

◆특집◆ Intelligent HCI를 위한 TSI 기술

유비쿼터스 환경에서의 상황 인지 시스템
- 연구 활동 소개 도우미 -

박지형*, 박연웅**

A Context-Aware System in Ubiquitous Environment
- Research Activity Guide Assistant -

J. H. Park*, M. W. Park**

Key Words : Ubiquitous Computing, Context-Aware System, Fuzzy Theory, Bayesian Network, Agent

1. 서론

이동통신이나 인터넷과 같은 네트워크 기술과 정보처리 기술이 발전함에 따라 컴퓨터의 개념이 매우 빠르게 변화하고 있다. 최근 컴퓨팅의 새로운 패러다임으로서 생활 환경내의 모든 물체에 센서나 내장 컴퓨터를 이용하여, 언제 어디서나 네트워크로 연결되고 의식하지 않는 상태에서도 지속적으로 인간과 컴퓨터가 인터랙션 하는 유비쿼터스 컴퓨팅이 대두되고 있다. 이러한 컴퓨팅 환경은 고정 및 이동 노드의 단순한 제어가 아닌 통합적인 관리와 상호연동을 필요로 하는 네트워크 환경으로의 발전을 의미한다. 또한, 변화하는 사용자의 지리적 위치, 행동 및 주변 환경 등과 같은 정보를 인지함으로써 사용자와의 통신 및 서비스를 가능하게 한다.

이와 같은 유비쿼터스 환경에서 사용자와 주변 환경에 대한 정보를 상황(Context)이라고 표현하며, 사용자의 환경으로부터 상황 정보를

획득하는 것을 상황 인지(Context-Awareness)라고 정의한다. 그리고 상황인지를 통해 획득된 정보를 분석함으로써 사용자에게 확립적으로 제공되는 서비스 환경으로부터 지양하고, 사용자에게 개별화된 환경 조건을 반영하는 맞춤형 서비스를 제공할 수 있게 된다.

본 특집에서는 최근 한국과학기술연구원의 중점 분야 연구로 수행되는 있는 실감형 공간(TSI: Tangible Space Initiative) 기술 개발 과제와 세부 과제인 반응형(RCS: Responsive Cyber Space) 공간 지능화 실감화 기술의 일부 결과인 유비쿼터스 환경에서의 상황 인지 시스템인 연구 활동 소개 도우미 시스템을 소개한다.

2. 상황인지 시스템

유비쿼터스 환경에서 사용자가 처해있는 특별한 환경이나 개인적인 특성을 분류하고 각 상황에 적합한 맞춤형 서비스를 제공할 수 있는 시스템에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 더불어 맞춤형 정보를 유추하는 과정에 있어서 불확실한 수치를 정량화하고 정형화하여 보다 편리하고 유용한 서비스를 제공하기 위한 다양한 방법론이 제시되고 있다.

이러한 연구와 관련하여 한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구센터에서는 최근 들어 반응형

* CAD/CAM 연구센터, 한국과학기술연구원
Tel. 02-958-5631, Fax. 02-958-5639
Email jhpark@kist.re.kr
** CAD/CAM 연구센터, 한국과학기술연구원
Tel. 02-958-5644, Fax. 02-958-5639
Email myon@kist.re.kr

사이버공간 (RCS: Responsive Cyber Space) 지능화
 실감화 기술을 개발하고 있다. 주요 연구로서
 ISA(Intelligent Software Agent) 기술을 개발하고
 있으며, 이는 실감 가상공간 및 현실 세계로부터
 센싱된 상황(Context) 정보를 지능적으로 탐색,
 추론하여 RCS(Responsive Cyber Space), TA(Tangible
 Agent), 현실 세계의 사용자에게 유용한 정보나
 서비스를 제공하는 기술을 포함한다.

본 연구에서는 새로운 개념으로 실감
 공간(Tangible Space)을 도입하고 있다. 이 공간은
 Fig. 1 에 보이듯이, 반응형 사이버 공간(RCS:
 Responsive Cyber Space), 사용자가 RCS 와
 자연스러운 상호작용이 가능하게 하는 TI(Tangible
 Interface), 실제세계와 RCS 사이에 존재하며
 RCS 와 상호작용을 하는 카메라, 이동 로봇 등의
 객체로 정의되는 TA(Tangible Agent)로 구성된다.
 여기에 반응형 사이버 공간(RCS)과 TI 나 TA 와의
 상호작용과 TI 와 사용자의 상호작용을 지원하는
 상황 인지 및 추론 기능을 갖는 ISA (Intelligent
 Software Agent) 기술이 추가된다.

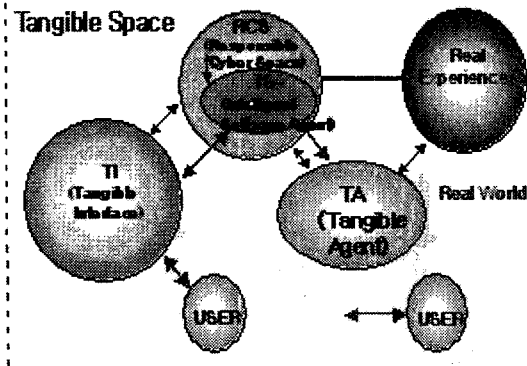


Fig. 1 Overview of Tangible Space

상황(Context)은 사용자와 응용시스템 사이에
 상호작용(interaction)이 일어나는 개체들인 사람,
 컴퓨팅 환경, 실제 주변 환경의 상황을 나타내는
 정보로 5W 1H 로 표현된다. 상황(Context) 정보를
 지능적으로 탐색, 추론하기 위한 ISA(Intelligent
 Software Agent) 개발을 위해서는 인공지능망, 퍼지
 논리, 유전자 알고리즘, 베이지안 네트워크,
 지식기반 시스템, 의사결정 트리 기술 등이
 이용된다.

현재 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 자동화된
 서비스를 제공하기 위한 상황인지 시스템의
 프레임워크에 대한 연구가 활발하게 진행되고
 있다. GATECH 에서는 센서 정보를 수집, 분석,
 해석하고 이를 어플리케이션에 전달하는 Context
 Toolkit 을 개발하였다. 또한, TecO 에서는 센서와
 응용 서비스를 통합하는 미들웨어로서 센서에서
 생성된 정보를 상황정보로 변환하여 모든 응용
 서비스에서 사용할 수 있도록 한 TEA-System 이
 제안되었다. 그리고 CMU 에서는 사용자나 대상
 객체를 관리하고, 객체와 객체 사이의 관계를
 지속적으로 관리함으로써 사용자에게 서비스를
 제공할 수 있는 Contextual Service Framework 에
 대한 연구가 진행되고 있다.

하지만, 이러한 상황인지 관련 연구에는
 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 이벤트 또는
 단순한 텍스트 형식의 정보가 서비스를
 실행시키기 위한 상황 정보로 이용되었기 때문에
 여러 서비스에서 공통으로 사용이 불가능하다.
 둘째, 수많은 센서와 어플리케이션간의 빈번한
 추가, 삭제, 변경 등에 의해 발생하는 오류나 자원
 관리가 쉽지 않은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서,
 센서와 서비스의 동적인 연결을 위해 중앙집중형
 방식을 채택함으로써 각 어플리케이션이나 서버의
 독립적인 운영환경이 쉽지 않다. 마지막으로,
 상황정보는 사용자에게 따라서 상이하고 이를
 통해서 맞춤형 서비스 제공이 가능하기 때문에
 개별적인 상황정보를 습득할 수 있는 메커니즘이
 필요하다.

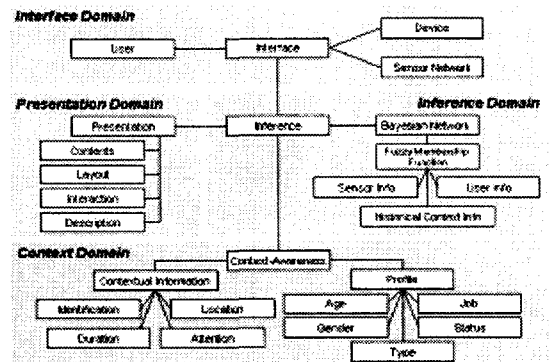


Fig. 2 Architecture of context-aware system

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해, 인터페이스, 컨텍스트(상황), 추론, 프리젠테이션의 4 가지 도메인으로 구성된 상황 인지 아키텍처를 제안한다. 본 연구에서 제안하는 4 개의 도메인은 각각의 독립적 활동을 보장하고 타 도메인의 정보가 전달되는 경우 이를 병렬로 처리할 수 있다. 그리고 상황정보를 획득하고 분석함으로써 사용자에게 맞춤형 서비스를 제공하기 위한 방법으로 퍼지와 베이지안 네트워크로 구성된 하이브리드 알고리즘을 제안한다.

이러한 아키텍처와 알고리즘을 본 연구실에서 진행 중인 연구 활동 소개 도우미 시스템에 적용함으로써, 본 논문에서 제안하는 도메인 아키텍처와 하이브리드 알고리즘의 효율성과 활용성을 검토하였다.

3. 상황 인지 시스템 아키텍처

본 연구에서는 상황 인지 시스템을 위한 아키텍처를 제안한다. 아키텍처는 인터페이스, 추론, 프리젠테이션, 컨텍스트 등 4 개의 도메인으로 구성된다. Fig. 2 는 본 연구에서 제안한 아키텍처를 보여주고 있다.

3.1 인터페이스 도메인(Interface Domain)

인터페이스 도메인은 사용자 정보를 획득할 수 있는 사용자 객체와 PDA (Personal Digital Assistants)나 HMD (Head Mounted Display)와 같은 휴대 장치 정보를 저장하는 디바이스 객체, 그리고 사용자의 상황 정보를 모니터링하고 수집하며 서버로 전송할 수 있는 센서 네트워크 객체로 구성된다.

3.2 컨텍스트 도메인(Context Domain)

컨텍스트 도메인은 사용자의 성향을 나타내는 사용자 프로파일 객체와 사용자의 관심도를 예측할 수 있는 컨텍스트 정보 객체로 이루어진다. 사용자 프로파일은 사용자의 나이, 성별, 직업, 직책 등으로 분류되며 컨텍스트 정보는 사용자의 ID, 위치, 시간, 관심도 등으로 분류된다. 이렇게 분류된 정보는 데이터베이스에서 관리되며 추론 도메인에서 사용한다.

3.3 추론 도메인(Inference Domain)

추론 도메인은 퍼지 이론과 베이지안 네트워크의 하이브리드 알고리즘을 이용하여 인터페이스 도메인에서 전달된 정보와 과거의 데이터를 바탕으로 사용자에게 제공할 콘텐츠의 내용 및 유형, 제공 시간 등의 유용한 정보를 생성한다.

3.4 프리젠테이션 도메인 (Presentation Domain)

프리젠테이션 도메인은 추론 도메인으로부터 생성된 정보를 출력 장치에 출력하기 위해 콘텐츠, 레이아웃, 인터랙션, 디스크립션 객체로 구성된다. 콘텐츠 객체는 추론 도메인에서 생성된 콘텐츠 유형에 따라 해당하는 데이터를 출력한다. 정보의 유형은 동영상, 텍스트, 이미지 등이 있다. 레이아웃 객체는 사용자가 선호하는 화면 배색이나 GUI, 메뉴 등을 자유롭게 변경 가능하도록 지원하며, 사용자의 선호도가 변경되는 경우에 이를 데이터베이스에 반영한다. 디스크립션 객체는 사용자 장치에 제공하는 콘텐츠의 구성 환경을 메타 데이터로 저장하고 다음 추론을 위해 데이터베이스의 사용자 프로파일에 저장된다.

4. 하이브리드 알고리즘

유비쿼터스 환경에서 사용자의 행동이나 주변 환경은 지속적으로 변화하는 특성을 갖고 있다. 따라서 이러한 가변적인 속성을 갖는 상황정보를 추출하고 이를 이용해서 사용자에게 개별화된 서비스를 제공하기 위해 베이지안 네트워크를 적용한다.

베이지안 네트워크를 이용한 추론은 불확실한 상황을 확률 값으로 표시하고, 복잡한 추론 과정을 정량화된 노드 간의 관계로 단순화 시켜, 유비쿼터스 환경 내에 사용자의 의도를 판단하는 방법으로 적합하다. 또한 시스템의 확장이나 변화를 단순히 노드의 추가나 제거, 노드 간의 구조 변경만으로 해결할 수 있다.

4.1 베이저안 네트워크의 기초

다음은 조건부 확률을 나타내기 위한 방정식이다.

$$P(H,E) = P(H|E)P(E)$$

카테고리 사이의 연관성의 크기는 이 조건부 확률에 의해 나타내어진다. 이것을 부모 노드와 자식 노드와의 관계로 다시 정리하면 다음과 같이 표현된다.

$$P(\text{Parent Node}, \text{Childs Node}) \\ = P(\text{Parent Node} | \text{Child Node})P(\text{Child Node})$$

4.2 퍼지와 베이저안 네트워크의 하이브리드 알고리즘

본 연구에서 적용한 베이저안 네트워크의 각 노드는 사용자의 신상 정보인 Type 노드와, 현재 사용자가 보고 있는 작품이 얼마나 흥미로운지 나타내는 Interest 노드, 사용자의 흥미도를 나타내는 Mental State 노드, 마지막으로 사용자가 머문 시간을 나타내는 Time 노드 등의 상황 정보로 정의된다. 그리고 각 노드는 확률값을 갖도록 구성하였다.

베이저안 네트워크에서 각 노드가 확률값을 갖기 때문에 각 노드의 확률값을 생성하기 위해서 퍼지 멤버쉽 함수를 정의하였다.

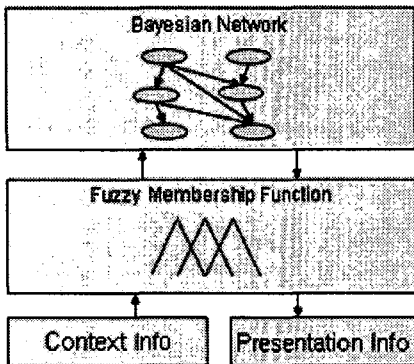


Fig. 3 Hybrid algorithm with fuzzy and bayesian network

하이브리드 알고리즘 과정은 Fig. 3 와 같다

i. 상황 정보를 퍼지 로직과 퍼지 멤버십 함수를 이용하여 베이저안 네트워크를 구성하는 Type, Interest, Time 노드 값을 수치화 한다.

ii. 베이저안 네트워크를 이용하여 Mental state 와 Presentation 노드 값을 구한다.

iii. 프리젠테이션 노드값을 실제 화면 구성 정보로 바꾸기 위해 다시 디퍼지화한다

베이저안 네트워크의 Type 노드를 위한 퍼지 추론 과정은 Fig. 4 에서 보이는 것과 같이 27 개의 퍼지규칙을 통해서 생성된다.

Rule1: *If age young, and status is low, and job is non-relative, then type is positive.*

Rule2: *If age young, and status is low, and job is middle, then type is middle.*

Rule27: *If age old, and status is high, and job is relative then type is middle.*

Fig. 4 Fuzzy rules for user type

이와 같은 방법으로 각 노드의 확률값을 구하기 위한 퍼지 멤버쉽 함수를 정의하였으며, 각 멤버쉽 함수는 Fig. 5 와 같다.

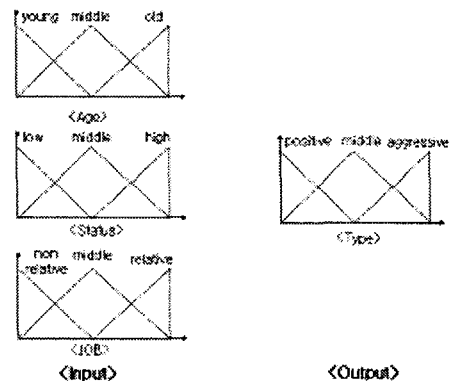


Fig. 5 Examples of fuzzy membership function

5. 에이전트 기반의 연구 활동 소개 도우미

유비쿼터스 환경에서 상황 인지 관련 연구는 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 사용자의 빈번한 이동과 이를 센싱하는 장치 사이에 발생하는 많은 오류를 처리하기 위해 중앙 집중형 방식을 채택함으로써 서버의 독립적인 운영환경이 쉽지 않으며, 둘째, 서비스를 실행시키기 위한 상황적 정보로서 텍스트 형식의 정보가 주로 사용되어 여러 서비스에서 공통으로 사용이 불가능하다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 상황 인지 아키텍처를 에이전트 기반의 웹 서비스 시스템으로 구현하였다.

각 에이전트는 독립적인 임무수행이 가능하고 주어진 임무를 스스로 진행 및 완수할 수 있기 때문에 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 발생하는 가변적인 상황을 인지하고 이를 처리하는 것에 적합하다.

Fig. 6 는 에이전트 기반의 연구 활동 소개 도우미를 보여주고 있다.

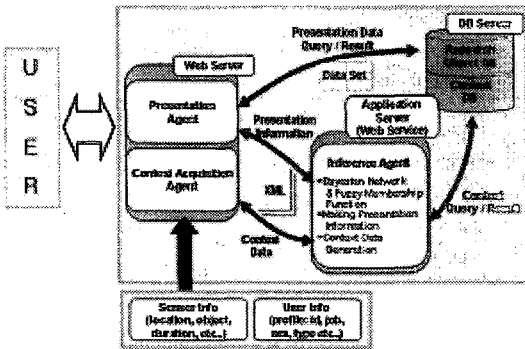


Fig. 6 Agent based context-aware system

5.1 컨텍스트 습득 에이전트 (Context Acquisition Agent)

컨텍스트 습득 에이전트는 환경의 변화를 감시하는 모니터링 역할을 수행하며, 사용자의 ID 와 위치, 관람 시간 등과 같은 사용자별 상황 정보를 실시간으로 획득하도록 설계되었다. 그리고 획득한 정보는 컨텍스트 분류체계에 맞춰 XML 형태로 전송된다.

5.2 추론 에이전트(Inference Agent)

컨텍스트 습득 에이전트로부터 전달 받은 정보와 과거에 사용자로부터 추론된 결과, 그리고 사용자의 정보 등은 하이브리드 알고리즘을 통해서 사용자에게 적합한 출력 형태와 관련된 정보로 생성된다.

5.3 프리젠테이션 에이전트 (Presentation Agent)

프리젠테이션 에이전트는 추론 에이전트로부터 전송된 데이터를 기반으로 개인화된 콘텐츠를 제공한다. 또한, GUI를 통해서 사용자와 상호 작용을 하며 사용자의 질의나 추가적으로 입력된 정보에 맞도록 콘텐츠를 수정할 수 있다.

6. 사례 연구

본 연구에서 적용한 연구 활동 소개 도우미의 시스템은 Fig. 7 과 같이 구성된다.

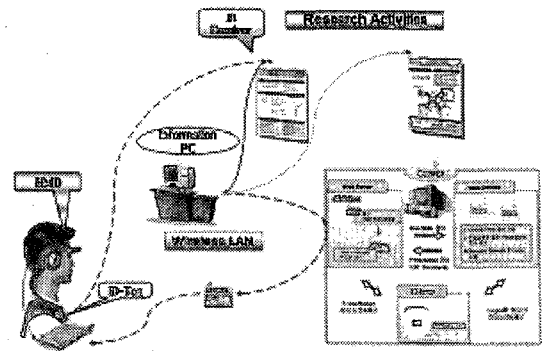


Fig. 7 Interaction diagram for research guide in UbiCom

방문객은 연구물을 관람하기 위하여 연구 활동 소개 도우미가 구축된 연구실을 방문한다. 방문객은 나이, 성별, 직업 등과 같은 개인 정보를 웹 페이지를 통해 입력한 후, ID 태그와 사용자가 선호하는 디스플레이 장치를 발급 받는다. 그리고 방문객은 이 출력 장치를 통해서 연구실 내의 홍보 자료에 대한 상세 정보를 확인할 수 있다.

방문객에게 지급된 ID 태그의 센서를 통해 방문객의 위치 및 머문 시간 등의 정보가 센서 컨텍스트 습득 에이전트에 의해서 수집된다.

그리고, 획득된 정보는 Fig. 8 과 같이 정의된 컨텍스트 메시지로 맵핑 된다.

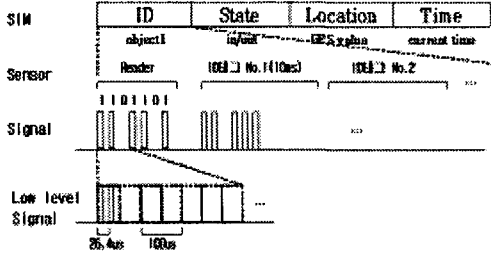


Fig. 8 Pre-defined context message form

추론 에이전트에서 현재의 상황 정보와 사용자 정보를 이용하여 사용자에게 적합한 서비스 정보와 유형을 결정하게 되고, Fig. 9 에서 보여지 것과 같은 프리젠테이션 노드 값을 생성한다.

예. 프리젠테이션 노드 값의 생성 예
 관람자 - 회전 익기 분야 종사자
 관람자 연령 - 20~28 세
 관람대상 - 별새 연구 관련 자료
 프리젠테이션 노드 값 - 적극적인 사람

Fig. 9 Example of presentation node value

사용자가 직접 휴대 장치의 화면에 변경 사항과 같은 추가 정보를 주어 향후에 보다 적합한 서비스를 제공할 수 있도록 데이터베이스에 저장된다. 그리고 이와 같이 추론된 정보에 따라서 사용자와 상황에 맞는 프리젠테이션 정보가 Fig. 10 와 같이 매핑 된다.

프리젠테이션 노드로부터 생성된 값

추론된 컨텍스트 조건	서비스 정보	서비스 유형
1	별새 프로젝트의 소개 알사의 움직임	이미지, 동영상 PPT
2	별새 프로젝트의 소개 알사의 알개 과정	동영상, 텍스트 음성
3	별새 프로젝트의 소개 회전 익기의 개념 알새 구출 과정	동영상, 텍스트 PPT, 음성
...
n	Service Information	Service Type

Fig. 10 Hash-table for context information

프리젠테이션 에이전트는 해쉬 테이블로부터 해당하는 정보의 유형에 맞춰 Fig. 11 에서 나타나는 것처럼 여러 형태의 개인화된 디스플레이를 가능하게 한다.

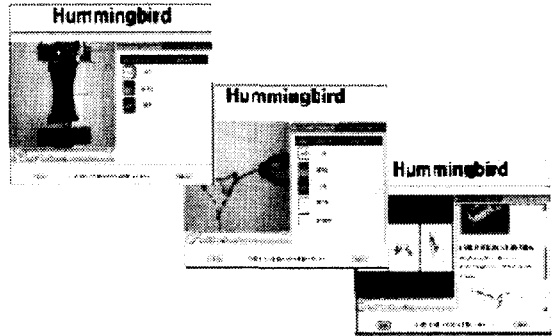


Fig. 11 Personalized presentation by hybrid algorithm

7. 결론

본 특집에서는 연구실 환경에서 사용자에게 맞춤형 서비스를 제공할 수 있는 상황 인지 맞춤형 서비스 소개 도우미 시스템을 소개하였다. 이 시스템을 통해 새로운 상황 인지 아키텍처가 제안되었으며 보다 편리하고 유용한 맞춤형 서비스를 제공하기 위해 퍼지-베이지안 네트워크의 하이브리드 알고리즘이 소개되었다. 또한, 이 시스템은 에이전트 기반의 구조로 개발되었다. 본 시스템은 불안정한 유비쿼터스 환경 내에서 좀 더 효율적으로 서로 상이한 사용자에게 알맞은 서비스를 제공하도록 구현되었다.

향후 유비쿼터스 환경하에서 우리 실 생활의 삶의 질 향상에 이러한 상황 인지 응용 시스템이 많이 응용될 것으로 생각된다.

후 기

본 논문은 한국과학기술연구원의 기관고유 연구사업인 “Tangible Space Initiative 기술개발” 연구 과제의 연구 결과임을 밝힌다.

참고문헌

1. Maes, P., "Agents that Reduce Work and Information Overload," *Communications of the ACM* 37, pp. 31-41, 1994.
2. Sheth, B. and Maes, P., "Evolving agents for personalized information filtering," In *Proceedings of the ninth IEEE Conference on Artificial Intelligence for applications*, 1993.
3. Wang, J., Zhang, K., Jeong, K. and ShaSha, D., "A System for Approximate Tree Matching," In *IEEE Transaction On Knowledge and Data Engineering*, vol. 6, August 1994, pp. 559 - 570.
4. Kortuem, G., Segall, Z. and Thompson, T., "Supporting Mobile Collaboration through Interchange of User Profiles," *Proceedings of the International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (HUC'99)*, pp. 171 - 185, 1999.
5. Dey, A. K., Abowd, G. D., *Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness; CHI 2000 Workshop on The What, Who, Where, When, and How of Context-Awareness; 2000.*
6. Pelillo, M., Siddiqi, K. and Zucher, S.W., "Matching hierarchical structures using association graphs," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 21(11), 1999.
7. Koile, K., Tollmar, K., Demirdjian, D., Shrobe, H. and Darrell, T., "Activity Zones for Context-Aware Computing," *The Fifth International Conference on Ubiquitous Computing*, 2003.
8. Sparacino, Flavia, "The Museum Wearable: real-time sensor-driven understanding of visitor's interests for personalized visually-augmented museum experiences," *MW 2002*, 2002.