Enhanced Petri-Net을 이용한 실시간 센서 네트워크의 상황 정보 서비스 모델링

(Context-Awareness Service Modeling of Realtime Sensor Network using Enhanced Petri-Net)

이 재 봉* 이 홍 로**

(Jae Bong Lee) (Hong Ro Lee)

요 약 컴퓨터 환경에서 한 가지 사건으로 상황이 특징 지워지기도 하지만, 일반적 상황 인식은 공간과 시간을 포함하는 다양한 사건들에 의해서 결정되어 진다. 물리적 공간과 상호 작용하는 실시간 센서 네트워크 상황 인식 서비스는 시간적 특성을 포함한다. 상황 인식 서비스 관계 설정 방법으로 실시간 상황 인식을 시공간적으로 취급하는 것이 요구된다.

본 논문은 상황 인식 모델에 시공간적 특성이 포함 되도록 하는 방법을 제안하고, 이를 개선된 Petri-Net을 이용하여 효과를 확인한다. 실시간 센서 네트워크 상황 인식을 위해 기본 Petri-Net, 패턴화된 Petri-Net 및 시공간 Petri-Net 모델 특성을 연구한다. 이 방법을 이용하여 새만금 온도 변화 탐지에 적용 예를 보였다. 본 연구를 통해 시공간 Petri-Net을 사용한 응용 개발 뿐 만 아니라 시공간 상황 인식 모델링에 기여 할 것이다.

키워드 : 실시간 센서 네트워크, 상황 인식, 패트리넷, 시공간

Abstract Some context is characterized by a single event in computing environment, but many other contexts are determined by a lot of things which occur with a space and a time. The Realtime Sensor Network context-awareness service that interacts with the physical space can have property such as time. A methodology that is specified the relationship between the contexts and the service needs to be developed to Realtime context-awareness deal with spatio-temporal.

In this paper, we propose an approach which should include spatio-temporal property in the context model, and verify its effectiveness using enhanced Petri-Net. The context-awareness service modeling of Realtime Sensor Network is discussed the properties of model such as basic Petri-Net, patterned Petri-Net, or Spatio-temporal Petri-Net. The proposed methodology demonstrated using an example that is SAEMANGUEM warming watching system. The use of Spatio-temporal Petri-Net will contribute not only to develop the application but also to model the spatio-temporal context awareness.

Keywords : Realtime Sensor Network, Context-awareness, Petri-Net, Spatio-temporal

1. 서론

자연 환경은 인간 생활과 밀접하게 연관되어있다. 지역의 개발과 자연환경 사이에 어떤 상관 관계가 있을지에 대한 연구가 계속 되고 있다[1,2,3]. 지역 개발에 따른 수질 관리와 쾌적한 생활환경의 조성 등에 대한 적극적 조치와 더불어 자연 재해 예방과 예·경보 시스템의 구축은 인간 생활에 매우 필요하다. 정보통신 기술의 발달과 센싱 기술의 진보는 실시간 환경 변화의 감시를 보다 효율적으로 대처 할 수 있는 방법을 제공하게 한다. 실시간 센서 네트워크의 구축은 자연환경과 조화를 이루는 개발 방안을 제시 할 수 있다.

실시간 센싱 콘텐츠 서비스 개발과 제공은 무선디지털 통신 기술의 발달, 무선 인터넷 기술 및 모바일 컴퓨팅 기술의 급속한 발전에 힘입어 보다 많은 데이터를 고속으로 이동 중에도 송수신이 가능하게 됨으로써 위치 기반의 시스템과 관련 기술이 적용되어 활달히 진행 중이다[4,5]. 특히, 위치 정보는 실시간 센서 네트워크 환경에서 중요한 정보라고 할 수 있으며 이를 위한 새로운 지리 정보 데이터베이스 시스템 모델링이 요구되어 진다. 개발된 많은 위치 기반 서비스 기술들이 상황에 대한 정보의 수집을 이용한 시스템을 개발하고 있으나, 형식화된

† 본 논문은 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임.

* 군산대학교 컴퓨터정보공학과 Post-Doc. jbonglee@kunsan.ac.kr

** 군산대학교 컴퓨터정보공학과 부교수. leehongro@kunsan.ac.kr(교신저자)

논문접수 : 2010.01.28 수정일 : 1차 2010.03.02 / 2차 2010.03.19 / 3차 2010.03.26 심사완료 : 2010.03.27

모델링을 지원하지 못하고 특정한 경우에 따라 구현되고 있다[6]. 실시간 센싱 정보를 수집하는 모든 물리적 공간에 대하여 모든 사물과 대상이 지능화되고 전자공간에서 상황 정보 데이터베이스 정보를 공유하는 한 단계 발전된 서비스의 제공을 위해서는 현재의 상황이 명확히 인식되고 목적에 맞는 데이터베이스 정보가 제공되어야 한다. 실시간 센서 네트워크를 통한 상황 인식은 모든 물리적 공간의 지능화된 데이터베이스 정보 서비스를 위해 시간과 공간의 제한을 극복하여 주변 상황의 인식 및 위치 인식이 함께 접목 되어야 한다.

상황 인식에 대한 기존의 연구들은 임의의 특정 상황이나 응용 서비스에 대하여 상황 정보를 취급하는 것에 초점이 맞추어져 있다[7,8,9]. 점차적으로 다양한 응용에 활용하기 위한 일반적 상황 모델에 대한 연구가 진행 되고 있다. 상황 인식과 인식 모델링을 위한 정보의 습득, 관리 표현 등의 명확성을 위한 다양한 방법들이 제시되고 있다[10,11,12,13]. 실시간 센서 네트워크 환경에서 상황 인식 서비스를 위한 모델은 포괄적 상황에서 제시된 모델로써 적절한 모델링이 어렵다. 명확한 상황 인식과 적절한 사용자의 판별에 따른 서비스 제공을 위해 시스템의 동시적 또는 병행적 프로세서를 표현하기 위한 모델링 방법인 Petri-Net을 상황 인식 모델에 적용한 연구가 활발히 진행 중이다. Colored PN은 Petri-Net을 확장하고 소스코드를 생성하였고, Timed PN은 상황 인식 정보에 유효시간을 표현하였으며, Synchronized PN은 상황과 응용 행동을 표현하여 가용성 평가에 유용하게 적용하도록 하였다[14,15,16,17].

위와 같은 연구들은 실시간 센싱 정보 상황 인식의 공간적 요소와 시간적 요소가 알고리즘에 적용되기 어려운 점이 있다.

상황 인식 연구에 있어서 Cioara[8]과 Po-Cheng[18]은 정보 수집 방법에 대한 것이며, 상황 정보의 분류와 처리 규칙 대해 연구 하였다. Qi[19]는 플랫폼 기반 컨텍스트(context)의 관리 방법을 제시하였고, Jinhua[9]는 컨텍스트를 계층적으로 분류하여 명확한 서비스를 제시하고자 하였다. 위의 연구들은 시나리오 중심의 상황 정보를 수집하는 방법을 제시하고자 하였으며, 상황 정보의 서비스를 위하여 상황 정보의 요소를 구분하고자 하였다. 이러한 연구들은 실시간 센서 네트워크를 통한 상황 정보 수집에서 이동 및 고정 등의 실제적 상황 인식 서비스 모델이 제시되지 않았기 때문에 적절한 서비스 제공이 곤란하다. 센싱 정보를 위한 상황 인식은 위치 정보의 관리가 필수적이지만 기존의 연구에서 수용 되지 못한 면이 있다.

본 연구는 실시간 센서 네트워크 상황 인식 서비스를 위한 시간, 공간적 요소를 포함한 모델을 확장된 Petri-Net으로 구성하고 형식화하며, ArcGIS를 이용하여 새만금 지역의 온도 변화에 따른 예·경보 시스템 구현에 적용하고자 한다. 본 논문의 기술 순서는 제2장에서는 관련 연구, 제3장에서는 실시간 센서 네트워크 상황 인식 모델, 제4장에서는 비교 및 검토, 마지막으로 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 상황 인식 추론 모델링

센싱 정보를 이용한 상황 인식 서비스는 센서로 부터 얻어진 의미 없는 자료를 가공 처리하여 사용자가 원하는 형식으로 변환하거나 센싱된 정보나 기본 정보를 이용하여 특정 상황을 인식 하도록 하여 여러 가지 상황을 유추하는데 있다.

상황 인식 서비스는 인식과 분석 단계에서 상황 정보의 표현 방법과 정보 교환을 위한 모델 등을 요구하게 된다. 이를 위해 많은 연구들이 진행되어 왔다.

단순 데이터 구조를 이용한 모델, 마크업(mark-up) 스키마 모델을 이용하여 속성과 내용을 표현하는 모델[8], 다이어그램과 그래픽 요소를 이용하는 모델, 상속성과 재사용성과 같은 객체 지향적 요소를 가지는 모델[12,20,21], 개념화하기 위해 명시적으로 정형화한 온톨로지(ontology) 기반 모델 그리고 상황 정보를 소스로부터 수집하고 합성하여 추론하는 모델 등이 있다[22,23,24,25].
지리 환경에 대한 상황 인식은 재난 대책 등과 연관된 지리정보시스템에서 매우 중요한 부분이다. 공간 데이터의 획득과 공간 데이터의 체계적인 관리, 검색, 공간 처리 기능, 공간 정보 분석을 통한 공간 상황의 인식 관리가 GIS의 기능을 더욱 향상 시킬 수 있다. 재난에 대한 예·경보의 상황 인식을 시간적 요소가 또한 중요하다. 실시간으로 수집되는 센싱 정보 수집은 상황 인식 서비스의 수준을 향상 시키는데 필요하다. GIS 상황 인식에는 실시간의 센싱 정보와 센싱 정보의 공간적 요소 결정이 포함되어야 한다. 이와 더불어 서비스 사용자에 대한 시공간적 상황 정보 수집도 GIS 상황 정보 서비스의 성격을 결정 할 수 있는 요소이다[17,26].

2.2 Petri-Net

Petri-Net은 서브 시스템의 명세가 쉽고 회화적으로 기술되며, 특히 사건과 동작의 명세가 확실하여 동시적이고 시간 제약적 명세 기능을 가지므로 실시간 센서 네트워크의 상황 인식 모델 기술에 적절하다. 기존의 Petri-Net에 대한 연구에는 Attila, Seung, Mariagrazia 등이 있다. Attila는 Petri-Net을 이용하여 유전자 네트워크와 생물학적 연관성을 엘지브라 오토마타(algebra automata) 분석으로 형식화하여 기술하고 있다. Seungchul는 전사적 비즈니스 관리의 워크플로(workflow) 기술을 위해 Petri-Net을 이용하고 있으며, 불확실성과 유동적 특징을 효과적으로 표현하기 위해 자료와 시간의 관계를 연관하여 연구를 실행하였다. Mariagrazia는 Petri-Net을 사용하여 이산적 시스템에서 토큰의 실시간 식별 방법을 두 가지 경우로 구분하여 처리하는 알고리즘을 제시하였다. Attila와 Seung은 형식화하여 Petri-Net에 접목하였으나 시간적 속성을 고려하지 않았으며, Seungchul는 자료와 시간 관계가 고려되었으나, GIS의 공간 요소가 포함되지 못하였고 실시간 센싱 자료의 상황 인식을 위한 Petri-Net 모델의 적용을 위한 실시간의 공간적 요소가

고려되어야 한다[27,28,29].

Petri-Net은 Hack에 의해 수학적 모델이 이론적으로 잘 정리되어 있으며, 다음과 같이 정의하였다. Petri-Net은 $< P, T, F, M >$의 튜플로 정의 된다.

$P = p_1, p_2, \cdots, p_n$

$(n \geq 0)$는 플레이스(place)의 유한 집합을 의미한다. $T = t_1, t_2, \ldots, t_m (m \geq 0)$는 트랜지션(transition)의 유한 집합을 나타낸다. $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$는 정방향의 관계 함수의 정의역이다. $M: P \rightarrow I$ $(I = 0,1,2)$은 플레이스 토큰의 수를 의미한다[30].

플레이스는 조건, 사건 및 그들 간의 관계를 서술하는 규칙으로 구성되며 Petri-Net 그래프는 조건과 사건을 플레이스와 트랜지션으로 표현한다. 하나 이상의 토큰을 포함하는 플레이스는 조건을 만족하는 토큰이 선택되어지고, 플레이스와 트랜지션은 화살표(direction arc)로 표현된다. 플레이스의 토큰이 트랜지션에 수용 될 수 있을 때 점화 될 수 있고 트랜지션이 점화 되면 자신의 각 입력 플레이스로부터 토큰을 하나씩 제거하고 각 출력 플레이스에 토큰을 하나씩 추가한다. 기본적인 Petri-Net은 특별한 식별자가 없지만 기능을 확장한 여러 종류의 Petri-Net 등이 제안 되어있으며, Colored Petri-Net(CPN), Timed Petri-Net 및 Object oriented Petri-Net 등이 있다. 상황 인식 모델링에서 Petri-Net을 적용한 연구로 Lee K. M., Barreto, Lee, Y. S. 등이 있다. CPN은 사용자의 생활을 한정된 패턴으로 정의하고 상황 변화에 대하여 통일 시간에 적용되는 독립된 다른 패턴을 트랜지션에 적용함으로써 상황 정보를 모델링하고 있다[7,16].

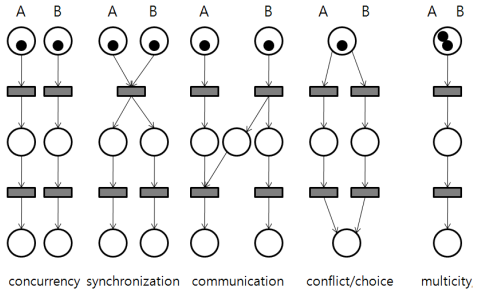


그림 1. Petr-Net 제어 구조

그림 1은 상황 인식 서비스를 위한 기본이 되는 Petri-Net 모델의 제어구조이다[15,28,30]. 상황 정보에 따른 제어 구조는 여러 가지 상황의 조합을 통하여 하나의 상황이 생성되는 경우(Conflict/Choice), 한 가지 상황이 여러 가지 상황에 사용되어 전달 될 경우(Synchronization), 임의의 상황에서 다른 상황으로 전달되는 경우(Multicity), 두 가지 상황에 동시에 진행되는 경우(Concurrency) 및 임의의 상황 결과가 다른 상황에 영향을 미치게 되는 경우(Communication)등으로 구분 된다. 센싱 상황 정보 서비스에서 시간과 공간을 동시적으로 상황의 전개가 이루어지는 경우가 Concurrency에 해당 되며, Petri-Net은 이를 모델링하는데 효과적이다. 센싱 상황의 자료가 일상적으로 시공간적 요소를 필요로 하므로 Petri-Net 기능을 확장하여 시간이나 공간적 요인을 가지거나 또는 가지지 않는 경우로 모델링하여 표현할 수 있다.

3. 실시간 센서 네트워크 상황 인식 모델

센싱 정보에 의한 상황 인식 서비스 모델링에서 중요한 특징으로 센싱 상황 정보의 종류와 시간 및 공간의 구분, 정보의 흐름과 변화를 표현하는 방법이다. 일반적 상황 인식의 인지는 인간이 오감을 통해 수집한 정보를 이용해 생각하고 분석하여 판단하고 행동하는 과정과 일치한다. 센싱의 기능은 인간의 감각을 대신하여 기초정보를 수집하게 된다. 센싱의 범위는 정보 통신의 발달에 의해 확대되었지만 센싱의 종류와 정밀도는 많은 개선이 필요하다. 공간적 범위의 확대는 센싱 자료의 기본적인 요소로 수집된 기초자료와 함께 처리 관리되어야 한다. 실시간으로 수집되는 센싱 정보는 공간적 속성 이외에도 시간적 속성이 포함됨으로써 시공간적 상황 정보 서비스의 신뢰성을 향상 시킬 수 있다.

지금까지 연구들이 상황 자료의 정의와 표현 방법 및 응용에 적절한 서비스의 선택 등에 관한 것이다. 데이터의 정의에 있어서 센싱 상황의 정보 종류를 명확히 구분하지 않고 있으므로 사용자에게 제공되는 시공간적 상황 정보의 신뢰성의 한계를 내포하고 있다. 상황 정보 서비스 미들웨어의 개발에 있어서 시간이나 공간을 일반적 속성 자료와 같은 방법으로 취급되어 질 수 있으므로 자료의 특성에 적합한 처리를 위해 시간과 공간을 포함하는 속성과 포함하지 않는 속성을 구분하여 상황이 정의되어야한다.

실세계에서 지표면에 존재하는 센서는 공간적 위치를 가진다. 센서의 위치는 가하학적 입장의 속성이다. 공간 변환 속성은 공간의 위치에 놓여 있는 객체의 특성이다. 공간 변환 속성의 값은 단지 위치에 종속하고 센서 자체에는 독립적이다. 공간 관계성은 객체 즉 센서의 위치에 대한 제약 조건이다. 센서의 공간 속성과 공간 관계성은 시간에 따라 기록 될 수 있다. 센서는 지리 공간에 의해 정의 되어야 한다[1,2].

센서의 속성은 시간에 따라 변화하며, 시간은 시간 시점 시간, 시간 간격 시간, 시간 주기 시간 등이 있다. 현실 세계의 센서는 센서 이력 자료의 각 속성에 시간 속성을 결합하는 속성 버전화와 시간 속성을 추가하는 타입 버전화가 있다[2]. 지표면에 위치한 센서의 이력자료는 시간에 따라 변화하는 센싱 자료에 의해 만들어진다. 이 시공간 상에서 센서의 공간적 식별이 가능하고 시간적 속성 분석을 통해 상황에 인식을 명확히 구분되어야 한다.

본 논문은 개선된 Petri-Net을 이용하여 실시간 센서 네트워크에서 상황 정보 인식 모델링에 시공간 자료를 명확히 구분하여 상황 정보가 시간과 공간과의 관계를 구분하여 모델링 단계부터 명확히 구분하고 이를 기반으

로 GIS 상황 인식 시스템을 구현하고자 한다.

3.1 실시간 센싱 상황 정보

실시간 센서 네트워크를 이용한 상황 정보의 수집은 현재의 센싱 상황 자료뿐만 아니라 공간적 상황이 자동적으로 인지되고, 주변 지리 공간 환경의 인식과 추적이 요구된다. 센싱 상황의 시점과 환경 변화의 시점에 대한 이력의 검색과 지능적 판단이 최적의 서비스 제공에 주요한 요소가 된다.

제안된 방법은 실시간 센싱 자료를 기반으로 추론하고 실행하며, 최적의 실시간 상황 정보 서비스 제공을 위한 정보의 표현에 촛점을 둔다. 실시간 센서 네트워크 상황 모델에 사용되는 정보는 다음과 같다.

【정의 1】 센싱 상황 정보의 유한 집합 (C)

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\} \ (n \geq 0)$$
$$C = < N, A, S, T >$$

여기서, N:센싱 상황 정보 이름, A:센싱 상황 정보 속성, S: 센싱 상황 공간 속성, T:센싱 상황 시간 속성

위의【정의1】에서 $N = \{n_1, n_2, \dots, n_n\}$ 은 센싱 상황 정보에 대한 이름의 유한 집합으로, 센싱 상황 정보 이름(n_i)은 문자열이다. $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ 는 센싱 상황 공간 속성의 유한 집합으로 실세계에 존재하는 센싱 상황 공간을 지리 공간으로 모델링 한다. 이홍로[31]의 정의2에 따라 식별자(ID), 공간 속성 및 포인터(pointer) 자료형의 센서는 지리 객체로서 공간상에 독립적으로 유일하게 공간 속성을 가지고 존재하게 된다. 지리 객체로서 센서의 공간적 속성은 위상 관계성으로 규정되어 진다[1,31]. 이홍로[31]의 정의3에 따라 센서 데이터는 연속적으로 균일하게 분포하는 지리 필드이고, 이홍로[31]의 정리1에 따라 지리 필드와 지리 객체를 연결하기 위한 공간 종속 속성 함수를 포함한다. 이 정리에 의해 지리 객체인 센서의 공간 종속 속성을 센서 데이터가 내포하고 있기 때문에 센서의 공간 종속 속성은 센서 데이터인 지리 필드에 대한 센싱 상황 정보의 공간 속성이 된다. 공간적 속성(s_i)은 TM좌표로 표현한다. $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ 는 센싱 상황 시간 속성의 유한 집합으로 센싱 상황 정보의 발생 시간을 나타내는 거래시간을 의미한다[2]. $A = \{A_{TSD}, A_S, A_T, A_{TS}\}$ 는 센싱 상황 자료 속성의 유한 집합으로 A_{TSD}는 시공간 독립 센싱 상황 속성으로 센싱 일반 속성이 시간이나 공간에 독립적으로 존재하는 속성이다. A_S는 센싱 상황 속성이 공간 요소를 포함 하고 있음을 의미한다. 예로 “새만금 가력 배수 갑문이 열려 있다.”가 있다. 센싱 상황 속성 중 A_T는 시간에 종속되어진 상황 속성이며, 예로 “6시에 모닝콜이 울린다.”가 있다. A_{TS}는 시간과 공간의 상황 속성이 포함되는 것을 의미 한다. 예로 “2009년 11월 16일 10:00시 군산대학교의 온도는 1.2도이다.” 센싱 상황 자료는 시공간 속성을 포함하는 경우 명확히 모델링 되어야 할 필요가 있다.

3.2 센싱 상황 정보 인식 모델링

실시간 센서 네트워크를 통한 상황 정보는 서비스의 특징에 따라 설정 되어질 수 있으며 여러 가지 다양한 형태로 표현될 수 있다. 센싱 정보를 이용하는 상황 정보 서비스 설계 시 사용되는 서비스 요구 주체의 특징에 따라 센싱 상황 자료의 종류와 흐름 및 변화를 표현하기 위한 방법으로 모델링 언어가 기본적으로 이용되었으며, 그래픽이나 기술 언어 등이 이용되기도 하였다. 이를 위해 플로우차트, UML 및 Petri-Net과 같은 모델링 표현 방법 등이 상황 인식에 적용 되어 질 수 있다. 이들은 상황 인식 서비스의 실행 순서와 방법 및 흐름의 변화를 나타낼 수 있다[17].

본 논문은 센싱 상황 정보의 서비스 실행 순서 방법에서 흐름의 변화 특징을 구체화하기 위해 시간과 공간에 대한 상황 상태 변화를 서비스의 성격에 따라 명확히 규정하여 모델링하고자 한다. 사용되는 모델의 서비스에서 요구되는 사건, 실행, 일어날 일의 표현이 시공간 환경에서 센서로부터 수집되는 하위 자료가 상위 정보 추출의 과정에 온토로지와 인공지능 엔진 룰(rule)과 계산 내용에 표현됨으로써 서비스 내용을 규정하고자 한다.

실시간 센서 네트워크에서 상황 정보 인식의 서비스 상황 규칙, 관계 및 조건을 표현하기 위한 서비스 모델은 다음과 같다.

【정의 2】 실시간 센싱 상황 모델
(EPN : Enhanced Petri-Net)

$$EPN = < EC, P, T, R, F, E >$$

여기서, EC:실시간 센싱 상황 정보 유한 집합, P:실시간 센싱 상황 정보 제공요소, T:실시간 센싱 상황에 적용된 규칙 유한 집합, F:상황 정보 노드 함수, E:상황 정보 규칙 조건

위의 【정의 2】에서 EC는 실시간 센서의 상황 정보의 온톨로지적 집합으로 수집된 상황은 수집 시간과 공간적 요인이 포함되거나 또는 포함되지 않는 유한집합이다. $EC = \{ec_{DST}, ec_S, ec_T, ec_{ST}\}$는 시공간에 독립적인 일반적의 상황($ec_{DST}$), 시간에 의존적인 상황($ec_T$), 공간에 의존적인 상황($ec_S$) 및 시공간 의존적인 상황($ec_{ST}$)의 유한 집합이다. $P = \{p_1, p_2, \dots, p_i\}$는 실시간 센싱 정보 제공요소($p_i$)로서 실시간 상황 서비스로 소비되며 Petri-Net에서 place에 표현된다. p_i는 문자열로 표현되는 센싱 자료 이름이다. $T = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_t\}$는 실시간으로 수집된 센싱 자료를 분석, 처리하여 추론하는 규칙(τ_t)의 유한 집합으로 transition을 의미한다. τ_t는 처리 모듈이며 모듈 식별자로 문자열이다. 상황 인식을 위해 적용된 규칙 사이의 관계는 $R = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots \gamma_x\}$로 정의되고 acr로 나타낸다. 관계 R의 성립 여부는 참/거짓(1/0)으로 구분된다. 관계가 참일 경우, 수집된 센서 정보는 규칙에 의해 분석되고 규칙과 연관된 관계로 유도되어 모든 토큰에 연계된 후 다음 규칙으로 인계된다. γ_x는 센싱 정보 요소(p_i)에서 처리 모듈(τ_t) 사이의 관계 $p_i$toτ_t로 기술한다. F

는 상황 정보 노드 함수로써 특정한 상황 서비스를 위해 노드 사이의 관계를 수학적으로 유도할 수 있다. 상황 정보 규칙 조건(E)을 모델링하게 위하여 IF .. THEN을 이용하여 표기하며 센싱 상황 정보 네트워크에서 arc로 표현 된다.

3.3 개선된 Petri-Net 상황 인식 모델링 구현

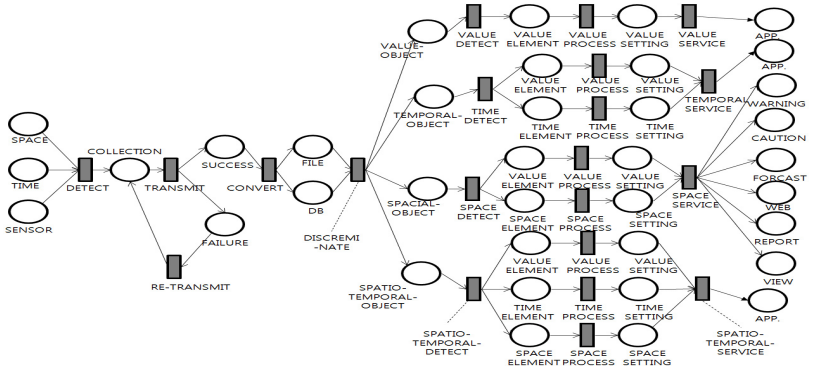
본 논문은 실시간 센싱 상황의 수집의 모델링을 위해 기후 정보인 온도 상황 인식에 대해 다루고자 한다. 온도 센서를 이용하여 실시간으로 온도를 측정하고 시간 및 공간을 수집한다.

그림 2는 그림 1의 Petri-Net의 제어 구조를 기반으로 모델링한 것으로, 그림 2(a)는 시공간에 독립적인 부분을 각각 동시적으로 수행 하도록 하는 값 기반 인식 모델을 표현한 것이다. 센서의 모든 정보를 값 기반하고 시간과 공간을 하나의 독립된 속성으로 처리하여 동시적으로 진행 하는 모델링 방법이다. 그림 2(b)는 상황 속성 자료를 특성에 따라 분류하여 표현하는 방법으로 시간 기능, 공간 기능 및 일반 속성 기능의 패턴에 따라 재사용적 방법으로 모델링하여 병행적으로 진행되어 진다. 그림 2(c)는 센싱 상황 정보의 특성을 상황 정보 인식의 처리 방식과 일치 시키는 모델링 표기 방법으로, 시간 요소가 필요한 센싱 상황의 경우, 공간 요소의 접목이 필요한 센싱 상황의 경우, 시공간 센싱 상황이 요구되는 경우, 마지막으로 시공간 독립적인 일반적 상황의 경우를 구분하여 상황 인식 서비스가 적절히 제공 될 수 있는 기반을 갖추도록 한다. 그림 2의 (a)와 (b)의 경우 센싱 자료가 상황 수집 단계에서 시간과 공간이 동시 이루어지나 상황 인식이 단계에서 규칙의 적용을 위해 병행적으로 처리되도록 모델링되어 진다. 병행적으로 규칙의 적용이 발생되지만 시스템의 실행 결과의 순서적 관계가 발생하여 일반 속성이 시간이나 공간 속성으로부터 분리되어 질 수 있다. 그림 2(b)의 경우 그림 2(a)의 중복을 제거하여 기능적으로 규칙을 적용 시킬 수 있으나, 규칙의 적용 후 동시성을 보장하기 어렵다. 그림 2(c)는 센싱 상황 자료가 시간과 공간이 결합되어 처리되는 방법을 모델링하고 있으며 시간이나 공간이 내포되어야 할 일반 속성의 성격에 부합되도록 적용 시킬 수 있다.

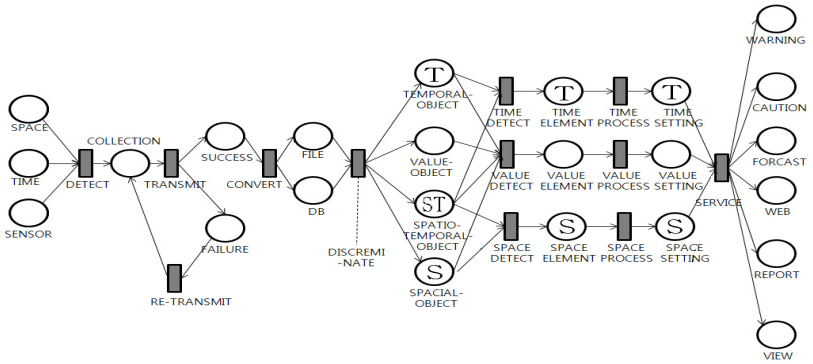
정의1, 2에 기반한 기상 변화 정보를 위한 서비스 알고리즘은 다음과 같다.

EC= { SHS_{ST}, GAL_{ST}, HRA_{ST}, CWA_{ST}, DRY_{ST}, SUR_{ST}, WWA_{ST}, TYP_{ST}, HSN_{ST}, YSP_{ST} }
P = {TE, WI, RA, AT, SU, EA, TI, LO}
T = {T_S, T_T, T_A, T_D}
R = { $TEtoT_S$, $TEtoT_T$, $TEtoT_A$, $TEtoT_D$, ... , $EAtoT_S$, $EAtoT_T$, $EAtoT_A$ }
F(x) = { source, dest }
E(x) = if 온도시간≠Null then 1′$TEtoT_T$ else empty
// if x = 온도시간
= if 온도공간≠Null then 1′$TEtoT_S$ else empty
// if x = 온도공간
= if 온도값>32 then 1‘$TEtoT_A$ else empty
// if x = 온도값
= if 온도지속일≥2 then 1‘$TEtoT_D$ else empty
// if x = 온도지속일
...
= if 1′$TEtoT_S$ and 1′$TEtoT_T$ and 1‘$TEtoT_A$ and 1‘$TEtoT_D$ then SHS_{ST}
c_{SHS} = < “폭염”, 32, “180575:266939”, “2009081425” >

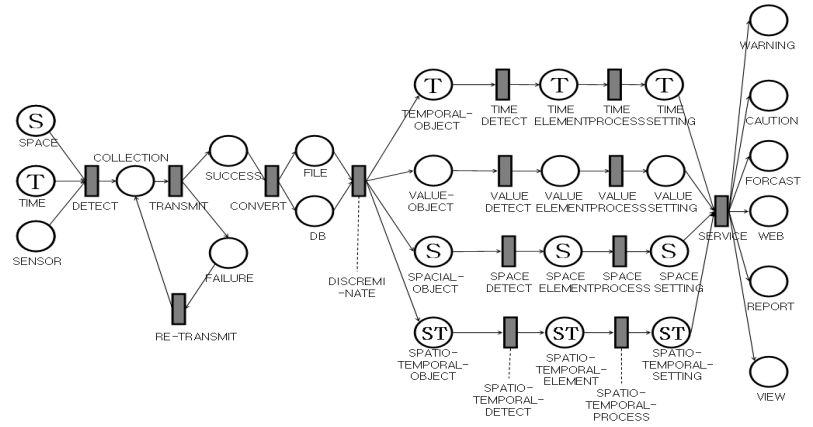
지리적 응용 공간 영역인 새만금 방조제는 길이가 세계 최장으로 33Km이며 간척토지(28,300ha)와 호소(11,800ha)을 모두 합해서 서울 면적의 1/3에 이른다. 방조제 축조라는 지리적 환경에 따라 수리적 환경과 기후 환경 등이 변화 할 것으로 예측된다. 기상의 변화 정보에 대한 상황 정보는 시공간 종속 상황(ec_{ST})으로 기상 변화 센싱 상황 전체 집합(EC)은 온도와 관련하여 폭염(SHS_{ST}), 한파(CWA_{ST}) 등과 강풍(GAL_{ST}), 호우(HRA_{ST}), 건조(DRY_{ST}), 해일(SWR_{ST}), 풍랑(WWA_{ST}), 태풍(TYP_{ST}), 대설(HSN_{ST}) 및 황사(YSP_{ST}) 등이다. 상황 정보를 판단하는 센싱 상황 자료(P)는 온도(TE), 바람(WI), 강수(RA), 기압(AT), 일조(SU), 지진(EA) 및 시간(TI), 위치(LO) 등이 있다. 상황 인식 판단 처리(T)에는 공간 정보 판단(T_S), 시간 정보 판단(T_T), 상황 속성 변환 판단(T_A) 및 시공간 독립 상황 속성 변환 판단(T_D)이 필요하다. 기상 상황 정보에 적용된 규칙 관계(R)의 원소인 TEtoTs는 온도(TE)와 공간 정보 판단(Ts) 사이의 관계 설정, $TEtoT_T$는 온도(TE)와 시간 정보 판단(T_T) 사이의 관계 설정, $TEtoT_A$는 온도(TE)와 상황 속성 변환 판단(T_A) 사이의 관계 설정 및 $TEtoT_D$는 온도(TE)와 시공간 독립 상황 속성 변환 판단(T_D) 사이의 관계를 설정한다. EAtoTs는 지진(EA)과 공간 정보 판단(Ts) 사이의 관계 설정, $EAtoT_T$는 지진(EA)과 시간 정보 판단(T_T) 사이의 관계 설정, $EAtoT_A$는 지진(EA)과 상황 속성 변환 판단(T_A) 사이의 관계 설정 및 $EAtoT_D$는 지진(EA)과 시공간 독립 상황 속성 변환 판단(T_D) 사이의 관계를 설정한다. 지구 온난화와 더불어 한반도의 한 여름 열대 야(夜)가 자주 나타나고 일 최고 기온이 33℃ 이상일 때가 많은데 이와 함께 일 최고 열지수가 32℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속 될 때 폭염 주의보가 내려지고, 일 최고 기온이 35℃이상 이고 일 최고 열지수가 41℃이상인 상태가 2일 이상 지속 될 것으로 예상 될 때 폭염 경보가 내려진다[32]. E(x)는 폭염의 예·경보를 위한 알고리즘에 대한 기술이다. ″E(x)= if 온도시간≠Null then 1′$TEtoT_T$ else empty″에서 온도시간 속성이 존재하면 관계 $TEtoT_T$은 1로 설정됨을 의미하며, 폭염 경보 상황 서비스를 위해서 $TEtoT_S$, $TEtoT_T$, $TEtoT_A$ 그리고 $TEtoT_D$ 에 모두 1로 설정 되어 c_{SHS} = < “폭염”, 32, “180575:266939”, “200908141300”>의 폭염 주의보 상황을 서비스한다.



(a) 값 기반 Petri-Net 모델



(b) 패턴화된 플레이스에 의한 Petri-Net 모델



(c) 시공간 지원을 위한 개선된 Petri-Net 모델

그림 2. Petri-Net에 의한 시공간 상황 인식 모델

그림 3은 실시간 센서 네트워크의 상황 정보의 서비스 흐름도이다. 센싱 자료로는 온도, 바람, 습도 및 기타 CO_2 등이 검출된다. 센서와 접속하고 센서로부터 센싱 자료의 수집을 위해 클래스 SensorConnect와 Sensor-Listener를 사용한다. 센싱 자료로서 시공간적 요소를 포함하지 않는 경우 특정하고 적절한 센싱 상황 정보를 서비스하기 어렵다. 상황 자료 데이터베이스(DB)는 시공간적으로 수집된 상황 자료의 관리를 위한 기능을 가져야 하며, 시간 데이터베이스의 기능인 이력 자료의 관리 기능과 공간 데이터베이스의 관리 기능인 공간 연산의 기능이 포함된 상황 정보 관리 데이터베이스가 제공되어야 한다. 시공간 데이터 관리를 위해 클래스 DbManager를

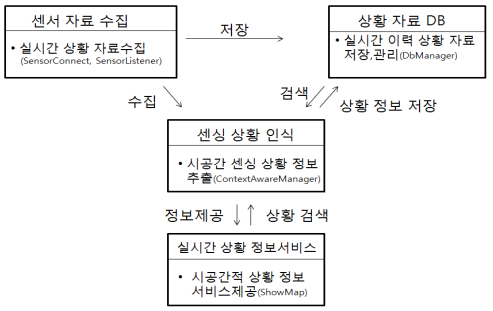


그림 3. 실시간 센서 네트워크의 상황 정보의 서비스 흐름도

정의하여 이용한다. 센싱 상황 인식을 위하여 시공간적으로 수집된 자료가 시간과 공간이 포함된 인식을 위해 클래스 ContextAwareManager를 사용한다. 실시간 센싱에 의한 상황 정보는 사용자 요구나 사건(Event: 폭염 등)에 의해 서비스되며, 공간적 요소를 표현하는 맵(Map) 서비스가 제공될 수 있도록 응용이 구현 된다. 상황 정보 서비스를 위해 클래스 ShowMap을 정의하고 사용한다.

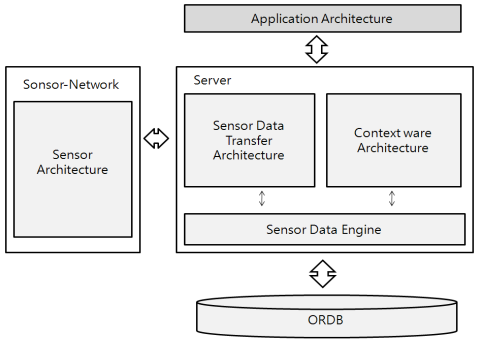


그림 4. 실시간 센서 네트워크의 상황 정보 서비스 시스템

본 논문은 실시간 센서 네트워크의 온도 변화 상황 정보 서비스를 위해 개선된 Petri-Net을 제안하고 모델링하였으며, 상황 추론을 위해 windowsXP 운영체제하에서 JAVA언어 기반의 알고리즘을 구현하였다. 공간 연산과 서비스를 위해 ArcGIS를 이용하였다. 센싱 상황 이력 자료와 분석 상황 저장, 관리 및 검색을 위해 Oracle을 사용하였다.

그림 4는 실시간 센서 네트워크의 상황 정보 서비스의 전체 구조를 표현한 것으로 Sensor Network는 Zigbee 프로토콜이 사용되고, 이를 이용해 센서에서 수집된 자료는 게이트웨이에 전달되어지고, 게이트웨이는 CDMA 통신망에 의해 서버와 연결된다. Sensor Data Transfer는 Sensor Network와 연결 설정 및 자료의 송수신을 관리한다. Sensor Data는 데이터베이스에 저장되고, 상황 정보 추론 룰에 의해 Contextware에서 분석된다. 상황 정보 서비스는 시공간 정보와 함께 ArcGIS의 디지털 맵과 함께 제공된다.

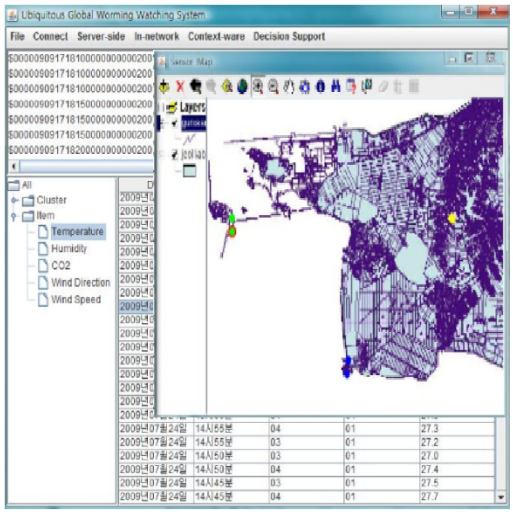


그림 5. 새만금 방조제 인근(비응항) 실시간 센싱 온도 탐지 변화

그림 5는 실시간 센싱 온도 탐지 변화의 예를 나타낸 것이다. 왼쪽 위 부분은 센싱된 자료가 서버에 전달된 Sensor Data이고, 아래 부분은 시간에 따른 온도의 변화를 나타내고 있으며, 오른쪽 위 부분은 선택된 지역의 맵을 보이고 있다.

4. 비교 검토

본 논문은 실시간 센서 네트워크를 통한 상황 정보 서비스에 개선된 Petri-Net의 모델링을 이용하였다. 실세계에서 관측된 센싱 자료는 일반적 자연 현상인 온도, 습도 및 기압 등의 기후적 요소들이 대부분이다. 이러한 지리현상은 위치와 시점의 의미가 내포되어 있기 때문에 시간과 공간적 속성이 항상 포함되어 처리될 때 그 의미가 확실하고 명확히 인식될 수 있다.

표 1은 상황 정보의 지원 속성을 비교한 것이다. 상황 정보 서비스를 위해서 Salomie는 상황속성을 자원(resource), 액터(actor), 정책(policy) 등 세 가지로 구분하여 모델링하였으며, 특별한 환경에 따라 그 환경에 적용된 자원의 특성으로 모델링하였다[24]. Jinhua은 상황 참조 모델에 시간과 공간의 속성을 독립적 계층 관계인 상속의 개념으로 적용하고 있다[9]. 상황 정보를 계층별로 구분하여 상황을 정의하고 있다. Po-Cheng은 실제 상황 인식에 있어서 상황의 명확성을 높이기 위해 시간적 요소와 공간적 요소를 필요에 따라 분석하고 적용하고자 하였다[18]. Qi는 유비쿼터스 상황을 5개의 의미 영역으로 구분하고 표현하여 상황을 인식하고 재편하고자 하였다[19].

표 1. 상황 정보의 지원 속성 비교

	시공간 독립 속성	시간 속성	공간 속성	시간 종속 속성	공간 종속 속성	시공간 종속 속성	기타	비고
Jinhua [9]		0	0					상속의 개념으로 시간/공간 속성 고려함
Po-cheng [18]		0	0					시간과 공간을 하나의 독립적 속성으로 취급
Qi [19]							0	상황속성을 처리 시작점으로 취급
Salo-mie [24]	0							자원의 특성만을 고려함
본 논문	0	0	0	0	0	0		속성을 명확히 구분

위의 비교 논문들은 상황 자료의 수집에서 추론 룰을 통한 상황 정보 서비스 제공까지 시공간적 의미를 부여하지 않고 있다. Jinhua[9]과 Po-Cheng[18]이 시간과 공간의 속성을 참조하고자 하였으나, 본 논문에서와 같이 센싱 상황 자료가 시공간 요소와 불과분의 관계에서 취급되지 않았으며, 단지 하나의 독립된 속성 자료로 취급되었다. 본 논문은 실시간 센싱 상황 정보의 보다 정밀한 서비스를 위하여 시공간적 독립 속성과 시간에 의존적이거나, 공간에 의존적이며, 또는 시공간에 의존적 관계의 속성을 세분화하여 상황을 인식하자 하였다.

5. 결론

본 논문은 실시간 센서 네트워크의 상황 정보 서비스 응용을 개발하기 위한 모델링 방법과 구현에 대한 것이다. 모델링 방법은 센싱 상황 자료에 시공간적 속성을 포함하기 위해 개선된 Petri-Net을 이용하여 표현하였다. 센싱 자료를 기반으로 상황을 추론하는 룰의 적용에 있어서 시공간적 속성이 포함 되도록 전제함으로써 실시간 상황 정보 서비스가 시공간 요소와 분리 될 수 없는 속성을 가지는 특정한 경우가 효과적으로 정의 되도록 하였다. 또한, 시공간 속성의 실시간 센서 네트워크의 상황 정보 서비스를 위해 세 가지 방법으로 Petri-Net을 활용하여 적용하고 비교 하였으며, 기본 Petri-Net, 패턴화된 Petri-Net, 제안된 시공간 Petri-Net이다. 실시간 센서 네트워크의 상황 정보 서비스를 위해서는 시공간 요소가 간결하고 명확하게 모델링 단계에서 지원될 수 있게 하였다.

시공간 상황 정보 응용 서비스의 개발에 본 연구가 기여 할 것으로 기대되지만 모델링에 초점을 맞추어져 있으므로 상황 인식을 위한 추론의 룰에 대한 시공간적 적용 및 활용이 미흡하다.

향후 연구의 내용으로 추론 엔진에 대한 시공간적 속성이 포함된 룰을 적용한 연구가 포함될 예정이다. 또한 추론 엔진에서 시공간적 분석 규칙이 포함된 툴킷의 개발로 시공간 센싱 상황 정보 서비스 개발이 효과적으로 이루어지도록 하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 이홍로, 이재봉, “위성영상을 활용한 환경 요인에 따른 고군산 군도 간석지의 시공간적 변화 탐지,” 한국지리정보학회지, 제8권 제3호, 2005, pp.34-43.

[2] 이홍로, “속성 버젼화에 기반한 시공간 지리-객체의 객체 지향 데이터 모델 속성 버젼화에 기반한 시공간 지리-객체의 객체 지향 데이터 모델,” Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea. CI, 제38권 제6호, 2001, pp.1-17.

[3] 곽태식, 기정훈, 김영은, 전해민, 김시진, “지구 온난화에 따른 국내 과수작물 재배지 변화에 대한 GIS 예측 모형 연구 -여섯 가지 열대 및 아열대 과수를 중심으로-”, 한국공간정보시스템학회 논문지, 제10권 제3호, 2008, pp.93-106.

[4] 임덕성, 홍봉희, “위치 기반 질의 처리를 위한 궤적 보존 색인의 설계 및 구현”, 한국공간정보시스템학회 논문지, 제10권 제3호, 2008, pp.67-78.

[5] 이홍로, 백정호, 문영채, “디자인 패턴을 활용한 LBS 기반 모바일 시스템 구현,” 한국지리정보학회지, 제12권 제1호, 2009, pp.26-35.

[6] 김감래, 정혜진, “GIS기법을 이용한 재해 상황 통보 및 관리 지원 시스템 개발,” 한국측량학회지, 제24권 제4호, 2006, pp.359-365.

[7] Louise Barkhuus and Anind Dey, “Is Context-Aware Computing Taking Control Away from the User Three Levels of Interactivity Examined,” Proceedings of UbiComp, 2003, pp.150-156.

[8] Cioara, T., Anghel, I., Salomie, I., Dinsoreanu, M., “A generic context model with autonomic features,” Vol.13-16 Nov., 2008, pp.870-875.

[9] Jinhua Xiong, Jianping Fan, Yan Li., “A Layered Context Reference Model for ContextSituation Middleware,” GCC ″08. Seventh International Conference, Vol.24-26 Oct., 2008, pp.15-21.

[10] R. Sandhu, D. Ferraiolo, and R. Kuhm. “The NIST Model for Role-Based Access Control: Towards A Unified Standard,” Proceedings of the fifth ACM workshop on Role-based access control, 2000. pp. 47-64.

[11] A. Kumar, N. Karnik, G. Chafle., “Context Sensitivity in Role-based Access Control,” ACM SIGOPS Operating Systems Review, Vol.36 No.3, 2002. pp.53-66.

[12] Zhen Zhen, Junyi Shen, Shengjun Lu, “An

Ontology Mapping Approach Based on Word and Context Similarity," WI-IAT "08. IEEE/WIC/ACM International Conference, Vol.3, 2008, pp.334-338.

[13] Yoon Ae Ahn, Jeong Seok Park, "Spatio-Temporal Context Manager in an Open Context Awareness Framework," NCM apos;08. Fourth International Conference, Vol.2, 2008, pp.681-684.

[14] Gradisar, D., Music, G., "Production-process modelling based on production-management data: a Petri-net approach," International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol.20, 2007, pp.794-810.

[15] Fernando R. Velardoa, "Coding Mobile Synchronizing Petri-Nets into Rewriting Logic," Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Vol.174, 2007, pp.83-98.

[16] Lee K. M. "Colored Timed Petri-Nets based context inference," Journal of the Research Institute for Computer and Information Communication, Vol. 4 No.2, 2006, pp.41-48.

[17] 한승욱, 윤희용, "Colored Petri-Net을 이용한 상황인식 서비스의 모델링과 검증방법", 한국정보과학회, 제36권 제4호, 2009, pp.283-290.

[18] Po-Cheng Huang, Yau-Hwang Kuo, "A reliable Context Model for context-aware applications," SMC 2008. IEEE International Conference, Vol. 12-15 Oct., 2008, pp.246-250.

[19] Qi Liu; Linge, N., "A Novel Platform for Context Maintenance and Discovery in a Ubiquitous," Vol.2, 2008, pp.565-570.

[20] T. Zhao , M. Velliste, M.V. Boland, and R.F. Murphy, "Object Type Recognition for Automated Analysis of Protein Subcellular Location," IEEE Trans. Image Proc. Vol.14, NO.9, 2005, pp.1351-1359.

[21] Sachin Gangaputra , Donald Geman, "The Trace Model for Object Detection and Tracking," Lecture notes in Computer Science, Vol.4170, 2006, pp.401-420.

[22] Hyuk Jin Ko, Dong Ho Won, Dong Ryul Shin, Hyun Seung Choo, Ung Mo Kim, "A Semantic Context-Aware Access Control in Pervasive Environments," Computational Science and Its Applications-ICCSA 2006, Proceedings of International Conference, part II, Glasgow, UK. 2006. pp.165.

[23] X. H. Wang, D.Q. Xhang, T. Gu and H.K. Pung, "Ontology Based Context Modeling and Reasoning using OWL," PerCom2004 Annual Conference on Pervasive computing and Communications Workshop, 2004, pp.18-22.

[24] Salomie, I., Anghel, I., Cioara, T., Dinsoreanu, M., "A context awareness model enhanced with autonomic features," ICCP 2008. 4th International Conference, Vol.28-30 Aug., 2008, pp.239-246.

[25] Taizong Lai, Wenjun Li, Hui Liang, Xiaocong Zhou, "A Framework Supporting Context Sharing," ICYCS 2008. The 9th International Conference, Vol.18-21 Nov., 2008, pp.919-924.

[26] Cai, Guoray, "Contextualization of Geospatial Database Semantics for Human - GIS Interaction," GeoInformatica, 2007, Vol.11 No.2, pp.217-237.

[27] Attila Egri-Nagy, Chrystopher L. Nehaniv, "Algebraic properties of automata associated to Petri-Nets and applications to computation in biological systems," Biosystems, Vol.94 No.1/2, 2008, pp.135-144.

[28] Seungchul Ha, Hyo-Won Suh, "A timed colored Petri-Nets modeling for dynamic workflow in product development process," Computers in Industry, Vol.59, 2008, pp.193-209.

[29] Mariagrazia Dotoli, Maria Pia Fanti, Agostino Marcello Mangini, "Real time identification of discrete event systems using Petri-Nets," Vol.44 Issue 5, 2008, pp.1209-1219.

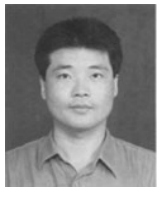
[30] Hack, M., Decidability Questions for Petri-Nets, Ph. H. dissertation, MIT, Massachusetts, 1975.

[31] 이홍로, "객체-지향 지리정보시스템을 이용한 새만금 수자원 관리 시스템의 홍수 시뮬레이션 구현", 한국지리정보학회지, 제6권 제2호, 2003, pp.33-45.

[32] 기상청, http://www.kma.go.kr.

이 재 봉

1990년 원광대학교 자자계산학과졸업 (공학사)
1994년 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
2005년 전북대학교 컴퓨터공학과대학원 졸업(공학박사)
2009년~현재 군산대학교 컴퓨터정보공학과 Post-Doc
관심분야는 데이터베이스, 객체지향 시스템, GIS, 센서 네트워크



이 홍 로

1984년 전북대학교 전기공학과(공학사)
1986년 전북대학교 대학원 전자계산기전공(공학석사)
1994년 전북대학교 대학원 전산응용공학전공(공학박사)
1994년~1999년 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소 연구원
2002년~현재 군산대학교 컴퓨터정보과학과 부교수
관심분야는 시공간 데이터베이스시스템, 객체지향 시스템, 위성영상처리, GIS, USN