

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 연합 상황 정보 관리를 위한 상황 정보 제공자 선택 기법

한주연, 조호윤, 박인석, 현순주

한국정보통신대학교, 공학부, 데이터베이스 시스템 연구실

{hanjy, jonajoho, ispark, shyun}@icu.ac.kr

Context Source Selection for Federated Context Management in Ubiquitous Computing Environments

Joo-Yeon Han, Ho-Yun Cho, In-Suk Park, Soon-Joo Hyun

Database System Lab, School of Eng., Information and Communication University

요 약

최근 상황정보 관리의 범위가 단일 도메인에서 다중 도메인으로 확장되면서 사용자의 상황정보는 사용자가 위치하고 있는 도메인뿐만 아니라 여러 도메인에 연관되게 되고 그로 인해 제공될 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 서비스가 점점 다양해졌다. 다중도메인 환경에서 같은 종류의 상황정보는 다수의 로컬 상황정보 관리자에 의해 제공될 수 있기 때문에, 해당 상황정보에 대한 적합한 로컬 상황정보 관리자가 글로벌 상황정보관리자에 의해 선택되어야 한다. 본 논문에서 우리는 하나의 글로벌 상황정보 관리자와 여러 개의 로컬 상황정보 관리자로 구성된 연합 구조를 제안하고, 연합 상황정보 처리를 위해 상황정보 제공자 선택 문제에 대해 논하고 선택 방법을 제안한다. 또한 연합 상황정보 관리에서 어떻게 이 선택 방법이 상황추론의 결과를 향상시키는지 보여준다.

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용자는 여러 도메인을 옮겨 다닌다. 집에서 잠자기 병원에서 진찰을 받고 헬스장에서 운동을 한다. 이런 사용자의 이동성 때문에 상호도메인 상황(inter-domain situation)에 대해 고려해야 할 필요성이 대두되었다. 상호도메인 상황은 여러 도메인의 상황정보들을 이용하여 인지할 수 있는 상황을 뜻한다. 가령, 철수는 집, 병원, 헬스장 세 상황인지 도메인에 속해있고, 세 도메인은 하나의 연합 도메인을 구성한다. 심장병을 가지고 있는 철수에게 운동 중에 심박수가 높아지는 것은 위험하다. 철수가 어느 도메인에 있든지 이 응급 상황을 인지해서 적절한 경고 장비를 통해 그에게 경고해줘야 한다. 철수가 헬스장에서 운동을 하고 있다면 그의 심박수는 헬스장의 상황정보 관리자에 의해 감지될 것이고 그의 병원 기록은 병원의 상황정보 관리자에 의해 제공될 것이다. 이 응급 상황을 인지하기 위해서는 병원뿐만 아니라 헬스장의 상황정보도 필요하므로 이 상황은 상호도메인 상황이다. 이 상황이 인지되면 응급상황 경고 서비스가 제공된다. 이렇게 로컬 상황관리자들의 연합을 통해 새로운 상황인지 서비스들이 제공될 수 있다.

로컬 상황정보 관리자는 자신의 도메인의 상황정보만을 관리하기 때문에 상호도메인 상황을 인지할 수 없다. 따라서, 글로벌 상황정보 관리자가 다중 도메인의 상황정보와 상호도메인 상황을 관리해야 한다. 글로벌 상황정보 관리자는 상호도메인 상황 법칙을 바탕으로 상황인지 서비스를 정의한다. 본 논문은 글로벌 상황정보 관리자와 로컬 상황정보 관리자로 구성된 연합 구조를 제안한다. 각 로컬 상황정보 관리자는 자기

도메인의 상황정보를 관리하고 도메인특화 상황(domain-specific situation)을 인지한다. 글로벌 상황정보 관리자는 상호도메인 상황을 인지하거나 도메인특화 상황을 해당 로컬 상황정보 관리자에게 할당한다.

상호도메인 상황을 인지하기 위해서 글로벌 상황정보 관리자는 여러 도메인의 상황정보를 필요로한다. 다중 도메인에는 여러 개체(entity 예: 사람, 장치, 방 등)가 존재하며 여러 종류(type 예: 위치, 행동, 온도 등)의 상황정보도 존재한다. 다중도메인에는 같은 종류의 상황정보를 제공하는 로컬 상황정보 관리자가 여러 개 있을 수 있으므로, 글로벌 상황정보 관리자는 같은 종류의 상황정보를 여러 제공자로부터 얻을 수 있다. 하지만 로컬 도메인은 시시각각 변하기 때문에 여러 상황정보 제공자는 같은 정보의 상황정보에 대해 서로 다른 값을 가질 수 있다. 앞에서 예로 든 다중도메인 시나리오에서, 글로벌 상황정보 관리자가 상황을 인지하고 상황인지 서비스를 제공하기 위해 철수의 선호정보장치에 대한 상황정보가 필요하다. 하지만 집 도메인에서 그의 선호정보장치는 home server이고, 헬스장 도메인에서는 exercise manger(사용자마다 제공된 휴대장치)이다. 만약 글로벌 상황관리자가 임의로 집의 상황정보 제공자를 선택했다면 응급경보가 집의 home server에서 울릴 것이다. 따라서 다중도메인에서 글로벌 상황정보관리자가 임의로 한 상황정보 제공자를 선택하면 상황추론의 결과가 잘못되거나, 의도 했던 상황인지 서비스가 제공되지 않거나 의도하지 않은 서비스가 제공될 수 있다.

우리의 연합 구조는 여러 데이터베이스 시스템을 하나의 연합 데이터베이스로 통합시켜주는 연합 데이터베이스 시스템과

유사하다. 연합 데이터베이스 시스템에는 데이터베이스간 불일치에 관한 연구가 많이 있어왔다 [4]. 연합데이터베이스에서 애트리뷰트 값의 충돌 문제는 상황정보 제공자 선택 문제와 유사하다. 연합 데이터베이스는 추가적인 속성(예: 비용, 시간, 우선순위 등)을 기반으로 서로 다른 두 값을 평가하고 가장 적절한 값을 선택한다. 하지만 속성기반의 선택 방법은 모든 경우의 상황정보 제공자 중복에 적용될 수 없다.

상황정보 관리 분야의 대부분의 연구는 단일 도메인에 한정되어 있으나 다중도메인에 대한 연구가 몇몇 존재한다[1][2]. 이 연구들은 다중도메인을 위한 개념적인 시스템 구조를 제안하고 있다. 하지만, 이 연구들은 서로 다른 도메인의 상황정보간 충돌 문제를 고려하지 않고 있다. DJess는 서로 다른 추론 시스템간에 fact과 rule을 공유할 수 있게 해준다 [3]. 하지만, 중복된 상황정보 제공자에 대한 고려를 하지 않고 있다.

본 논문은 아래와 같이 구성되어있다. 2절은 다중도메인에서 상황정보 관리를 위한 연합구조의 설명이 있다. 3절은 다중도메인에서 중복된 상황정보 제공자의 분석이 소개되고 4절에서는 상황정보 제공자 선택 기법을 설계하고 개발한다. 5절에서는 전체 시스템 설계와 구현을 보여준다. 6절은 제안된 선택 기법의 성능을 측정한다. 7절은 이 논문의 결론이 나온다.

2. 개관

2.1. 상황정보, 상황정보 제공자 그리고 상황 법칙

이 논문에서 우리는 온톨로지 기반의 상황정보 모델링과 추론 방법을 가정하고 있다. 온톨로지 기반의 상황정보 모델링에서 하나의 상황정보는 기존의 여러 연구에서 사용되고 있는 triple 구조로 나타낼 수 있다: <subject, predicate, object> [5]. Subject는 상황정보와 관련된 개체를 나타내고, predicate는 상황정보의 종류를 나타내고, object는 상황정보의 값을 나타낸다. 예를 들어, <Chulsu, locatedAt, BedRoom>은 침수가 침실에 있는 뜻이다. 이 triple 구조는 OWL 언어를 이용하여 표현될 수 있다. 또한 우리는 상황정보 제공자를 <subject, predicate>로 나타낸다. 예를 들어, <Chulsu, locatedAt>은 침수의 위치에 대한 상황정보를 제공하는 제공자를 나타낸다.

우리는 상황인지 컴퓨팅 분야에서 상황인지를 위해 가장 널리 쓰이는 방법 중에 하나인 first-order logic (FOL) 추론 기법을 가정한다. FOL 추론에서의 fact와 inference rule은 상황인지 컴퓨팅의 상황정보(context)와 상황 법칙(context rule)이라고 볼 수 있다. 상황 법칙은 인지하고자 하는 상황이나 고차원의 상황정보를 나타낸다.

2.2. 상황정보 관리를 위한 연합 구조

연합구조는 하나의 글로벌 상황정보 관리자(CM: context manager)와 여러 개의 로컬 상황정보 관리자로 구성된다. 글로벌 CM은 관련된 상황정보를 로컬 CM들에게 요청한다. 각 로컬 CM은 해당 도메인의 도메인특화 상황만을 처리한다. 상황 법칙이 글로벌 CM에 등록되면 글로벌 CM은 법칙을 분석하여 상호도메인 법칙인지 도메인특화 법칙인지 판단한다 [6]. 상호도메인 법칙인 경우, 글로벌 CM이 법칙을 처리하고, 도메인 특화 법칙인 경우, 글로벌 CM이 법칙을 해당 로컬 CM에

보내고 그 로컬 CM이 법칙을 처리한다. 각 로컬 CM은 상황정보를 관리하고 자기 도메인의 상황 이벤트를 처리한다. 글로벌 CM은 상호도메인 법칙에 관련된 상황정보를 로컬 CM들로부터 가져와 자신의 knowledge base (KB)에 저장하고 관련 상황정보의 변화 이벤트를 구독(subscription)한다. 관련 상황 이벤트의 구독에 의해 글로벌 CM은 불필요한 상황 이벤트 처리를 피할 수 있다. 로컬 CM의 관련 상황정보가 변할 때마다, 상황정보 변화 이벤트가 글로벌 CM에 전달된다. 글로벌 CM과 로컬 CM이 상황정보를 공유하기 위해 글로벌 CM은 상위(upper) 온톨로지와 도메인특화(domain-specific) 온톨로지 구성된 통합 온톨로지와 온톨로지 맵핑(mapping)을 가진다. 상위 온톨로지는 사람, 위치, 행동과 같은 기본 개념과 개념간의 관계를 정의하고 있다. [7]. 도메인특화 온톨로지는 상위 온톨로지로부터 만들어지는데 도메인에 특화된 개념과 개념간의 관계를 정의하고 있다. 또한, 같은 개념과 관계가 서로 다른 온톨로지서 서로 다른 용어로 표현될 수 있다. 온톨로지 맵핑은 이 용어들 간의 관계를 나타낸다. 그림 1은 글로벌 CM과 로컬 CM의 연합 구조를 자세히 나타낸다.

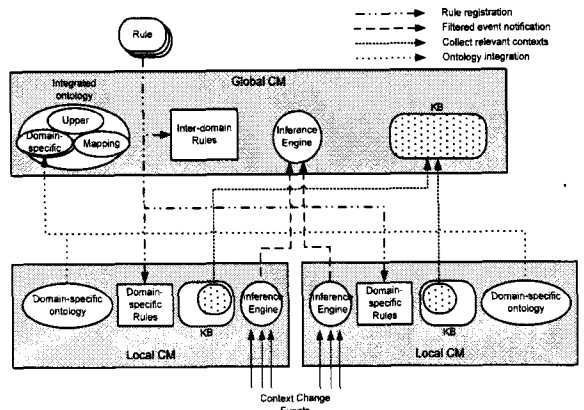


그림 1. 글로벌 CM과 로컬 CM의 연합구조

예를 들어, 이전 다중 도메인 시나리오에서, 글로벌 CM은 관련 상황정보(예: 침수의 질병, 행동, 심박수 상황정보)를 로컬 CM들로부터 수집해서 자신의 KB에 저장한다. 만약 헬스장 도메인의 침수의 심박수 상황정보가 변화하면 해당 로컬 CM은 이 상황정보 변화 이벤트를 글로벌 CM에 보낸다. 그 후, 글로벌 CM은 상황 추론 작업을 수행한다. 만약 상호도메인 법칙이 만족되면, 경보 서비스가 활성화된다.

연합 구조는 도메인특화 법칙을 로컬 CM에 맡기므로 해서 글로벌 CM에 집중된 상황추론 작업의 부담을 로컬 CM들로 분산시켜주고 다중 로컬 CM의 병렬성을 이용할 수 있다. 또한 관련된 상황 이벤트만을 구독함으로써 불필요한 상황 이벤트 처리를 피할 수 있다. 이 연합 구조를 구현하기 위해 관련된 몇 가지 이슈가 있다.

가) 어떻게 상호도메인 법칙과 도메인특화 법칙을 구분할 것인가: 상황 법칙이 글로벌 CM에 등록되면, 상호도메인 법칙과 도메인특화 법칙을 구분해야 한다. 글로벌 CM은 그 법칙을

분석하여 패턴들을 뽑아낸다.

나) 어떻게 상호도메인 법칙에 관련된 상황정보를 알아낼 것인가: 등록된 법칙이 상호도메인 법칙으로 판명되면, 글로벌 CM은 그 상호도메인 법칙을 추론하는데 필요한 상황정보를 찾아내야 한다. 글로벌 CM은 법칙의 패턴들로부터 관련된 상황정보의 개체와 종류를 알아낸다.

다) 어떻게 다중 도메인의 온톨로지를 하나의 온톨로지로 통합할 것인가: 글로벌 CM과 로컬 CM간 상황정보를 공유하기 위해 로컬 CM의 온톨로지들을 하나의 온톨로지로 통합해야 한다.

라) 어떻게 서로 다른 도메인의 중복된 상황정보 제공자들을 처리할 것인가: 다중도메인에서 글로벌 CM은 여러 상황정보 제공자로부터 같은 종류의 상황 정보를 제공받는다. 정확한 상황추론 결과를 위해 글로벌 CM은 가장 적절한 상황정보 제공자를 선택해야 한다.

마) 어떻게 글로벌 CM과 로컬 CM의 KB들을 일치 시킬 것인가: 글로벌 CM의 상황정보는 로컬 CM의 상황정보의 복사본이고 유비쿼터스 환경에서 로컬 도메인은 시시각각 변하므로, 글로벌 CM과 로컬 CM의 KB들간에 일치성(coherence)을 유지해야 한다.

이 논문에서 우리는 위의 이슈들 중 여러 상황정보 제공자 선택 문제(라)에 대해 연구한다.

3. 다중 도메인의 중복된 상황정보 제공자

본 절에서 우리는 중복된 상황정보 제공자를 정의하고, 중복된 상황정보 제공자의 선택 기준을 알아내기 위해 개체와 상황정보 종류를 분류한다. 그 후, 중복된 상황정보 제공자의 도메인 기반의 선택 기법을 제안한다.

3.1. 중복된 상황정보 제공자

다중 도메인에는 같은 종류의 상황정보를 제공하는 여러 상황정보 제공자가 있다. 2.1절에서 언급했듯이, 상황정보 제공자는 <subject, predicate> 형식으로 나타낸다. 글로벌 CM은 이 두 요소를 비교하여 중복된 상황정보 제공자를 찾아낼 수 있다. 같은 개념이 서로 다른 온톨로지에서 서로 다른 용어로 표현될 수 있다. 따라서, 통합 온톨로지의 온톨로지 맵핑의 정보를 고려해야 한다. 온톨로지 맵핑 정보는 개념 간의 일치를 담고 있다. 일치성을 나타내기 위해 OWL의 특수 용어(예: equivalentClass, equivalentProperty, sameAs)가 이용된다 [8]. 중복 상황정보 제공자는 아래와 같이 정의된다.

정의1. 주어진 상황정보 제공자 $S_1 = \langle s_1, p_1 \rangle$ 과 $S_2 = \langle s_2, p_2 \rangle$ 에서,
 $((s_1 = s_2) \vee \langle s_1, owl:sameAs, s_2 \rangle) \wedge$
 $((p_1 = p_2) \vee \langle p_1, owl:equivalentProperty, p_2 \rangle) \wedge$
 $(S_1 \text{의 도메인} \neq S_2 \text{의 도메인})$
 $\Rightarrow S_1$ 과 S_2 는 중복된 상황정보 제공자.

글로벌 CM은 S_1 과 S_2 로부터 같은 종류의 상황정보를 얻을 수 있다. 표1은 중복된 상황정보 제공자의 예를 보여준다. S_1 과 S_2 는 상황정보 제공자이고 M_1 는 맵핑정보를 나타내고 있

다.

표 1. 중복된 상황정보 제공자의 예

$S_1: \langle home:Chulsu, person:preferredAlarmingDevice \rangle$ $S_2: \langle fitness:ChulsuKim, person:preferredAlarmingDevice \rangle$ $M_1: \langle home:Chulsu, owl:sameAs, fitness:ChulsuKim \rangle$

이 예에서 S_1 과 S_2 는 중복된 상황정보 제공자들이다. 두 요소를 비교하여 한 쌍의 중복된 상황정보 제공자를 찾아낼 수 있다.

3.2. 개체(entity)의 세 분류

글로벌 CM은 상황정보 제공자를 선택할 기준이 필요하다. 우리는 상황정보의 개체와 종류를 분석하여 선택 기준을 찾았다. 다중 도메인에서 개체는 두 가지로 분류할 수 있다: 로컬 개체(local entity)와 글로벌 개체(global entity). 이 분류는 개체의 범위에 기반하고 중복된 상황정보 제공자가 존재할 가능성을 결정짓는다. 로컬 개체의 상황정보는 하나의 도메인 안에서만 사용 가능하고 글로벌 개체의 상황정보는 다중 도메인에서 사용 가능하다. 또한 글로벌 개체는 다시 두 가지로 분류할 수 있다: 이동성 개체(mobile entity)와 비이동성 개체(immobile entity). 이동성 개체는 도메인간을 움직여 다니지만 비이동성 개체는 이동성이 없다. 그림 2는 개체의 세 가지 분류를 보여준다.

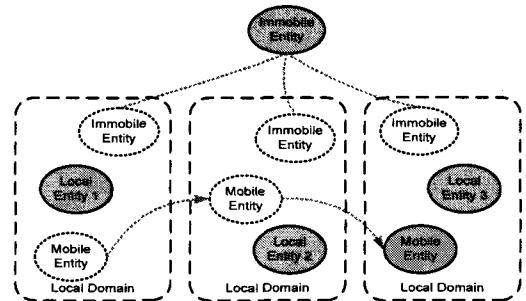


그림 2. 개체의 세 가지 분류

가) 로컬 개체: 로컬 개체는 한 도메인에 속해있고 그 도메인에 머물러있는 개체를 말한다. 로컬 개체의 상황정보는 해당 도메인에서만 얻을 수 있으므로 중복된 상황정보 제공자가 존재하지 않는다. 예를 들어, 철수의 집 거실에 TV는 로컬 개체이다. 집 도메인의 로컬 CM만이 글로벌 CM에게 TV의 상황정보를 제공하는 유일한 상황정보 제공자가 된다.

나) 글로벌 이동성 개체: 이동성 개체는 여러 도메인을 이동하면서 일련의 상황 이벤트를 만들어내며 움직이는 개체를 말한다. 이동성 개체에 관련된 상황정보는 여러 도메인에서 이용 가능하다. 예를 들어 철수는 집에서 잠을 자고 헬스장에서는 운동을 한다. 글로벌 CM은 철수의 이러한 행동(activity) 상황정보를 두 로컬 CM으로부터 얻을 수 있다. 따라서 이동성 개체의 임의의 상황정보 제공자는 중복된 상황정보 제공자일 수 있다.

다) 글로벌 비이동성 개체: 비이동성 개체는 이동성을 가지지

않은 글로벌 개체를 말한다. 비이동성 개체의 상황정보는 다중 도메인에서 사용 가능하지만 여러 도메인을 움직이지 않는다. 예를 들어, 날씨는 비이동성 개체이다. 여러 로컬 CM들이 오늘의 날씨에 관련된 상황정보를 가지고 있을 수 있다. 글로벌 CM은 여러 로컬 CM들로부터 오늘 비을 확률에 대한 상황정보를 얻을 수 있다. 따라서, 비이동성 개체와 관련된 상황정보 제공자는 중복된 상황정보 제공자일 수 있다.

결론적으로 글로벌 이동성 개체와 글로벌 비이동성 개체의 상황정보는 여러 상황정보 제공자에 의해 중복 제공될 수 있다. 따라서 글로벌 CM이 글로벌 이동성 개체나 글로벌 비이동성 개체의 상황정보가 필요할 때는 반드시 적절한 상황정보 제공자를 선택해야 한다.

3.3. 상황정보 종류(context type)의 두 가지 분류

모든 상황정보는 종류(예: 행동, 상태, 위치)를 가진다. 상황정보 종류의 분류는 중복된 상황정보를 선택하는 기준을 제공한다. 우리는 상황정보의 종류를 두 가지로 분류하였다: 도메인의존 상황정보 종류(domain-dependent context type)과 도메인독립 상황정보 종류(domain-independent context type).

가) 도메인의존 상황정보 종류: 각 상황정보는 그 상황정보가 만들어진 원천 도메인을 가진다. 도메인의존 종류의 상황정보는 해당 개체의 현재 위치한 도메인과 그 상황정보의 원천 도메인이 같아야 의미가 있다. 예를 들어, '행동 종류'는 도메인의존 종류이다. 만약 철수가 헬스장에 있다면, 헬스장 도메인에서 생성된 철수의 행동 상황정보는 의미가 있다. 하지만, 다른 도메인의 철수의 행동 상황정보는 의미가 없다.

나) 도메인독립 상황정보 종류: 모든 상황정보 종류가 도메인의존 상황정보 종류는 아니다. 예를 들어, 나이는 도메인의존 상황정보가 아니다. 비록 철수가 헬스장에 있다 하더라도, 병원 도메인의 철수의 나이 상황정보가 의미 없다고 할 수 없다. 이런 상황정보 종류가 도메인독립 종류이다.

결론적으로 다중도메인에서 개체의 현재 도메인에 대한 정보는 적절한 상황정보 제공자를 선택하는데 중요한 정보이다. 하지만 모든 상황정보가 개체의 현재 도메인에 의존적이지는 않다.

3.4. 도메인기반 선택 기법

상호도메인 법칙이 글로벌 CM에 등록되면, 글로벌 CM은 관련된 상황정보를 로컬 CM들로부터 수집한다. 이동성 개체인 경우, 개체가 여러 도메인을 옮겨 다니므로, 현재 도메인이 상황정보 선택에 있어 가장 중요한 기준이 된다. 따라서, 관련된 상황정보가 이동성 개체의 상황정보라면, 글로벌 CM은 그 개체가 현재 위치하고 있는 도메인의 상황정보 제공자를 선택한다. 이것이 도메인기반 선택 기법이다. 즉, 이동성 개체이고 도메인의존 상황정보 종류의 경우, 글로벌 CM은 도메인기반 선택 기법을 사용한다.

하지만 이동성 개체의 모든 상황정보를 현재 도메인 기준으로 판단할 수 없다. 이동성 개체이고 도메인독립 상황정보 종류의 경우, 개체의 현재 도메인을 기반으로 상황정보 제공자를 선택할 수 없다. 글로벌 CM은 임의로 상황정보 제공자를

선택하거나 상황정보의 추가적인 속성을 이용해야 한다. 추가적 속성을 고려한 선택 기법이 상황정보의 질적 측면에서 임의로 선택하는 기법보다 바람직할 것이다. 추가적인 속성으로 quality of context (QoC)에서 흔히 쓰이는 속성을 사용한다: 시간, 정확도, 신뢰도, 해상도 [8][9].

표2는 개체의 분류와 상황정보 종류의 분류에 따른 선택기법을 보여준다. 로컬 개체는 중복 상황정보 제공자가 존재하지 않고, 비이동성 개체는 도메인의존 종류의 상황정보를 가지지 않으므로, 이에 해당하는 칸은 비워두었다.

표 2. 선택 기법

	Mobile entity	Immobile entity	Local entity
Domain-dependent context type	Domain-based selection	n/a	n/a
Domain-independent context type	Random or property-based selection	Random or property-based selection	n/a

이동성 개체이면서 도메인의존 종류인 상황정보 제공자일 때, 도메인기반의 선택기법(domain-based selection scheme)을 이용하고 나머지 경우는 임의의 선택기법(random selection scheme)을 이용한다.

4. 글로벌 상황정보 관리자를 위한 상황정보 제공자 선택 기법

4.1. 분류(classification)에 대한 메타데이터

글로벌 CM이 관련된 상황정보를 로컬 CM으로 부터 수집할 때, 글로벌 CM은 어떤 상황정보 제공자가 중복될 수 있는지 도메인기반 선택 기법과 임의의 선택 기법 중 어떤 선택 기법을 사용해야 하는지 알아야 한다. 온톨로지 설계자는 상황정보의 개체와 종류의 분류에 대한 정보를 글로벌 CM의 통합 온톨로지에 함께 정의한다.

온톨로지의 설계자는 해당 도메인의 전문가이기 때문에 개체와 그 개체와 관련된 상황정보 종류의 분류에 대한 지식 및 경험을 가지고 있을 것이다. 표 3에서 철수는 사람(person)이고 사람은 이동성 개체이다. 따라서 철수는 이동성 개체이다. 또한, 질병(disease) 상황정보의 종류는 도메인독립 종류이고 행동(activity) 상황정보의 종류는 도메인의존 종류이다.

표 3. 분류에 대한 메타데이터 예

- 개체 분류의 메타데이터
<person:Person, owl:subClassOf, entity:MobileEntity>
<person:Chulsu, rdf:type, person:Person>
- 상황정보 종류의 분류의 메타데이터
<hospital:hasDisease, owl:classifiedAs, contextType:DomainIndependent>
<person:hasActivity, owl:classifiedAs, contextType:DomainDependent>

4.2. 상황정보 제공자 선택 기법

도메인기반 선택 기법을 사용하기 위해 글로벌 CM은 모든

이동성 개체의 현재 도메인에 대해 알고 있어야 한다. 이동성 개체는 일련의 위치 상황정보의 변화 이벤트를 발생시키며 여러 도메인을 옮겨 다닌다. 글로벌 CM은 이동성 개체의 위치 상황정보에 대한 변화 이벤트를 구독(subscribe)한다. 이동성 개체의 위치가 변할 때마다, 변화 이벤트가 글로벌 CM에 전달된다. 만약 새 위치에 대한 변화 이벤트의 원천 도메인이 가장 최근 전달되었던 위치 상황정보의 변화 이벤트의 원천 도메인과 다르다면, 이동성 개체의 현재 도메인이 바뀐 것이다. 이렇게 함으로써, 글로벌 CM은 모든 개체의 현재 도메인에 대해 추적할 수 있다.

글로벌 CM이 로컬 CM에게 상황정보를 질의하고 상황정보 변화 이벤트를 구독할 때, 글로벌 CM은 상황정보 제공자 선택 문제에 직면한다. 법칙 등록과 상황정보 이벤트 처리가 글로벌 CM이 상황정보 제공자 선택 기법을 필요로 하는 주요 작업이다.

상황 법칙이 최초로 글로벌 CM에 등록될 때, 글로벌 CM은 상호도메인 법칙인지 도메인특화 법칙인지 판단한다. 만약 상호도메인 법칙이면, 글로벌 CM은 그 법칙을 분석하여 관련 상황정보를 알아낸다. 관련 상황정보를 수집하기 전, 글로벌 CM은 모든 관련 상황정보에 대해 중복된 상황정보 제공자가 있는지 검사한다. 만약 중복된 상황정보 제공자가 이동성 개체의 상황정보이고 도메인기반 상황정보 종류라면, 글로벌 CM은 하나의 상황정보 제공자를 도메인기반 선택기법을 이용하여 선택한다. 그 후, 글로벌 CM은 수집된 상황정보의 제공자에게 상황정보 변화 이벤트 구독을 신청한다. 끝으로 상황 법칙을 글로벌 CM의 추론 엔진에 등록한다.

상황 법칙이 글로벌 CM에 등록된 후, 관련 상황정보의 상황 이벤트가 지속적으로 글로벌 CM에 전달된다. 또한 이동성 개체의 위치 상황정보에 대한 이벤트도 전달된다. 상황 이벤트가 글로벌 CM에 전달되면, 글로벌 CM은 그 이벤트가 이동성 개체의 위치 상황정보의 이벤트이고 그 이동성 개체의 현재 도메인이 바뀌었는지 검사한다. 만약 현재 도메인이 바뀌었다면, 글로벌 CM의 KB에 수집되어있는 이동성 개체의 상황 정보 중에 도메인기반 종류의 상황정보는 새 도메인의 상황정보로 갱신되어야 한다. 글로벌 CM은 이 상황정보를 해당 도메인의 로컬 CM에 질의하고 새 상황정보로 갱신한다. 그 후, 글로벌 CM은 그 상황정보에 대한 구독도 새 도메인으로 바꾸어준다. 마지막으로 글로벌 CM의 추론 엔진은 상황 추론 작업을 수행한다.

5. 시스템 설계와 구현

우리는 온톨로지 모델링과 로직기반 추론을 기반으로 글로벌 CM을 구현하였다. JDK 5.0과 OWL, Jess 추론 엔진을 이용하였다. 그림 3은 글로벌 CM의 구조를 나타낸다. 가장 큰 점선의 사각형은 글로벌 CM이고, 몇 개의 구성 요소를 가진다: *Knowledge Base*, *Inference Engine*, *Context Rule Parser*, *Context Source Selector*, *Context Collector*, *Current Domain Tracker* and *Context Event Handler*. 로컬 CM들은 글로벌 CM의 아래에 나타나있으며 글로벌 CM과 상호 운용된다.

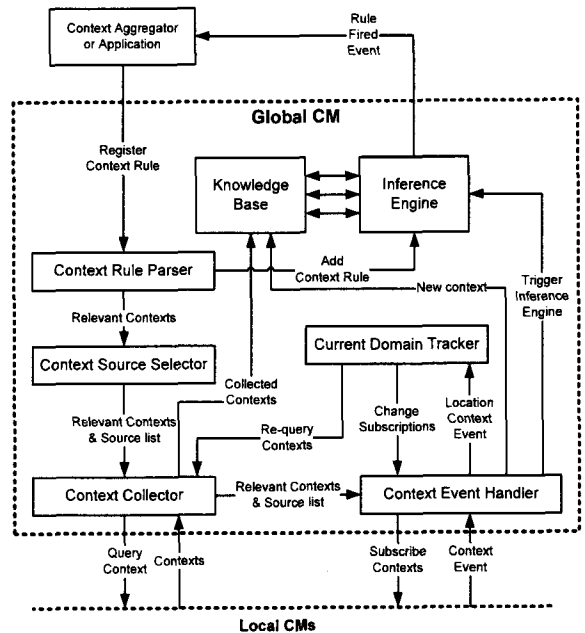


그림 3. 글로벌 CM의 시스템 구조

Context Rule Parser는 등록된 상황법칙이 상호도메인 법칙인지 판단하고 관련 상황정보를 알아내는 역할을 가진다. Context Source Selector는 관련 상황정보를 수집하기 전에 중복 상황정보 제공자가 있는지 어떤 상황정보 제공자로부터 수집해야 하는지 결정하는 역할을 가진다. Context Collector는 실제 로컬 CM으로부터 관련된 상황정보를 수집하는 역할을 가진다. Current Domain Tracker는 이동성 개체의 현재 도메인에 대해 추적, 갱신하는 역할을 가진다. 마지막으로 Context Event Handler는 로컬CM에서 전달된 상황 이벤트를 처리하고 이동성 개체의 현재 도메인에 변경되었다면 해당 상황정보를 갱신하는 역할을 한다.

6. 성능 시험

이 절에서는 도메인 기반의 선택 기법이 다중도메인에서 글로벌 CM의 정확도를 향상시킨다는 것을 입증한다. 평가를 위해, 앞서 언급한 다중도메인 시나리오를 수행시켰다. 각 로컬 CM은 철수의 행동, 심박수, 선호경보장치에 대한 상황정보 등을 가지고 있고, 병원 도메인의 로컬 CM만이 철수의 질병에 대한 상황정보를 가진다. 철수는 집, 병원, 헬스장 도메인을 임의의 돌아다닌다. 한 도메인에 들어가서는 해당 도메인의 상황정보들 중에 임의로 하나를 선택하여 변화시킨다. 10번 이내에 상황정보를 변화시키고 다시 다른 도메인으로 이동한다. 그리고 철수는 총 1000번의 상황정보 변화를 수행한다고 가정한다. 이 시나리오의 상황 법칙은 다음과 같다.

```
<person:John, hospital:hasDisease,
hospital:HeartDisease> ^
<person:John, person:hasActivity,
```

```

person:Exercising> ^
<person:John, health:heartRate, health:High> ^
<person:John,
person:preferredAlarmingDevice, ?d>
=> <?d, device:alarm,
health:WarningHeartAttack>
    
```

도메인기반 선택 기법이 상황 추론의 정확도를 향상시킨다는 것을 보여주기 위해 두 경우에 대해 실험하고 비교하였다. 첫 번째 경우는 글로벌 CM이 도메인 기반 선택 기법을 이용하는 것이고, 두 번째 경우는 임의선택 기법을 이용하는 것이다.

매 상황정보 이벤트마다 네 요소의 횟수를 센다: 기대 인지, 참 인지, 거짓 인지, 누락 인지.

가) 기대 인지: 상황정보 변할 때마다 전체 도메인의 상황이 변한다. 각 상황마다 글로벌 CM에 의해 인지되어야 한다고 기대되는 상황이 있다. 이런 상황의 횟수가 기대 인지의 횟수이다.

나) 참 인지: 글로벌 CM에 의해 인지 되어야 한다고 기대되는 상황에 실제 글로벌 CM이 인지한 횟수이다.

다) 거짓 인지: 기대 상황이 아닌데 실제 글로벌 CM이 인지한 횟수이다.

라) 누락 인지: 기대 상황에 실제 글로벌 CM이 인지하지 못한 횟수이다.

그림 4는 도메인기반 선택과 임의 선택 기법의 비교 결과를 보여준다. 100번 실험하여 네 요소에 대해 횟수를 세어 평균을 계산했다. 도메인기반 선택 기법의 경우, 누락 인지가 없지만 임의 선택 기법의 경우, 모든 기대 상황 중에 29.5%만 인지하고 70.5%는 인지 하지 못했다. 또한 도메인기반 선택 기법의 경우 거짓 인지가 없었다. 하지만 임의 선택 기법의 경우는 글로벌 CM이 인지한 상황 중에 72.2%가 거짓 인지였다.

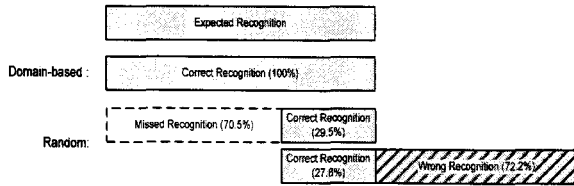


그림 4. 도메인기반 선택과 임의선택 기법의 비교

도메인기반 선택 기법에서 글로벌 CM은 현재 도메인을 기반으로 상황정보 제공자를 선택하고 현재 도메인의 변화에 따라 수집된 상황정보를 갱신하기 때문에, 상호도메인 상황을 놓치지 않고 인지 할 수 있다. 하지만 임의 선택 기법에서 글로벌 CM은 이동성 개체의 현재 도메인을 고려하지 않기 때문에 거짓 인지와 누락 인지의 비율이 높다.

7. 결론

본 논문에서 우리는 다중도메인에서의 상황정보 관리를 위한 연합 구조를 제안하고, 서로 다른 도메인으로부터 수집된 중복 상황정보 제공자 선택을 위한 도메인기반 선택 기법을 제안하였다. 연합구조에서 글로벌 CM은 로컬 도메인의 여러 로컬 CM과 상황정보를 공유할 수 있고 다중도메인에 관련 있

는 상호도메인 상황 범칙을 인지할 수 있다. 또한 연합구조는 글로벌 CM에 집중된 상황 추론 작업을 로컬 CM들로 분산시킬 수 있고 글로벌 CM의 불필요한 상황 이벤트 처리 작업을 피할 수 있어 다중도메인에서 글로벌 CM의 상황 추론 정확도를 향상시킨다.

Acknowledgement

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기술개발사업의 지원에 의한 것임.

참고 문헌

- [1] Saad Liaquat Kiani, Maria Riaz, Sungyoung Lee, Young-Koo Lee, "Context Awareness in Large Scale Ubiquitous Environments with a Service Oriented Distributed Middleware Approach", *Fourth Annual ACIS International Conference on Computer and Information Science*, 2005.
- [2] Jalal Al-Muhtadi, Shiva Chetan, Anand Ranganathan and Roy Campbell, "Super Spaces: A Middleware for Large-Scale Pervasive Computing Environments", *Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, 2004.
- [3] Federico Cabitza, Marcello Sarini, Bernardo Dal Seno, "DJess - a context-sharing middleware to deploy distributed inference systems in pervasive computing domains", *ICPS '05. Proceedings. International Conference on Pervasive Services*, 2005.
- [4] Philipp Anokhin, Amihai Motro, "Data Integration: Inconsistency Detection and Resolution Based on Source Properties", *Proceedings of FMII-01, International Workshop on Foundations of Models for Information Integration*, 2001.
- [5] Matthias Baldauf, Schahram Dustdar and Florian Rosenberg, "A Survey on Context-Aware Systems", *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 2004.
- [6] Alon Y. Levy, Richard E. Fikes, Yehoshua Sagiv, "Speeding up inferences using relevance reasoning: a formalism and algorithms", *Artificial Intelligence*, Vol. 97, Issue 1-2 (December 1997), Special issue on relevance, pp. 83-136, 1997.
- [7] Tao Gu, Xiao Hang Wang, Hung Keng Pung, Da Qing Zhang, "An Ontology-based Context Model in Intelligent Environments", *In Proceedings of Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference (CNDS 2004)*, pp. 270-275. San Diego, California, USA, January 2004.
- [8] Maria Chantzara, Miltiades Anagnostou, Efstathios Sykas, "Designing a Quality-Aware Discovery Mechanism for Acquiring Context Information", *Proceedings of the 20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, 2006.
- [9] Thomas Buchholz, Axel Kupper, Michael Schiffrers, "Quality of Context Information: What it is and why we need it", *In 10th International Workshop of the HP OpenView University Association (HPOVUA 2003)*, Geneva, Switzerland, July, 2003.