

# 룰 기반 복합 이벤트 처리를 통한 u-City 상황 모니터링 시스템

이문수\*, 김주완\*

\*한국전자통신연구원 텔레매틱스연구부

e-mail:mslee@etri.re.kr, juwan@etri.re.kr

## u-City Context Monitoring System Using the Rule Based Complex Event Processing

Moon-Soo Lee\*, Ju-Wan Kim\*

\*Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI),  
Telematics Research Group

### 요 약

최근 u-City나 Eco-City와 같이 IT 기술들이 도시 공간에 융합됨으로써 점차 지능형 도시로 발전되고 있고, 도시에 거주하는 사람들은 자신의 주변 상황에 맞게 자연스럽게 필요한 서비스를 제공 받게 될 것이다. 이와 같이 향후 유비쿼터스 도시 운영을 위해서는 다양한 GeoSensor를 도시 전체에 구축하고 계속해서 모니터링 해야만 한다. 본 논문에서 제안한 룰 기반의 이벤트 처리 기술은 넓은 지역에 걸쳐 구축되어 있는 GeoSensor 네트워크로부터 센서 데이터를 수집하여 도시내에 발생하는 다양한 상황들을 효과적으로 모니터링 할 수 있다.

### 1. 서론

최근 인터넷과 같이 네트워크를 통해 수많은 컴퓨터들이 연결되어 있고 계속 진화해 가면서 아주 자연스럽게 상황에 맞는 적절한 정보나 서비스를 제공함으로써 사람은 이들 존재를 의식하지 않고 이용할 수 있게 되고 있다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 점차 인간 생활에 스며들기 시작하면서 사람은 언제 어디서나 자유롭게 네트워크에 연결하여 상황에 맞는 맞춤형 서비스를 받을 수 있다.

u-City나 Eco-City는 초고속 인터넷 통신 인프라를 기반으로 하는 다양한 IT서비스가 도시 공간에 결합된 지능화된 유비쿼터스 도시를 말한다. 이러한 도시가 실현되기 위해서는 도시내의 각 시설물들을 효율적으로 운영 관리 할 수 있게 해 주고, 주민에게는 도시 생활에 필요한 각종 제반 서비스를 편리하게 제공될 수 있어야 한다. 따라서 도시에서 발생하는 다양한 종류의 상태정보 즉, 센서 정보를 수집/관리 및 모니터링하여 주변 상태를 인식하고 그 상황에 맞는 서비스를 제공하기 위한 통합 플랫폼이 필요하다[1].

도시 통합 운영 플랫폼은 도시 시설물, 교통, 환경 등을 관리하기 위해서 RFID, 고정용 및 이동형 센서들로부터 정보를 수집하게 된다. 특히 GeoSensor는 일반 센서와 같이 주위 상태를 검출할 뿐만 아니라 자신의 위치 정보도 식별할 수 있다. 따라서 GeoSensor가 시간적으로 변화되는 정보와 공간에 대한 정보를 모두 수집 제공하게 됨으로써 점차 센서와 공간 데이터를 융합하여 다양한 u-서비스를 쉽게 개발할 수 있는 기술들이 요구되어진다.

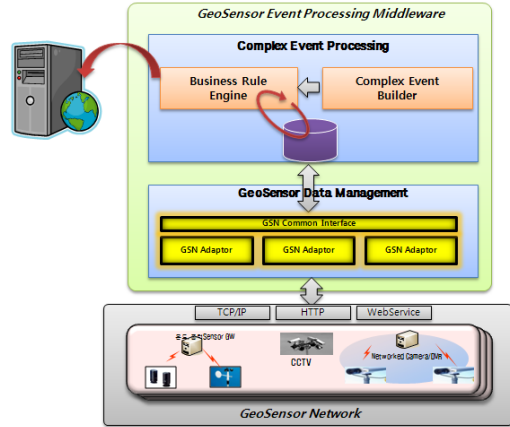
u-City와 같이 도시규모의 광범위한 공간에 설치 운용되는 무선 센서 네트워크(WSN) 분야의 주요 문제점은 주로 대용량 및 이기종의 센서 데이터들을 얼마나 효율적으로 전송하고 처리하는가에 있다. 일반적인 센서 네트워크에서는 센서 노드, 게이트웨이, 미들웨어 등 계층적인 시스템 아키텍처를 통해 상위 계층으로 가면서 수집된 이기종의 센서 데이터를 추상화하여 이벤트 형태로 대용량 데이터를 처리하게 된다. 따라서 Publish/Subscribe 아키텍처와 같이 다양한 센서 이벤트를 효율적으로 처리할 수 있어야 한다.

센서 네트워크 이벤트는 크게 센서의 특정 상태에 대한 알려주기 위한 단순 이벤트(Atomic Event)와 한 개 이상의 센서 상태 및 시퀀스를 가지는 복

본 연구는 국토해양부첨단도시기술개발사업-지능형국토정보 기술혁신사업과제의 연구비지원(07국토정보C05)에 의해 수행되었습니다.

합 이벤트(Complex Event)가 있다. 따라서 이벤트 타입에 따라서 어떻게 시스템을 구성할 것인가가 정해지는데 단순 이벤트는 기존 트리거와 같이 데이터베이스 자체에서 처리하는 것이 효율적이다. 복합 이벤트는 단일 이벤트들에 대한 시공간적 정보의 제한 조건을 통해 상황을 인식하는 것이므로 이를 처리하기 위해서는 데이터베이스나 미들웨어에 있어 각각의 장단점이 있다.

일반적인 복합 이벤트 처리는 각 이벤트와 그들간의 시공간 연관 관계를 정의하고 이를 실시간으로 수집된 센서 정보를 적용하여 평가하고, 평가된 상황 결과는 사용자에게 알리거나 그 주변 상황에 맞는 서비스를 제공하는 것이다. 따라서 복합 이벤트를 정의하기 위해서는 보다 유연하고 확장성 있게 하기 위해서는 명시적인 언어로 표현된 룰이 필요하다. 능동형 데이터베이스(Active Database) 분야에서는 널리 사용하고 있는 SQL 문법의 트리거와 유사하게 ECA(Event-Condition-Action) 룰을 정의하고 실행하게 된다[3]. ECA 룰은 데이터베이스내의 테이블 변경 사항을 체크하는 트리거 이벤트, 이들에 대한 제한 조건을 정의하는 상황, 조건을 만족할 경우 취해야 할 실행 정의로 구성된다. 이처럼 데이터베이스를 이용하여 처리하는 기법은 센서 데이터를 자체 관리하면서 이벤트를 처리하는데 효과적이긴 하지만 정의된 룰에 대한 각 이벤트간의 시간적인 조건을 가지고 있지 않아 이벤트의 시퀀스를 가지는 시공간적 제약을 고려한 복합 이벤트 처리에는 한계점을 가지고 있다. 미들웨어 분야에서는 주로 상황인식을 처리하기 위해 복합 이벤트를 사용한다. 여기에서는 사용자가 다양한 이벤트를 쉽게 다룰 수 있도록 하는데 중점을 두고 있다. 따라서 복합 이벤트를 정의를 쉽게 하기 위해 이벤트 모델을 Petri-Net을 이용하거나 보다 자동화된 형태로 룰을 생성할 수 있도록 온톨로지를 하기도 한다.[2,5]. 또한 BPM(Business Process Management)과 같이 다른 비즈니스 어플리케이션과 통합이 용이하도록 SOA 기반으로 센서 스트림 데이터 처리를 이용한 복합 이벤트 처리 기법을 제안하기도 했다[4]. 본 논문에서는 도시에 발생하는 상황을 감시하기 위해 복합 이벤트 룰을 정의하고, 룰 엔진을 통해 복합 이벤트의 실시간 처리 기법에 관한 연구이며, 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 룰 기반의 이벤트 처리 시스템의 전체 아키텍처 및 주요 모듈에 대해 설명한다. 그리고 3장에서는 제안한 기법에 대한



(그림 1) 시스템 아키텍처

결론과 향후 기술 개발에 관해 설명한다.

## 2. 룰 기반 이벤트 처리 시스템

유비쿼터스 도시 환경에서는 인간의 생활을 편리하고 안전하게 유지할 수 있도록 다양한 센서들이 도시 주변에 설치되고 모니터링하게 된다. 이들 센서 중에는 온도, 습도 등 단순 상태 정보에서부터 이미지, CCTV 등의 영상 스트림 정보를 제공하기도 한다. 따라서 이벤트 처리 시스템은 도시 규모의 넓은 지역에서 발생하는 실시간 상황을 관제하기 위해 다양한 이기종의 센서로부터의 이벤트를 효과적으로 처리해야 한다. 제안된 룰 기반의 이벤트 처리 시스템은 하부의 GeoSensor 네트워크에서 수집된 센서 데이터를 TCP/IP, HTTP, 웹서비스 등 외부 인터페이스로부터 수집하고, 룰 엔진을 이용하여 사전에 등록된 룰들에 수집된 데이터를 적용하여 평가하게 된다. 최종적으로 룰을 평가한 결과 값을 웹서버를 통해 클라이언트에게 이벤트 룰 처리 결과 값을 보내준다. 본 논문의 GeoSensor를 위한 룰 기반 이벤트 처리 미들웨어는 (그림 1)과 같이 GeoSensor 데이터 처리기, 복합 이벤트를 위한 저작 시스템과 런 타임 엔진으로 구성되어 있다.

### 2.1 GeoSensor 데이터 관리기

GeoSensor 데이터 관리기는 GeoSensor 네트워크 어댑터의 생명주기를 관리한다. 이 어댑터는 하부의 센서 네트워크에 있는 각 게이트웨이와 연계되어 게이트웨이에서 수집한 정보를 전송 받게 된다. 센서 게이트웨이는 네트워크내에 포함되어 있는 센

서 노드와 인터페이스에 따라 다양하게 존재할 수 있다. 또한 노드들은 데이터 수집 방식에 따라 푸쉬 형태로 이벤트가 발생 할 때마다 센서 데이터를 브로드캐스팅하는 경우도 있고, 외부에서 수집을 요청 할 때 데이터를 제공해 주는 요청/응답 방식이 있다. 따라서 어댑터는 하나의 에이전트 역할을 하면서 데이터 전송방식에 따라 각 게이트웨이에 접근하여 데이터를 수신하고 공통 인터페이스를 통해 센서 DB로 저장하게 된다.

조건 1	조건 2	조건 3	조건 4	조건 5	조건 6	조건 7
1	1	[온도] > 60	[습도] < 20			
2	2					
3						
4						
5						
6						
7						

그림 2 화재 발생 룰

**2.2 복합 이벤트 저작 시스템**

u-City의 상황 관제를 위해서는 단순하게 몇 개의 센서를 통해 도시 전체의 상황을 인식하기는 한계를 가지고 있다. 도시내의 상황 인식은 센서데이터 뿐만 아니라 시공간적 제한 조건이 주어 그에 따른 센서 정보를 판단해야 한다. 이를 위해서는 상황 정보를 시공간 정보를 고려한 복합 이벤트로 정의할 수 있어야 한다. 복합 이벤트 저작 시스템은 수집된 이기종의 센서 및 시공간 정보를 기반으로 관심 있는 단순 이벤트뿐만 아니라 각 이벤트를 조합한 복합 이벤트를 정의할 수 있도록 해 준다. 이벤트 정의 룰은 룰 생성 담당자가 현재 설치되어 있는 센서 네트워크내의 카탈로그 정보를 검색하여 If-Then 룰 형태로 정의한다. 카탈로그 정보에는 센서 네트워크내의 구성과 각 센서들의 위치 및 기능에 대한 정보를 포함하고 있다. 이러한 센서메타 정보를 이용하여 이벤트 룰을 생성한다. 예를 들면 화재 발생을 관련 단순 이벤트 정의는 (그림 2)와 같이 사용자 인터페이스를 통해 센서의 온도가 60도 이상이고, 습도가 20% 이하인 조건과 결과 값에 대해 룰

을 정의하게 된다. 이 이벤트의 결과 값은 상수로 리턴하거나 하위의 타 이벤트로 분기 할 수도 있고, 마지막 이벤트이면 해당 상황에 맞는 알림 서비스나 상황 인식(Context-aware)을 위한 웹서비스를 호출 할 수도 있다.

복합 이벤트 룰은 메인과 그 하위 룰로 구성된다. 복합 이벤트 룰을 수행하기 위해서 각 단위 이벤트에 필요한 입출력 센서 데이터는 메인 룰에 정의 되고, 그 하위의 모든 룰들은 전역 참조를 하게 된다. 따라서 센서DB는 하나의 룰을 평가하기 위해서는 룰 평가에 필요한센서 데이터를 미리 가지고 있어야 한다. 이벤트 저작 시스템은 복합 이벤트 룰로 구성된 상황 모델을 생성하고, 클라이언트에서 룰 처리 결과를 받을 수 있도록 URL을 생성한다. 생성된 상황 모델은 룰 엔진에 등록되고 실행되게 된다. 제안된 시스템의 실행된 결과는 구글 어스과 호환성을 위해 KML(Keyhole Markup Language)로 정의하였다. 따라서 클라이언트는 해당 URL을 통해 상황 결과 KML을 다운로드 받아 클라이언트 화면에 상황을

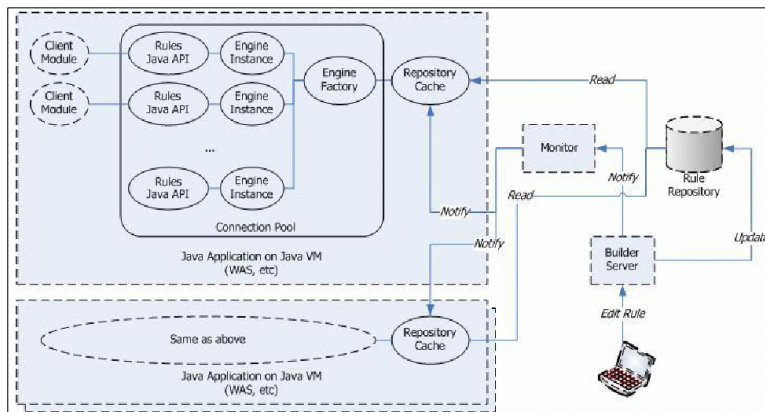


그림 3 룰 엔진 세부 구성도

보여준다.

### 2.3 룰 엔진

제안된 룰 엔진은 자바 환경 런타임 프레임워크이며, 클라이언트 애플리케이션과 동일한 자바 가상 머신 상에서 룰 객체를 실행한다. 룰 엔진은 (그림 3)과 같이 룰 저장소(Rule Repository), 저장소 캐쉬(Repository Cache), 엔진 인스턴스(Engine Instance), 엔진 팩토리(Engine Factory), 외부 인터페이스로 구성된다.

룰 저장소는 작성된 룰이 저장 관리하기 위해 룰 실행에 필요한 헤더 정보인 ID, 명칭, 반환 형식 등 각종 메타 정보를 저장하고 있다. 룰은 실행할 때마다 룰 저장소에 접근하여 조회하면 상당한 성능 저하를 가져오며 이를 방지하기 위하여 룰 저장소로부터 한 번 조회된 룰 데이터들은 메모리상에 보관하게 된다. 이것을 저장소 캐쉬(Repository Cache)라고 하며, 이 캐쉬는 룰 저장소와 달리 룰 실행에 필요한 기본 데이터는 가지고 있으나 관리에 필요한 데이터는 보관하지 않는다.

엔진 인스턴스(Engine Instance)는 룰을 실행하기 위해 필요한 메모리 자원들을 할당하여 생성된 객체를 말한다. 이는 엔진 팩토리에 의해 생성되어 한 번에 하나의 룰 트랜잭션을 처리한다. 엔진 팩토리과 저장소 캐쉬는 1:1로 연결되어 있고, 생성된 모든 엔진 인스턴스는 이 저장소 캐쉬의 데이터를 참조한다.

### 3. 결론

최근 u-City와 같이 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 도시에 융합되면서 보다 지능적으로 도시를 운영 관리할 수 있게 되었다. 이러한 도시를 건설하기 위해서는 도시 규모의 넓은 지역에 걸쳐 다양한 이기종 센서로 구성된 센서 네트워크를 구축하게 되므로 이를 효율적으로 통합 관리할 필요가 있다. 기존 무선 센서 네트워크는 주로 한정된 공간에 동일한 종류의 센서들을 가지고 네트워크를 구성하고 이벤트나 상황을 모니터링한다. 하지만 도시와 같이 큰 규모 공간에서는 센서들의 공간 정보가 중요하게 되며, GeoSensor는 이러한 필요에 의해 자신의 위치 정보를 알 수 있는 센서로 향후 넓은 지역이나 이동 물체를 대상으로 많이 활용될 것이다. 본 논문은 도시 규모에 설치되는 GeoSensor로부터 도시내에 발생하는 다양한 상황을 모니터링하기 위한 기법을 제안하였다. 이 기법은 이기종의 센서로부터 상태 데이터

를 수집하고, 이들을 사전에 정의된 이벤트 룰을 적용하여 최종 결과 값을 사용자에게 알려주게 된다. 그리고 사용자는 If-Then 형태의 이벤트 룰 저작을 통해 쉽게 룰을 생성하고 배포함으로써 다양한 도메인에서도 활용 가능하다.

### 참고문헌

- [1] 이재근, 권준철, "u-City IT 인프라구축 가이드라인 V1.0", 한국정보사회진흥원, 2008
- [2] Museux, N. Vanbockryck, J, "Event based heterogeneous sensors fusion for public place surveillance" Information Fusion, 2007 10th International Conference 2007, pp. 1-8
- [3] U. Dayal, B. Blaustein, "The HiPAC Project: Combining Active Databases and Timing Constraints", Special Issue on Real-Time Database Systems, 1988, pp. 51-70
- [4] Wei, Mingzhu, Ari, Ismail, "ReCEptor : Sensing Complex Events in Data Streams for Service-Oriented Architectures" Digital Printing and Imaging Laboratory, 2007, pp. 1-21
- [5] Binjia Jiao, Sang H. Son, "GEM: Generic Event Service Middleware for Wireless Sensor Networks", INSS05, June 2005