

홍수 상황인지 시스템에서의 상황인지 불확실성 해결 방안

이선휘*, 이용주*, 변인선*, 김정민**
삼성에스디에스*, 서울대학교*

A Study on the Uncertainty of Context Awareness in Flood Monitoring System

Seonhyui Lee*, Yongjoo Lee*, Insun Byun*, Jungmin Kim**
Samsung SDS*, Seoul National University**

Abstract - 현재의 상황인지 컴퓨팅(Context-aware Computing)은 센서로부터 전달받는 상황정보가 완벽하다는 가정을 하고 있으며 따라서, 이에 근거한 상황인지는 불확실성(Uncertainty)을 제대로 다루지 못하고 있는 실정이다. 또한 상황인지 컴퓨팅에서 상황 정보를 표현하는데 주로 사용되고 있는 온톨로지(Ontology) 모델링 역시 현실 세계의 불확실성을 다루기에는 한계가 있다. 본 논문은 선행 연구인 온톨로지 기반의 홍수 상황인지 처리에서 발생할 수 있는 불확실성을 탐지하고 이를 해결하기 위한 방안을 제안한다. 홍수 상황인지를 위한 센서 종류와 수량을 보장하고 기 설계된 온톨로지 모델의 추론 과정 보안을 통하여 홍수 상황인지의 불확실성을 최소화한다. 이는 홍수 상황인지 뿐만 아니라 일반적인 온톨로지 기반의 상황인지 u-서비스에 응용할 수 있다.

1. 서 론

u-City는 첨단 IT 기술 및 서비스를 주거, 경제, 교통, 시설 등 도시의 다양한 구성요소에 접목하여 도시 내에 발생하는 모든 업무를 시간간으로 수행할 수 있는 정보통신 서비스가 가능한 미래형 첨단 도시이다.[1] 따라서 u-City는 도시 주요 시설물에 설치한 센서나 타 시스템을 통하여 획득한 상황정보를 활용하여 시스템이 스스로 상황을 인식하고 능동적으로 지능화된 u-서비스 제공해야한다. 이를 가능하게 하는 기반 기술의 하나인 상황인지 기술은 u-City의 핵심 기술이라고 할 수 있다.

상황인지 컴퓨팅은 Schilit와 Theimer에 의하여 최초로 논의되었는데, 그들은 상황인지 소프트웨어를 “사용하는 장소, 그 주변의 사람, 호스트, 접속 가능한 디바이스의 집합, 그리고 시간의 경과에 따라 이들의 변화에 적응하는 소프트웨어”로 정의하였다.[2] 이후 상황인지 컴퓨팅을 정의하고자 여러 차례 시도하였으나 대부분의 경우, 지나치게 특정적이었다. 최근에 개선된 상황인지 컴퓨팅의 정의는 “사용자의 작업과 관련 있는 적절한 정보 또는 서비스를 사용자에게 제공하는 과정에서 ‘상황(Context)’을 사용하는 경우 이를 상황인지 시스템”으로 정의할 수 있다.[3]

u-City는 교통, 방법·방재, 시설물관리, 환경 등 주로 외부공간에 대한 상황인지 결과를 기반으로 서비스를 제공한다. 이것은 제한된 실내 공간에서의 상황인지에 비하여 공간적 경계가 명확하지 않고, 외부 물체 등으로 인한 예상하지 못한 방해 받을 수 있다. 또한 상황인지를 위한 데이터는 실제계로부터 직접 감지하는 데이터이기 때문에 태생적으로 절대적인 신뢰가 불가능하며 부정확, 애매함, 충돌, 불완전 등 문제의 가능성이 있다. 현장의 센서가 고장이나 오작동을 일으키거나, 설계 시 고려하지 않은 상황에서의 충돌 등으로 인하여 틀리거나 부정확한 정보를 보낼 수도 있기 때문이다.

잘못된 데이터는 잘못된 상황인지를 야기하여 부적절한 서비스를 수행하게 하고 지능화된 서비스의 구현을 어렵게 하는 장애 요소이다. 특히 u-City에서 다루는 서비스는 공공 서비스(교통, 환경, 시설물관리 등)가 대부분이어서 잘못된 경우 도시 전체의 재난으로 이어질 수도 있으므로 도입 자체를 재고해야 한다. 현실 세계의 상황을 센서로부터 감지하여 그에 기반을 둔 서비스를 제공하기 위해서는 불확실성 이슈를 해결해야만 하므로 불확실성을 처리하는 것은 상황인지 컴퓨팅 분야의 주요한 연구과제이다[4]. 그러나 상황정보의 불확실성에 대하여 지난 수 년 간 연구가 계속되어 왔지만 아직까지 초보적인 단계이다.

본 논문에서는 선행 연구로 수행 중인 온톨로지를 기반으로 주변의 상황을 인식하여 홍수를 예측하고 적합한 서비스를 제공하는 홍수 상황인지 시스템에서 발생 가능한 불확실성을 탐지하고 해결 방안을 제안한다.

2. 본 론

2.1. 관련 연구

지금까지 상황인지의 불확실성에 대한 연구는 대부분 센서로부터 받

은 데이터의 불확실성을 어떻게 보정할 것인가에 초점이 맞추어져 왔다. 그러나 어떤 센서라도 오류의 가능성을 가지고 있고, 어떤 상황인지 컴퓨팅이라도 현실 세계를 완벽하게 인식 및 추론할 수 없다는 것이 현재 기술 수준으로써는 분명한 사실로 받아들여지고 있기 때문에 불확실성을 극복하는 것보다는 우선 허용 가능한 범위의, 최소한의 불확실성만을 가지도록 하는 데 노력을 기울이고 있다.

온톨로지를 사용하는 유비쿼터스 컴퓨팅 시스템인 Gaia 프로젝트[5]에서는 확률(Probabilistic Logic), 퍼지(Fuzzy), 베이저안 네트워크(Bayesian Network) 등과 같은 메커니즘을 이용하여 부정확성을 추론하고 충돌하는 상황 데이터를 알아내고 의미 있게 보정하려는 시도를 하였다. Clear et al.[6]은 보통의 상황(Context) 데이터 수준에서 다뤄지던 불확실성을 일정한 상황 데이터 덩어리(Situation) 수준에서 접근하여 행동을 발생시키는 이벤트의 불확실성 임계치를 정하고 행동의 심각한 정도에 따라 불확실성을 조절하였다. Tao Gu et al.[7]은 불확실한 상황을 나타내기 위하여 확률 값을 적용한 일반적인 온톨로지 모델을 제안하고 베이저안 네트워크를 사용하여 불확실성을 추론했다.

이전의 연구에서는 과거의 데이터를 통하여 추정된 확률과 발생하는 상황에 대한 학습(Machine Learning) 기반으로 보통 하나의 특정한 센서 데이터에 대한 불확실성을 해결하는 것에 비하여, 본 논문에서는 상황인지를 위한 한 가지 정보를 감지하는-예를 들어 온도, 강수, 수위 등-센서를 다수의 셋(Set)으로 구성하고 그로부터 하나의 유의미한 센싱(Sensing) 값을 산출하거나 다양한 센서로써 그 값을 검증하여 불확실성을 낮추는 방안을 제안한다.

2.2. 불확실성의 정의

상황인지 컴퓨팅의 불확실성에 대하여 아직까지 명확한 정의를 내린 연구는 없다. Juan et al.은 상황인지를 위한 데이터가 신뢰할 수 없거나 부정확한 소스에 의해 만들어질 수 있으므로 불확실성에 대해 의심해야만 하고 온톨로지 모델링에서 특히 중요하다고 강조하고 있다. 더불어 현실 세계에 설치된 센서는 파손의 염려가 있어 태생적으로 부정확하고, 설계 시 고려하지 않은 상황에 대해서는 부정확하게 인식하거나 충돌할 수도 있다고 언급하였다[4]. 이처럼 센서 고장이나 센서로부터 감지한 데이터의 부정확, 상황인지를 위한 온톨로지 모델링의 오류로 인해 추론이 잘못되거나 현실 상황이 제대로 인지되지 않는 것이 불확실성이다.

2.3. 불확실성 발생 요인

상황인지 컴퓨팅에서 불확실성이 발생하는 경우는 크게 두 가지로써 하나는 센서로부터, 다른 하나는 상황인지를 위한 온톨로지 모델 설계 및 추론에서 비롯된다. 각각의 경우에 대해서 <표 1>에 정리하였다.

<표 1> 불확실성이 발생하는 경우

원인	설명
모호성	특정 상황으로 인식하는 조건 중 일부만 충족되어 판단이 모호한 경우
측정 에러	센서 내·외부 요인에 의한 측정 에러
무작위 에러	일시적인 전원공급 문제(정전, 기타 요인 등)로 불규칙하게 작동한 경우
부정확	센서가 고장을 일으켜 엉뚱한 데이터를 보낸 경우 센서의 오차 범위 때문에 상황을 잘못 인식하는 경우
불완전	센싱 데이터가 전송 중 일부 손실되거나 왜곡된 경우 설계 시 고려하지 못한 요소로 인한 경우 센서의 수가 부족하여 커버리지가 좁은 경우 측정 지점이 해당 구역을 대표하지 못하는 경우 센싱 주기가 잘못되어 인식해야 할 때를 놓치는 경우
추론 에러	상황 데이터 조합을 잘못된 경우 추론 규칙이 잘못된 경우

2.4. 규칙 기반 불확실성 탐지 기법

불확실성 탐지를 위해서는 먼저 상황인지 서비스들 사이에 아래와 같은 서비스 수행에 관한 규칙을 정의하여야 한다.

- 규칙1 - 필수 동시 수행 서비스(예. $R1 = \{(S_1, S_4), (S_5, S_7, S_9)\}$)
- 규칙2 - 선택적 동시 수행 서비스(예. $R2 = \{(S_1, S_2, S_3), (S_9, S_{11})\}$)
- 규칙3 - 동시 수행 불가 서비스(예. $R3 = \{(S_2, S_6, S_{10}), (S_{13}, S_{16})\}$)
- 규칙4 - 단독 수행 서비스(예. $R4 = \{S_8, S_{12}, S_{14}\}$)

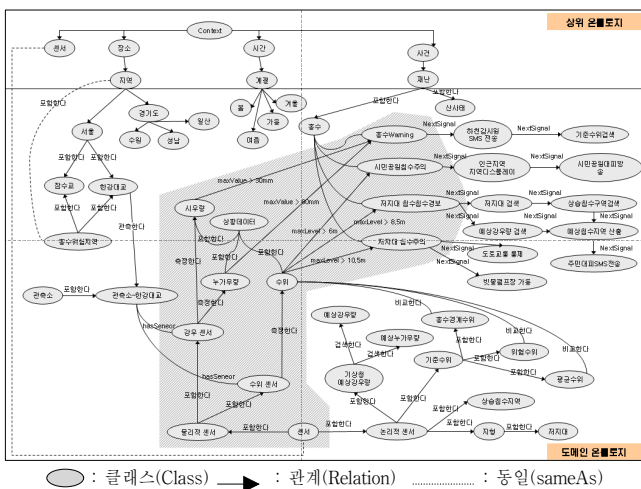
상황인지 서비스는 일련의 상황데이터들과 관계를 가진다. 즉, N개의 상황데이터들 중에서 특정 서비스 S_i 를 유발하는 상황 데이터들이 있으므로 이러한 관계를 아래 튜플로서 정의할 수 있다.

$$\langle S_i, C_0, C_1, C_2, C_3, \dots, C_n \rangle$$

불확실성은 하나 이상의 서비스 튜플들의 집합과 서비스 수행 규칙을 검사함으로써 탐지 가능하다. 예를 들어, 현재 수집된 상황데이터의 조합이 서비스 S_2 와 S_{10} 을 유발하는 경우 규칙3에 의해 동시 수행이 불가능한 서비스들을 동시에 유발시킨 불확실한 상태를 탐지할 수 있다.

2.5. 홍수 상황인지 처리에서의 불확실성

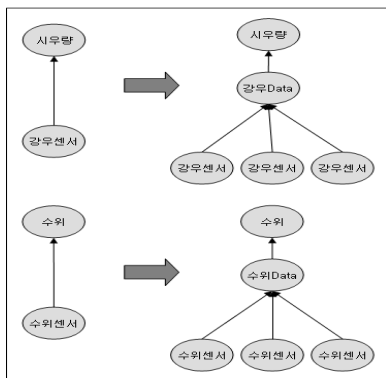
<그림 1>은 선행연구에서 홍수 상황인지와 대응 서비스를 위하여 온톨로지 모델링을 한 것이다. 빗금 부분은 감수센서와 수위센서가 파손, 부정확, 전원 공급 문제, 측정 에러, 불안정한 데이터 전송 등으로 불확실성이 발생할 수 있는 가능성이 있는 부분이다.



<그림 1> 홍수 상황인지 서비스를 위한 온톨로지 모델

2.6. 불확실성의 해결 및 보완

한 가지 보완 방법은 홍수 상황인지 불확실성의 원인이 되는 강우와 수위센서의 오작동이나 외부 요인에 의한 측정 에러를 보정해 줄 수 있도록 각 센서 수량을 늘리는 것이다. 이것은 한 가지 정보에 대응하는 센서를 여러 개로 하여 보팅(Voting) 기법을 이용하기 위함이다. 일정 비율 이상의 센서가 허용 가능한 오차 범위의 데이터를 보낼 때 맞는 데이터로 채택하여 값을 받고 이들의 평균으로 상황인지를 위한 온톨로지에 대입될 대푯값을 산출한다. 예를 들어 센서의 개수가 1개인 것을 3개로 늘려 2개의 데이터가 비슷해야 참으로 인정하는 것이다. 이것은 또한 다수의 센서 대비 허용 가능한 오차 범위를 벗어나 고장이 의심되는 센서를 감지할 수 있으며 자동으로 센서 점검을 요청할 수 있다.

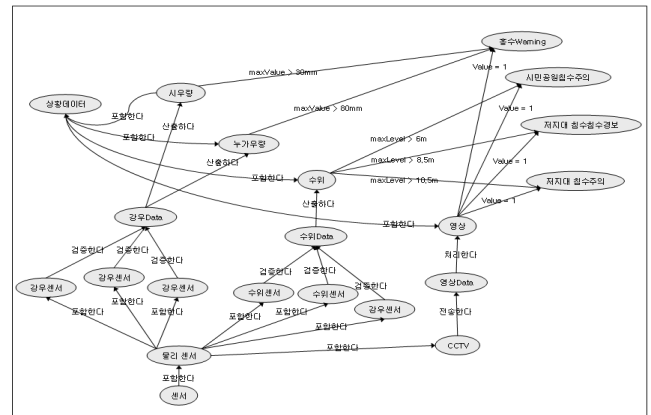


<그림 2> 시우량과 수위 산출의 불확실성 개선

수위센서에 위의 방법을 적용하면, 우선 관리 대상을 포괄할 수 있는 3개의 지점을 정하여 수위센서 3개를 설치하고, 그것들로부터 받은 데이터를 검증하여 명확한 데이터만 수위 데이터로 받아들인다. 이들을 다시 평균하여 최종적으로 해당 시각의 수위를 결정한다. 감수센서도 마찬가지로 적용하면 <그림 2>와 같이 불확실성 문제가 보완된다.

또 다른 보완책은 하나의 정보를 파악하는데 필요한 센서 데이터를 두 가지 이상으로 하여 주 센서가 파악한 정보의 진위를 검증하는 보조 센서 역할을 부여하는 것이다. 이것을 수위 인식에 적용하면, 수위센서를 주 센서로 보고 현장 모니터링 용도뿐만 사용되던 CCTV 영상에 이미지 프로세싱 기능을 추가하여 보조 검증 센서로 활용할 수 있다. 이미지 프로세싱을 통한 수위 측정(Edge Detection)을 추가하여 하나의 상황 정보에 대하여 입체적으로 값을 검증한다.

<그림 3>은 <그림 1>에서 불확실성이 있던 부분을 보완한 것이다.



<그림 3> 불확실성이 개선된 홍수 상황인지 온톨로지 모델

3. 결 론

본 논문에서는 상황인지 컴퓨팅에서의 불확실성에 대하여 정의하고 그것이 발생하는 일반적인 경우를 논의하였다. 그리고 온톨로지 기반으로 상황을 인식하여 홍수를 예측하고 적합한 서비스를 제공하는 선행 연구에서의 불확실성을 탐지하고 최소화하는 방안을 제안하였다.

향후 연구로 u-City 상황인지 및 서비스 시스템을 실제로 구현하여 본 연구를 검증하고, 발생하는 문제점에 대하여 보완할 필요가 있다.

[감사의 글]

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(O6국토정보C01)에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국정보사회진흥원 u-City 지원센터, u-City의 정의, <http://www.acitycenter.org/pr/definition.asp>
- [2] Bill N. Schilit, Norman Adams, and Roy Want, "Context-Aware Computing Applications", In Proceedings of the 1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications 1994, pp.85-90, 1994
- [3] 임신영, 허재두, "상황인식 컴퓨팅 응용 기술동향", 전자통신동향분석, 제19권 제5호, pp.31-40, 2004
- [4] Juan Ye, Lorcan Coyle, Simon Dobson and Paddy Nixon, "Ontology-based models in pervasive computing systems", The Knowledge Engineering Review, vol. 22 no. 4, pp.315-347, 2007
- [5] A. Ranganathan, J. Al-Muhtadi, and R. H. Campbell, "Reasoning about Uncertain Contexts in Pervasive Computing Environments", IEEE Pervasive Computing, vol. 3 no. 2, pp.62-70, 2004
- [6] Adrian K. Clear, Simon Dobson, "An Approach to Dealing with Uncertainty in Context-Aware Pervasive System", In Proceedings of the UK/IEE SMC Cybernetic Systems Conference 2007, IEEE Press, 2007
- [7] Tao Gu, Hung Keng Pung and Da Qing Zhang, "A Bayesian Approach For Dealing With Uncertain Contexts", In Proceedings of the 2nd International Conference on Pervasive Computing, Austrian Computer Society, 2004