n = S_1(t_n) + ... + \sum_{j=0}^{n} w_j \times S_p(t_j) + ... + S_k(t_n) \quad (6)$$

로 정리할 수 있다.

그림 2.은 제안한 알고리즘을 도식화한 것이다.

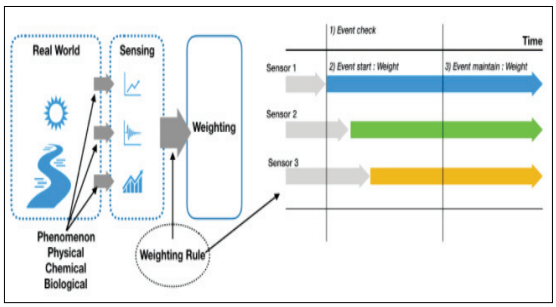


그림 2. 데이터 스트림 환경에서의 가중치 부여 방안
Fig. 2 Weighting method in data stream enviornment

III. 실험 및 평가

실험의 목표는 안개 발생 감지 시스템에 적용하여, 제안 알고리즘의 타당성과 효익을 입증하는 것이다.

1) 실험 목표

가. 해안에서 빈발하는 안개 감지.

나. 상황인식 위한 센서 선정.

다. 가중치 부여 알고리즘 적용.

라. 안개 발생 인식/비와 안개 효과적 식별.

2) 실험내역

가. 센서선정 : 습도센서, 진동센서, 음향센서

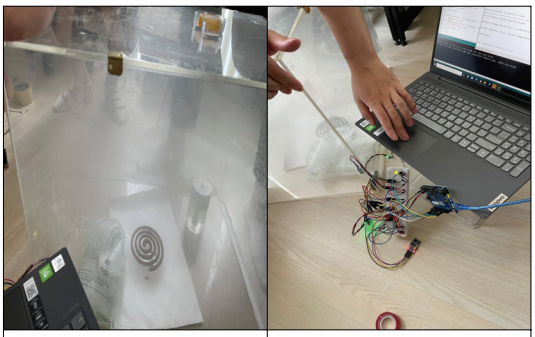
나. 제안한 알고리즘 적용을 위하여 습도센서 기반의 안개 감지 모듈을 도입하고 '안개'와 '비'를 구분하지 못하는 문제를 센서별 가중치 부여를 통하여 해결한다.

다. 개발 플랫폼: 라즈베리파이 / 언어 : Phython.

라. 가중치 부여 알고리즘 적용 S/W개발.

마. 습기 가중 추가한 공간에 습도센서 작동, 감지 결과 보고 시작, 진동센서 작동 감지 시작, 음향센서 작동 감지 시작.

바. 호스트에서 접수 및 분석 실행 : 결과 알림.



Precipitation and fog environment simulation	Experiment run

그림 3. 강우 및 안개 환경 모사 / 실험 실행
Fig. 3 Precipitation and fog environment simulation / experiment scene

사. 실제 강우 및 안개가 발생하는 환경 조성

- 습도가 청정지역에서는 97% 이상, 오염된 지역에서는 80% 이상에서 안개가 발생하므로 가습기 활용, 습도를 80% 이상 유지하였다.

- 안개 발생하였을 경우 시정이 흐리므로 연기를 발생시켜 유사 환경을 조성하였다.
- 강우 시 빗방울이 떨어지므로 물을 떨어뜨려 빗방울 발생하는 유사한 환경을 조성하였다.

3) 실험결과

가. 공간 내에 습도 가득한 경우와 강우 식별.

나. 센서별 이벤트에 대한 연동 여부 식별.

다. 가중치 알고리즘 적용 : 강우, 안개 구별.

4) 실험 데이터와 판정을 표 1.에 정리하였다.

표 1. 센서 데이터와 판정

Table 1. Sensor data and result

	humidity	vibration, acoustic	weight	assess
1	63.2			-> Fog X
2	65.6			-> Fog X
3	68.3			-> Fog X
4	70.9			-> Fog X
5	98.0	V:OFF	humidity+1	-> Fog
6	98.1	V:OFF	humidity+1	-> Fog
7	98.1	V:OFF		-> Fog
8	98.1	V:OFF		-> Fog
9	98.1	V:OFF		-> Fog
10	98.0	V:OFF	humidity+1	-> Fog
11	97.9	V:OFF		-> Fog
12	97.9	V:OFF		-> Fog
13	97.8	V:OFF		-> Fog
14	97.6	V:OFF	humidity+1	-> Fog
15	96.8	V:OFF		-> Fog
16	96.8	V:OFF		-> Fog
17	96.7	V:OFF	humidity+1	-> Fog
18	96.7	V:ON A:OFF		-> rain Pos.
19	96.5	V:ON A:OFF		-> rain Pos.
20	98.4	V:ON A:ON		-> rain Conf.
21	76.0			-> Fog X
22	79.8			-> Fog X
23	83.0			-> Fog X
24	93.6	V:OFF		-> Fog
25	94.0	V:OFF		-> Fog
26	94.3	V:OFF		-> Fog
27	94.6	V:OFF		-> Fog
28	96.3	V:OFF		-> Fog
29	96.3	V:OFF		-> Fog

5) 평가

① 측정 1～4회차에서 습도센서, 진동센서, 음향센서 어느 것에서도 이벤트가 보고되지 않았다. '안개 발생하지 않음'.

② 측정 5～16회차에서 습도센서가 이벤트 발생을 보고. 이때 습도센서에 가중치를 부여, 6회차부터 이벤트의 지속여부를 체크, 습도센서에 가중치를 추가 부여. 진동 센서에서 보고가 없으므로 결과는 '안개'.

③ 측정 17～19회차에서 습도센서가 이벤트 발생을 보고하였으므로 가중치를 부여하였으며, 진동센서가 이벤트를 보고하여 '우천 가능' 판정.

④ 20회차 실험에서 습도, 진동센서가 이벤트 보고되면서 음향센서도 이벤트를 보고. 인식 결과는 '우천 확실'.

6) 기존 연구와 성능(기능) 비교

표 2. 알고리즘 유형별 기능 비교

Table 2. Comparison of algorithms' functions

	Algorithm	Event Assess	Immediacy	durability
1	This article	O	O	O
2	sliding window	△	X	O
3	Count Object	△	X	X

가변 윈도우 알고리즘은 특정 센서에서 이벤트가 발생하였더라도 다른 센서 데이터와의 종합적인 판단이 제한되었다. Count Object 알고리즘은 특정 센서의 이벤트 발생 여부는 확인이 가능하였으나 지속적으로 이벤트가 발생하는지 여부는 불분명하였고 다른 센서 데이터와의 연계여부는 확인할 수 없다.

Ⅳ. 결론

본 연구에서 제안한 알고리즘은 각 센서별 이벤트들의 상호연계 확인이 되고 이는 상황인식과 직결되는 것이라고 할 수 있다. 사물인터넷 기반 시스템에서 상황에 대한 센서의 감지 결과 중 이벤트로 판별되어 보고된 센서 중에서 이벤트를 가장 빨리 보고한 센서에 대하여 가중치를 1차 부여하고, 이 이벤트의 지속 여부를 확인하여 2차 가중치를 부여하였다. 제안한 방안은 시간에 따라 상황을 주도하는 센서 이벤트에 대하여 가중치를 부여하여 '안개'인식 주도 센서데이터로 습도센서 데이터를 주목하고 습도 센서로부터의 이벤트가 지속되는지를 감지하여 '안개'와 '우천'을 식별하

는 결과를 얻었다. 이를 통하여 제안한 가중치 부여가 활용 타당성이 있음을 보였다. 향후 과제로는 정적 환경과 동적 환경을 통합하여 상황에 대한 인식 범위를 확장해 나가는 것이다.

감사의 글

이 논문은 2022년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구지원에 의하여 연구되었음

References

[1] Y. An, D. Kim, J. Lee, and B. Lee, “Indoor Enviornment Control System Utilizing The Internet of Things,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, Aug. 2017, pp. 645-650.

[2] K. Park and D. Suh, "IoT Based Office Environment Improvement Plan-Focusing on Office Relocation Applying Block Stacking Princeple,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 1, 2020, pp. 61-70.

[3] J. Noh and H. Tack. "The Implementation of the Fine Dust Measuring System based on Internet of Things(IoT),” *J. of the Korea Institute of Information & Communication Engineering*, vol. 21, no 4, Apr. 2017, pp. 829-835.

[4] S. Park, H. Park, S. Park, M. Jeon, and B. Lee, "Child-to-school Vehicle Safety Accident Prevention System Utilizing Videoand PIR Sensor,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 6, Dec. 2019, pp. 1019-1024.

[5] H. Kim, Gi. Lee, and S. Kang, "Implementation of a Sensor Network in a Welding Workplace Based on IoT for Smart Shipyards,” *J. of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 25, no. 3, Mar. 2021, pp. 433-439.

[6] G. Lee, D. Kang, G. Yoon, I. Jung, Y. Jung, and S. Kim, "Water-Phago: an IoT-Based Water Quality Monitoring and Management System,” *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Seoul, Korea, Nov. 2018, pp. 329-330.

[7] D. Ahn, S. Shin, and H. Lee, "Improvement of Pedestrian Recognition Rate of Sensor fusion Using the Dempster-Shafer Theory,” *The Korean Society Of Automotive Engineers Annual Conference Proceedings*, Kyeongju, Korea, May 2015, pp. 623-627.

[8] J. Kim and Y. Choi, "Image Fusion at Sensor Level Using Dempster-Shafer Theory,” *The Institute of Electronics and Information Engineers Workshop*, vol. 8, Jan. 1996, pp. 194-197.

[9] E. Lee, K. Han, and M. Yi, "Improving Top-K Contents Recommendation Performance by Reweighting User Rating Data,” *J of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Jeju, Korea, June 2015, pp. 188-190.

[10] J. Kim, S. Park, G. Jung, and K. Kim, "Detection of R-peak in ECG Signal Using a Variable-lengthed Window,” *The Korean Institute of Electrical Engineers*, Yongpyong, Korea, July 2014, pp. 1488-1489.

저자 소개

유정봉(Jeong-Bong You)

1988년 단국대학교 전자공학과 졸업.(공학사)
1990년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업.(공학석사)
1998년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업.(공학박사)
※ 관심분야 : 공장자동화 알고리즘, PLC제어, BLDC 모터제어

서동혁(Dong-Hyok Suh)

1989년 단국대학교 전자공학과 졸업.(공학사)
2005년 호서대학교 컴퓨터공학과 졸업.(공학석사)
2012년 충북대학교 전자계산과 졸업.(공학박사)
※ 관심분야 : 데이터스트림분석, 상황인식