Journal of Korea Multimedia Society Vol. 15, No. 1, January 2012(pp. 87-92)

ECA 기반 센서 네트워크 실시간 모니터링 서비스

김 정 이[†]

요 약

무선 센서 네트워크는 실시간으로 객체에 대한 정보를 수집하기 위한 기술로 짧은 시간에 많은 양의 데이터가 지속적으로 발생되는 특성을 갖고 있다. 센서로부터 획득되는 많은 양의 데이터 스트림을 효과적으로 처리하기 위해서는 데이터 간의 관계를 정의하여 분석, 사용자가 주목할 만한 상황, 즉 센서 데이터들 중 이상 데이터가 포함되어 있는 것을 발견하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 본 논문에서는 센서 데이터 스트림을 효과적으로 처리하기 위해 ECA 규칙을 사용하여 의미있는 데이터를 구성하고, 이를 통해 보다 실용적인 실시간 모니터링 시스템을 제안한다.

Real-Time Sensor Monitoring Service based on ECA

Jung-Yee Kim[†]

ABSTRACT

Wireless sensor network is a technology that collects the information about object in real-time. Sensor data has a characteristic that is generated an unprecedented volume data in short time. Analysis is essential to define the relationship between the data, including more of the data from a large volume data stream which is acquired from the sensor. In order to effectively handle the sensor data stream, in this paper, using ECA rules to organize data in a meaningful and more practical real-time monitoring systems is proposed.

Key words: Wireless Sensor Network(무선센서네트워트), Data Stream(데이터 스트림), ECA-Rule (ECA 규칙)

1. 서 론

무선 센서 네트워크 기술은 최근 새로운 패러다임으로 주목 받고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 분야로서, 그 활용도가 다양해서 이와 관련된 많은 연구 개발이 이루어지고 있다. 최근에 새로 보급되는 스마트 센서들은 저렴하고 작은 크기에도 불구하고 새로운 정보를 취득하기 위한 센싱 부분, 취득한 정보를 저장하고 분석하기위한 컴퓨팅 부분, 분석된 정보를 제공하기 위한 무선통신 부분 그리고 전원 부분으로 구성되어 각 센서 노드들이 다양한 종류의 정보를 실시간으로 수집할 수 있게 되었다[1]. 유비쿼터스 환경의 센서들은 사람, 사물, 환경을 네트워크로 연결하여 인간의 삶을 도와준다[2]. RFID, WSN, Web Cam, Digital Camera, CCTV, 텔레매틱스 단말기 등의 센서에서 발생하는 다양한 데이터들로부터 유용한 상황들을 추출하고 분석하는 것은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 매우 근본적인 요구사항으로, 상황정보의 추출은 사용자 기반 서비스를 제공하기 위해 매우 신중하게 분석되어야 한다[3]. 예를 들어, 겨울

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김정이, 주소 : 부산광역시 남구 신선로 179번지 동명대학교 항만물류학부(608-711), 전화 : 051)629-1464, FAX : 051_629-1419 E-mail : kjy6858@tu.ac.kr

접수일 : 2011년 10월 19일, 수정일 : 2011년 12월 15일
완료일 : 2012년 1월 27일

[†] 정회원, 동명대학교 항만물류학부

인데도 불구하고 20도 이상의 온도 정보가 임의의 센서로부터 획득되었다고 가정하면, 획득된 위치가 실내인지 실외인지에 따라 다르게 처리되어야 한다. 또한, 산발적으로 여러 지역에 분포된 수많은 센서로부터 지속적으로 수집된 데이터를 처리하기 위해서는 데이터 스트림에 대한 처리 기술이 필요하다. 유비쿼터스 응용서비스의 활성화를 위해서는 이러한 센서 데이터 스트림에 대한 처리 방법과 이를 이용한 유용한 상황 정보 추출에 대한 연구가 우선되어야 할 것이다[4].

2. 관련 연구

2.1 데이터 스트림 처리 기술

증권 정보 관리 시스템, 네트워크 상태 감시, 센서 네트워킹, 물류 관리 시스템 등의 애플리케이션들은 많은 양의 데이터가 끊임없이 생산되는 특성을 갖고 있다[2]. 이처럼 끊임없이 발생되는 데이터를 데이터 스트림이라고 부르며, 이러한 데이터들을 처리하기 위한 여러 가지 기술들이 연구되고 있다. 데이터의 관리를 위한 일반적인 데이터베이스 관리 시스템(Database Management System : DBMS)에서는 데이터 스트림을 처리하여 저장을 하고 질의를 처리하는 데 부적합하다. 그래서 스트림을 처리하기 위한 시스템인 데이터 스트림 관리 시스템(Data Stream Management System : DSMS)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 많은 양의 데이터 스트림을 지속적으로 처리하는 DSMS에 대한 연구로는 STREAM, TelegraphCQ, NiagaraCQ, SensorEdge, Aurora 등이 대표적이다. STREAM은 스탠포드 대학에서 진행한 프로젝트로 연속질의를 처리하기 위해서 표준 SQL을 확장하여 연속 질의어를 정의해서 사용할 수 있다[5]. TelegraphCQ는 미국 버클리 대학에서 연속 질의를 사용하여 유동적이고 대용량의 데이터 스트림으로부터 원하는 정보를 얻을 수 있도록 하기 위한 프로젝트이다. 자바 기반으로 개발된 Telegraph를 데이터 스트림에 대한 연속 질의를 지원하기 위해서 PostgreSQL을 기반으로 제공하였다[6]. NiagaraCQ는 미국 위스콘신 대학에서 인터넷 환경에서의 연속 질의를 처리하기 위한 프로젝트이다[7]. SensorEdge는 오라클사에서 개발한 데이터스트림 관리 시스템이다. 다수의 단말 사용자에서 센서 스트림을 제공하기 위해 웹 기반과 스트림 기반의 인터페이스를 제공하고 있다[8]. Aurora는 미국의 세 개 대학이 공동 연구 중인 프로젝트로서 데이터 스트림을 처리하기 위해 입력되는 스트림에 대한 한정된 영역에 대해 동작할 수 있는 윈도 기반의 연산자를 제공하고 있다[9].

하지만, 소개된 연구들은 표 1에 제시된 바와 같이 센서 네트워크를 위한 서비스를 지원하지 않는 문제점을 갖고 있다[10].

표 3. DSMS 성능 비교

DSMS	Sensor Network	실시간 처리
STREAM	X	O
TelegraphCQ	O	O
NiagaraCQ	X	O
Aurora	X	O
Sensor Edge	O	O

2.2 ECA

ECA 규칙은 전통적인 데이터베이스 시스템에 능동적인 기능을 제공하는 능동데이터베이스를 지원하기 위해 고안되었다. ECA 규칙은 이벤트(Event)가 발생하면 조건(Condition)이 이를 분류하고 동작(Action)을 실행하는 순으로 이루어진 동적인 규칙이다. 시스템은 각 규칙과 관련된 이벤트가 발생되고 조건부에서 지정한 조건이 만족된다면 규칙의 동작 부분을 실행한다[11]. 사용자가 이벤트와 조건에 해당하는 동작을 정의할 수 있으며, 이벤트가 발생하는 것은 규칙의 원인이 되고 조건은 규칙을 발생시킬 때 필터의 역할을 하는 것이다. 그림 1은 ECA 규칙의 기본적인 구조를 보이고 있다.

규칙의 실행은 사건-표현식(Event)과 같은 사건의 발생을 탐지하면서 시작된다. 이러한 사건은 일반

```
RULE <Rule Name>
WHEN <Event>
IF <Condition 1> THEN <Action 1>
IF <Condition 2> THEN <Action 2>
...
IF <Condition n> THEN <Action n>
END RULE <Rule Name>
```

그림 1. ECA 규칙의 구조

적으로 데이터베이스 연산(삽입, 삭제, 갱신) 사건, 시간 사건 등이 있다. 규칙이 있는 사건이 탐지되면 조건이 평가된다. 이 조건은 해당되는 사건이 발생하였을 때 규칙의 행위를 실행해야 하는 상황인지의 여부와 다른 행위의 선택 여부를 좀 더 상세하게 제어할 수 있게 한다. 따라서 조건에 따라 다양한 조치를 규칙으로 표현할 수 있다.

ECA 규칙은 이벤트 내용에 따른 단순 분류에서 이벤트 내용에 대한 세부 분류 및 필터링 뿐만 아니라 여러 이벤트 간의 시간상, 공간상, 의미상의 관계를 분석하는 방향으로 발전하고 있다[12].

3. 센서네트워크 모니터링

이번 장에서는 무선 센서 네트워크의 구성과 ECA 규칙을 적용한 모니터링 서비스를 통해 실시간으로 변화하는 정보를 사용자에게 가시화하는 시스템 구성에 대해 설명한다.

3.1 시스템 구성

본 논문에서의 모니터링 시스템은 그림 2와 같이 주변의 관심 데이터를 수집하기 위한 센서 노드, 센서 노드와 로컬 서버 사이의 중계를 위한 싱크 노드, 수집된 데이터를 센서 데이터베이스가 있는 모니터링 서버로 저장하는 로컬 서버, ECA 규칙을 처리하고 모니터링서버와 모니터링 정보를 가시화하는 어플리케이션 서버 시스템으로 구성되어 있다.

그림 3은 실시간 모니터링 서비스를 위한 각 시스템별 주요 기능을 표현하였다. 센서노드는 센서 네트워크 지역에서 데이터를 획득하여 무선으로 멀티홉 통신을 통하여 싱크노드로 데이터를 전송한다. 싱크노드는 RS-232 인터페이스로 전송받은 데이터를 로컬 서버로 전송한다. 데이터베이스가 포함되어 있는 모니터링 서버에는 로컬 서버와 JDBC(Java DataBase Connectivity)로 싱크 노드가 연결되어 싱크 노드에 수집된 데이터를 실시간으로 센서 데이터베이스에 저장한다. 모니터링 서버에서는 판단과 필터링 기능을 지원하여 관리자의 센싱 정보에 대해 기본적인 임계값 설정과 함께 ECA 규칙을 통한 추론을 거친 사용자 관심 사항(침입, 화재 등)을 전송하는 알림 메시지를 발생시킬 수 있도록 실시간 모니터링 플랫폼을 구축하였다. 모니터링 서비스는 화재위험, 화재발생, 외부인 침입 등과 같은 이상 이벤트에 대하여 알림 서비스를 제공한다.

3.2 시스템의 세부 기능

3.2.1 센서노드

그림 4는 센서 노드프로그램의 컴포넌트 다이어그램이다.

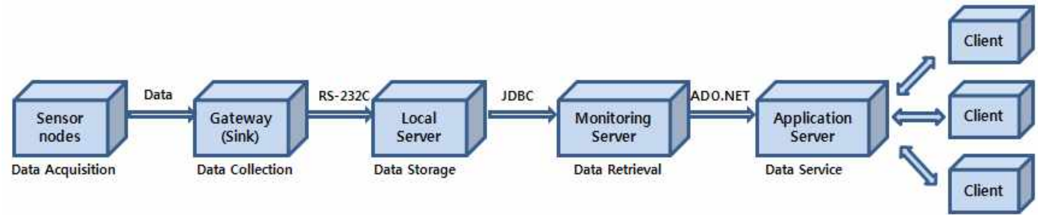

그림 2. 실시간 모니터링 서비스 구조

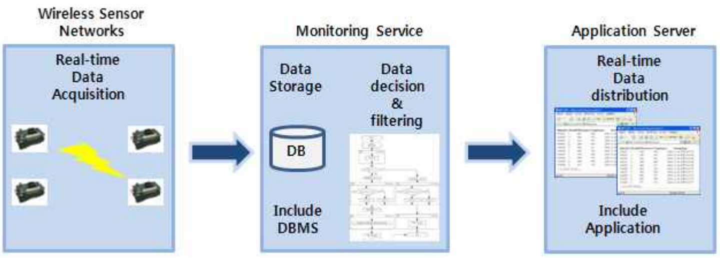

그림 3. 실시간 모니터링 서비스를 위한 시스템 기능

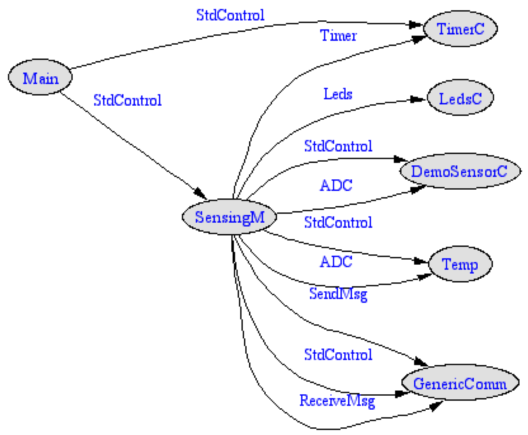

그림 4. 센서노드 컴포넌트

센서 노드는 주변의 온도와 조도가 멀티 센싱이 가능하도록 하여 RF-Packet을 통하여 싱크 노드로 전송하였다. Sensing 프로그램에서는 RF 무선 통신을 위한 GenericComm 컴포넌트를 사용하였고, 조도 센서는 DemoSensorC 컴포넌트를, 온도 센서는 Temp 컴포넌트를 사용하였다.

3.2.2 수신노드

수신 노드는 무선 통신으로부터 받은 데이터를 시리얼 케이블이 연결된 로컬 서버로 전송하는 TOSBase 프로그램이다. TOSBase 프로그램은 RadioCRCPacket 컴포넌트와 UART 컴포넌트를 통해 무선 통신 및 시리얼 통신이 그림 5와 같이 제어한다.

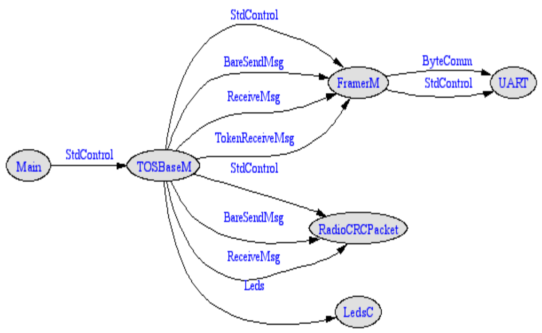

그림 5. 수신노드 컴포넌트

3.2.3 데이터베이스 구성

모니터링을 위한 데이터베이스 구조는 그림 6과 같다. 데이터 관리는 노드 정보와 센서 정보 및 센싱

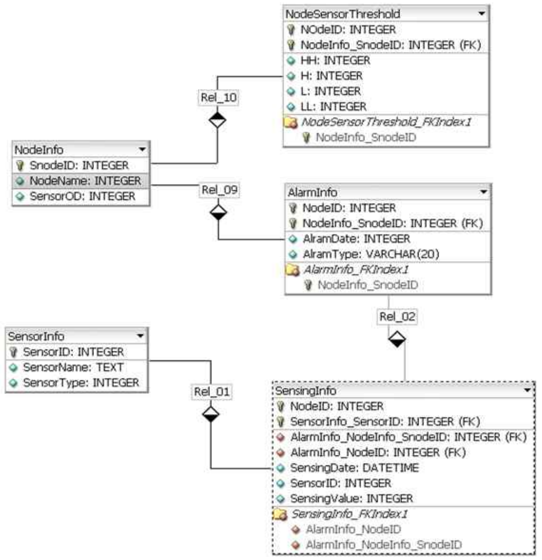

그림 6. 데이터베이스 개체-관계 다이어그램

정보와 노드별 센서임계값 정보와 노드별 알람정보를 저장할 수 있도록 하였다. 예를 들어 관리자가 온도의 임계값을 35℃로 설정하면 수집된 정보가 임계값보다 높을 경우 관리 화면에 알람 메시지를 보내게 된다.

센서 데이터 스트림은 데이터베이스에 저장되면서 ECA 규칙의 실행대상이 된다. 즉, 데이터베이스의 SensingInfo 테이블에 삽입 연산이 실행되면 ECA 규칙이 실행된다. 구현 시스템의 센서는 온도와 조도 데이터만이 측정되는 환경으로, ECA 규칙으로 모니터링하는 상황은 ‘화재’상황과 ‘감시 요구 상황’을 사용하였다.

‘화재’ 상황의 경우, 많은 연구에서 온도 정보를 이용하여 화재 상황을 판단하기 위해, 센서노드로부터 수집한 데이터를 이용하여 임계값(threshold)을 초과한 온도가 수집되었을 때, 이를 화재 발생 상황으로 판단하는 간단한 규칙을 사용하였다. 따라서 임계값이 높게 설정된 경우는 화재 발생 시점으로부터 다소 시간이 경과한 후 임계값에 도달하기 때문에 화재 판단시간이 지연된다. 반면에 임계값이 낮게 설정된 경우 화재가 발생하지 않은 상태를 화재 상황으로 오판하는 문제점이 존재할 수도 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해, 일정 주기마다 화재 판단을 수행하는 ECA 규칙을 적용했다. 이 구현 시스템에서는 수집된 온도가 임계치로는 45℃ 이상인 상

황과 시간 정보를 활용하여 짧은 주기(1분) 동안 온도가 5℃ 이상 상승할 때를 화재 발생 상황으로 판단하도록 하였다.

‘감시 요구’ 상황이란, 조도의 변화가 갑자기 변하는 경우에 대한 내용으로 센서가 배치된 지역에 조도가 급격하게 변하는 것을 화재 내지는 관리자 외의 사람이 존재하는 것으로 판단, 해당 지역을 감시하라는 의미로 활용하고자 하였다. 이 역시 임계값을 활용하는 경우는, 저녁과 낮 시간의 조도 차이를 고려한 임계값이 설정되어야 하므로, 침입상황에 맞는 적절한 방법이 아니기 때문이다. 따라서, 시간 정보를 활용한 이전 조도와 비교하여 급격한 조도 변화(100 이상)가 발생하였을 때 이를 ‘감시 요구’ 상황으로 처리하도록 하였다.

그림 7은 시간 정보를 활용한 ‘화재’ 상황에 대한 ECA 규칙이다. ECA 규칙의 처리는 데이터베이스의 트리거(Trigger)를 이용하여 구현하는 데, 대부분의 문헌과 분석 자료들에 의하면 많은 트리거의 사용은 DBMS 성능 저하의 요인으로 작용하는 이유로[2], 본 연구에서는 Visual Basic 을 이용하여 작성하였다.

```
RULE Fire Detection
WHEN Insert on SensingInfo
IF SensorID=1 and SensorData>Last1minSensorData +5
THEN Alarm
END RULE Fire Detection
```

그림 7. ECA 규칙

3.2.4 실시간 모니터링

그림 8은 화재 발생시 온도 변화에 대한 실험 결과값이다[13]. 본 논문에서는 이 실험 결과값을 임의로 센서 데이터로 발생시켜 실시간 모니터링 서비스를 위한 데이터로 활용하였다. 어플리케이션 서버에서는 그림 9와 같이 실시간 모니터링 서비스를 받을 수 있도록 하였고, 지정된 임계값이나 지정 상황이 발생하면, 해당 내용을 알람 메시지를 출력하여 관리자가 인지할 수 있도록 구현하였다. 현재 화면은 ‘화재 상황’, 즉 온도 변화가 1분 이내에 10℃이상 발생한 경우에 대한 메시지 처리가 발생하고 있는 상태이다. [13]의 실험 결과값은 실험 진행 후 100초 시점에 화재를 발생시킨 상황으로, 화재 상황에 대한 알람 메시지가 처리되는 시간은 ECA 규칙을 적용하지 않은 경우는 560초 시점이었지만, ECA 규칙을 통한

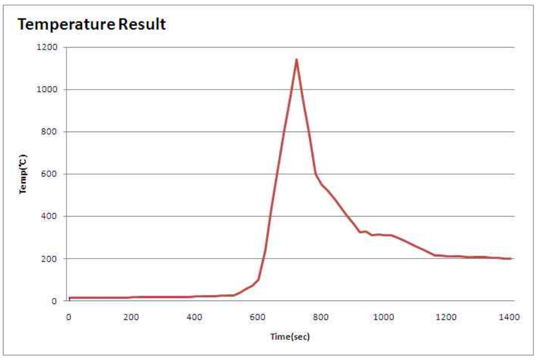

그림 8. 실험데이터 – 시간에 따른 온도변화

그림 9. 실시간 모니터링 화면

시간단위별 온도 변화를 통한 화재 감시 상황을 모니터링 했을 경우에는 알람 메시지가 520초 시점에 발생하여 빠르게 화재 상황을 인식하고 신속한 초기 대응이 가능할 수 있음을 알 수 있었다.

4. 결 론

센서 네트워크는 모든 사물에 컴퓨팅이나 통신 기능을 부여하여 사람 중심의 정보화가 사물 중심의 정보화로 변화시켜 현실 세계의 물리적 환경을 지능화하는데 그 목적이 있다.

본 논문에서는 제안한 짧은 시간에 지속적으로 발생하는 센서 데이터 스트림을 ECA 규칙을 적용하여 의미있는 상황을 추출하고, 사용자에게 정보를 실시간으로 제공하는 모니터링 서비스를 설계하였다. 이 시스템은 조도, 온도와 같은 모든 센싱 데이터를 데이터베이스에 저장하고 기존의 연구들이 주로 각 센싱 데이터에 대한 임계값을 설정하고 이상 징후에 대하여 알림 메시지 기능을 사용하는 것과는 차별화

하여 시간 정보를 활용한 상황 변화를 감지하여 실시간으로 상태 변화에 대한 즉각적인 대응을 할 수 있는 서비스를 구성하였다.

향후에는, 다양한 종류의 정보를 지원하는 센서와 지리 정보를 추출할 수 있는 센서를 통해 수집되는 정보를 활용, 시간 정보와 공간 정보를 이용한 ECA 규칙을 적용하여 이동 중인 객체에 대해서도 다양한 의미 관계 정의를 통해 보다 많은 분야에서 적용 가능한 모니터링시스템을 구현하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] Crossbow Technology INC, http://www.xbow.com.

[2] 정원일 외 8명, "u-GIS 컴퓨팅을 위한 GeoSensor 데이터 스트림 처리 시스템," 한국공간정보시스템학회지, 제11권, 제1호, pp. 9-16, 2009.

[3] 권오제, 김재훈, 이기준, "실시간 공간 상황 분석을 위한 공간 데이터 스트림 처리 시스템," 한국공간정보학회지, 제18권, 제1호, pp. 69-76, 2010.

[4] 유기현, 남광우, "공간 데이터 스트림을 위한 조인 전략 및 비용 모델," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제10권, 제4호, pp. 59-66, 2008.

[5] Arvind Arasu, Brian Babcock, Shivnath Babu, John Cieslewicz, Keith Ito, Rajeev Motwani, Utkarsh Srivastava, and Jennifer Widom, Stream: The Stanford Data Stream Management System, Springer, 2004.

[6] Sirish Chandrasekaran, Owen Cooper, Amol Deshpande, Michael J. Franklin, Joseph M. Hellerstein, Wei Hong, Sailesh Krishnamurthy, Samuel R. Madden, Fred Reiss, and Mehul A. Shah, "TelegraphCQ: Continuous Dataflow Processing," *Proceedings of the 2003 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp. 668-698, 2003.

[7] Jianjun Chen, David J. DeWitt, Feng Tian, and Yuan Wang, "A Scalable Continuous Query System for Internet Databases," *SIGMOD Rec.*, Vol.29, No.2, pp. 379-390, 2000.

[8] Oracle. "Oracle Sensor Edge Server," http://www.oracle.com/technology/products/sensoredgeserver/index.html.

[9] Nesime Tatbul and Stan Zdonik, "Window-aware Load Shedding for Aggregation Queries over Data Streams," *Proceedings of the 32nd International Conference on Very Large Data Bases*, pp. 799-810, 2006.

[10] 김재훈, "실시간 공간 상황분석을 위한 공간 데이터 스트림 처리 시스템," 부산대학교 석사학위논문, 2010.

[11] 김강석, 송왕철, "USN/RFID를 이용한 ECA기반 전시물 정보 모니터링 시스템," 한국인터넷방송통신학회 논문지 제9권, 제6호, pp. 95-100, 2009.

[12] 김성식, "이벤트 기반 RFID/WSN을 이용한 환자 모니터링 시스템 설계에 관한 연구," 한국통신학회논문지, 제34권, 제4호, pp. 94-100, 2009.

[13] 김홍열, 유용호, 안찬솔, "Large scale 화재 실험과 시뮬레이션 분석에 의한 실물 구조의 화재 안전성 평가," 한국구조물진단유지관리공학회, 제11권, 제6호, pp. 30-37, 2007.

김 정 이

1990년 경성대학교 전산통계(이학사)
1994년 경성대학교대학원 전산통계학과(이학석사)
2005년 부산대학교 지형정보협동과정 박사과정 수료

2001년~2006년2월 동명대학 컴퓨터정보처리과 교수
2006년~현재 동명대학교 항만물류학부 전임강사
관심분야 : 지형정보시스템, VANET, WSN