

의사-중심으로부터 참여자-중심의 유비쿼터스

헬스케어 프로토콜 기술

Ubiquitous Healthcare Protocol Description from Physician-centered to Participants-centered

황경순¹, 이선아¹, 이건명¹, 김원재², 윤석중², 하윤석²

¹ 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부, 첨단정보기술연구센터(AITrc)

E-mail: hks@aicore.cbnu.ac.kr

² 충북대학교 의과대학 비뇨기학 교실

요 약

임상 프로토콜은 의료 서비스의 질을 향상시키는데 매우 중요한 수단 중 하나이다. 하지만 대부분의 임상 프로토콜이 텍스트 기반으로 되어 있을 뿐만 아니라 텍스트 기반의 임상 프로토콜들이 실행 가능한 형태로 시스템화가 되었다고 치료하는 전문의의 관점에서만 기술되어 왔다. 한편 최근의 임상 연구는 유비쿼터스 헬스케어 서비스를 이용한 환자 개인의 맞춤형 의료서비스에 관한 연구가 진행되고 있다. 이와 같은 유비쿼터스 헬스케어 환경에서는 환자가 병원에서 뿐만 아니라 시간과 장소의 제약을 받지 않고 휴대용 단말기나 진단기기를 이용하여 효과적으로 의료 서비스를 제공 받을 수 있기 때문에 전문의뿐만 아니라 환자와 시스템도 헬스케어에 참여를 하게 된다. 따라서 전문의 중심의 임상 프로토콜 기술로부터 참여자 중심의 임상 프로토콜 기술이 절실히 요구된다. 본 논문에서는 전문의, 환자, 그리고 시스템의 역할에 따라 프로토콜 상에서 수행되어야 할 태스크들과 참여자들의 상태정보를 태스크 튜플 형태로 표현하였다. 하지만 태스크 튜플 기반의 표현 방법은 임상 프로토콜을 직관적으로 이해하는 데는 한계 있어 이러한 단점을 보완한 페트리 넷 기반의 유비쿼터스 헬스케어 프로토콜 기술 방법을 제안한다.

Key Words : Clinical guideline, Clinical protocol, Ubiquitous healthcare, Petri net

1. 서 론)

최근까지 의료 전산화를 위한 임상 가이드라인(Clinical guideline)이나 임상 프로토콜(Clinical protocol) 그리고 알고리즘과 같은 주제가 연구되고 있다. [1,2,3,4,5]

임상가이드라인은 “특정한 임상 환경에서 적절한 헬스케어를 위해 체계화된 임상 관련자들의 의사결정을 위한 기술문장”으로 정의된다.[2,5] 기존의 임상 가이드라인은 전문의 관점에서 환자를 효과적으로 치료하기 위하여, 전문의 중심의 가이드라인으로서 전문의가 환자를 위해 해야 하는 일이나 의사결정을 지원 하는 내용을 기술하였다. 임상 프로토콜은 가이드라인을 임상현장에 맞추어 구체적으로 작성된 것이다.[5]

한편, 최근의 임상 연구는 유비쿼터스 헬스케어 서비스를 이용한 환자 개인의 맞춤형 의료

서비스에 관한 연구가 진행되고 있다. 유비쿼터스 헬스케어 환경에서 의료서비스는 병원 내에서뿐만 아니라 시간과 공간의 제약을 받지 않고 휴대용 진단 기기나 단말기들을 통해서 전문의와 환자 그리고 시스템의 상호작용을 통해 의료서비스가 이루어진다. 그러므로 전문의 뿐만 아니라 환자와 시스템도 헬스케어에 참여하게 된다. 따라서 유비쿼터스 헬스케어 환경에서 임상프로토콜은 헬스케어에 참여하는 전문의, 환자, 그리고 시스템 모두의 관점에서 참여자 중심의 헬스케어 프로토콜을 효과적으로 기술하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 유비쿼터스 헬스케어 프로토콜을 모든 참여자 역할과 참여자 상태정보를 이용하여 수행되어야 할 각 태스크를 튜플 형태로 기술하고 이를 시각화하기 위하여 페트리 넷 기반의 유비쿼터스 헬스케어 프로토콜 기술 방법을 제안한다.

본 연구는 첨단정보기술연구센터(AITrc)를 통해서 과학재단 지원으로 수행된 것임.

2. 관련연구

임상 가이드라인은 특정 임상 조건의 환자들을 관리하기 위한 체계적인 계획들의 집합이다.[1] 즉, 기존에는 전문의들의 관점에서 환자들의 임상정보 및 자료를 수집하고 이를 해석하기 위한 표준화된 치료계획을 적용하고 필요시에는 자동으로 그 계획을 수정하고 보완하기 위한 연구가 진행되었다. 예를 들어, 40세 여자의 과민성 방광(overactive bladder) 환자가 절박뇨와 야간뇨 증상이 있는 경우, 임상 프로토콜을 컴퓨터 시스템에서 사용할 수 있는 형태로 기술하고 치료시점(point of care)에 의사결정에 도움을 받으면, 환자를 진료할 수 있도록 환자의 치료과정을 워크플로우로 관리되었다.

1. 환자등록
2. 전문의 진찰
 - 자가진단 주기(2주)
 - 다음 병원방문 날짜
3. 자가진단(환자)
 - 배뇨일지 작성
 - 증상 및 삶의 질 설문
4. 자가진단 분석
 - 질병을 분류 (알고리즘)
 - 질병증상의 경중을 분류 (알고리즘)
5. 전문의진단
 - 진단(알고리즘)
 - 치료방법이나 치료주기 등 ...
 - 내원날짜 지정
6. 전문의 진단결과 따라 치료
 - 일정기간동안에 치료 수행
7. 치료효과 설문 (1주)
8. Go to 3 : 질병이 완전히 치료될 때까지

그림1 과민성 방광 환자 진료행위 절차

즉 전문의의 관점에서 의료 행위절차를 적합하게 순서화하여 시간계획표(workflow)를 작성하는 기법으로 기술되어 왔다. 이와 같은 임상 프로토콜의 작성을 통해 얻을 수 있는 효과는 널리 인정되는 증거기반의 프로토콜을 공유함으로써, 의료 현장에서 불필요한 업무처리를 효과적으로 줄일 수 있고, 교육의 목적으로 임상현장에서 일어나는 일에 대한 시뮬레이션 자료를 제공할 수 있다[1].

유비쿼터스 헬스케어 서비스는 기존의 보건 의료 서비스와 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 결합한 형태로 시간과 장소의 제약이 없이 휴대용 진단 기기나 단말기 등을 이용하여 질병에 대한 예방, 진단, 치료와 개인의 건강관리, 환자나 노약자에 대한 보호 및 관리 등의 서비스를 제공하는 것이다.[5,7,8] 특히, 유비쿼터스 헬스케어 서비스는 서비스를 제공하는 제공자, 서

비스를 제공 받는 소비자, 그리고 제공자와 소비자를 연결하는 시스템으로 나누어진다.[6] 이때 서비스를 제공받는 소비자는 일반인, 환자, 환자보호자 등이 될 수 있다. 소비자는 자신의 환경에서 컴퓨터(Web), PDA, 또는 핸드폰 등의 사용자 인터페이스(GUI)를 통해 언제 어디서나 의료 서비스를 제공 받을 수 있다. 또한 서비스 제공자는 전문의나 관련 의료인등으로 다양한 장치(device)들의 사용자 인터페이스를 이용하여 언제 어디서나 소비자의 상황을 인지하고 직접 또는 간접적으로 의료 서비스를 제공할 수 있다. 마지막으로 헬스케어 시스템은 서비스 소비자 와 제공자 사이에 중계자 역할을 하며 모든 참여자들의 상황을 모니터링 하여 실시간 고지(notification/alarm)이나 진료행위들의 기록, 환자 관리, 그리고 참여자들의 의사결정 지원 등의 서비스를 제공한다.

임상 프로토콜 처리 과정을 가시화하는 방법으로 페트리 넷 기반의 프로토콜 기술 방법을 이용하였다. 페트리 넷 모델은 동시성(concurrency)과 동기적인 사건(synchronized event) 사건(event)을 표현하는 매우 편리할 뿐만 아니라 임상 프로토콜 상에 사건의 시퀀스를 가시적으로 보여줄 수 있기 때문에 프로토콜 적용 상태를 쉽게 파악할 수 있다. 페트리 넷 모델의 구성 요소로는 플레이스, 트랜지션, 그리고 아크(arc)로 이루어졌다. 이때 사건은 트랜지션으로 표현되고 사건이 발생하기 위한 시스템의 여러 조건이 만족해야 하는데, 이러한 조건은 플레이스에 저장된다. 어떤 플레이스는 트랜지션의 입력조건이 되기도 하고 어떤 플레이스는 출력조건이 된다. 아크는 플레이스와 트랜지션을 연결한다. 또한 페트리 넷 모델은 그래프 형태로 표현하게 되는데, [그림 2]에서와 같이 플레이스와 트랜지션 그리고 모든 아크 함수는 동그라미, 사각형 그리고 화살표로 표현된다.

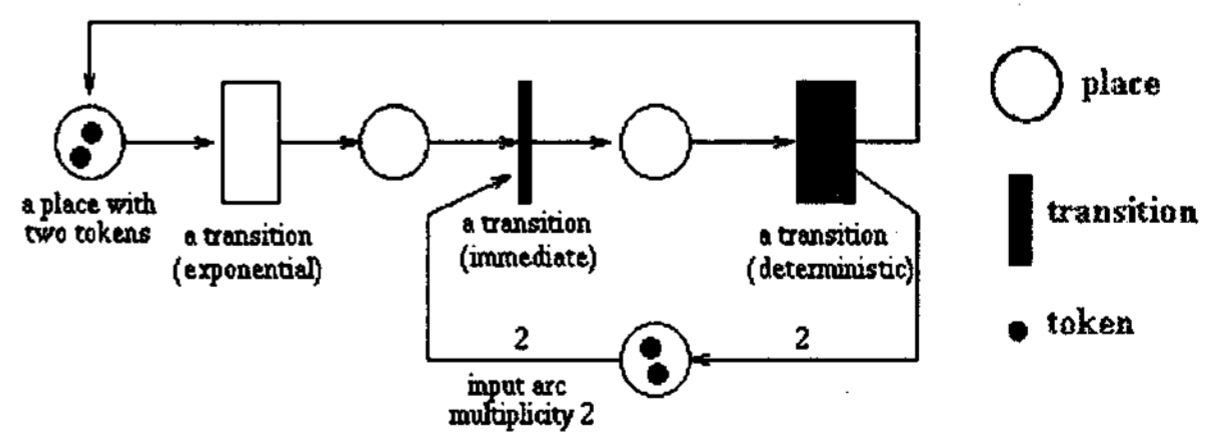


그림 2 페트리 넷 모델

본 논문에서는 전문의 중심의 프로토콜 기술을 유비쿼터스 헬스케어 환경에서 참여자 중심의 프로토콜을 기술하기 위하여 참여자 역할에 따른 태스크들을 튜플 형식으로 기술하고 페트리 넷을 이용한 프로토콜에 대한 이해도를

높일 수 있는 가시적인 표현 방법은 제안한다.

3. 유비쿼터스 헬스케어 프로토콜 기술 방법

유비쿼터스 헬스케어 환경에서는 복수의 환자, 전문의, 시스템이 참여하기 때문에, 실제 프로토콜을 정보시스템 환경에서 운영할 수 있는 형태로 기술하기 위해서는, 액터(actor)를 식별할 수 있는 형태로 기술해야 하고, 각 액터가 프로토콜의 어떤 위치에 있는지 확인할 수 있어야 하기 때문에 액터-상태 형태로 프로토콜의 진행 상황을 나타낸다. 다음은 액터-상태 표(actor-state table)이다.

표 1-1. 액터-상태 표

액터	상태
환자 pa_1	S_1
의사 da_1	S_2
환자 pa_5	S_{31}
:	:

액터들이 상태정보는 액터들의 태스크들에 대한 정보를 기록함으로써 사건이 발생했을 때, 태스크를 수행할 조건을 만족하는지 알 수 있다. 즉 액터들의 상태는 다음 사건에 대한 액터들의 수행을 결정하는데 필요한 이전 정보들을 나타내고 있다.

프로토콜 상에서 수행되어야 할 각 태스크 T_i 는 태스크를 수행할 액터 종류 PL_i , 사건 e_i , 사건 전제조건 c_{ic} , 사건 사후조건 c_{oc} , 태스크 수행 전의 상태 s_{PRE_i} , 태스크 수행 후의 상태 s_{POST_i} 로 기술한다.

$$T_i = (PL_i, e_i, c_{ic}, c_{oc}, s_{PRE_i}, s_{POST_i})$$

$$PL = \{PL_i | 1 \leq i \leq |PL|\} = PA \cup CL \cup SYS : \text{액터의 종류}$$

$$PA = \{PA_i | 1 \leq i \leq |PA|\} : \text{환자의 종류 집합}$$

$$CL = \{CL_i | 1 \leq i \leq |CL|\} : \text{전문의 종류의 집합}$$

$$SYS = \{SYS_i | 1 \leq i \leq |SYS|\} : \text{정보시스템 종류의 집합}$$

$$S = S_p \cup S_c \cup S_{sys} = \{s_i | 0 \leq i \leq |S|\} : \text{상태의 집합}$$

$$s_{PRE_i} \in S, s_{POST_i} \in S$$

$$E = \{e_i | 1 \leq i \leq |E|\} : \text{사건의 집합}$$

$$C_i = \{c_i | 1 \leq i \leq |C|\} : \text{사건의 전제조건 집합}$$

$$C_o = (\{a_i | 1 \leq i \leq |A|\}) : \text{사건의 사후조건 집합}$$

프로토콜의 기술시 위와 같은 태스크 튜플 $T_i = (PL_i, e_i, c_{ic}, c_{oc}, s_{PRE_i}, s_{POST_i})$ 에 대한 방법은 시스템에서 사건기반(event-driven) 패러다

임으로 쉽게 매핑이 가능하여 구현이 용이하다. 예를 들어, 과민성 방광 환자에 대한 특정 태스크를 기술하다면 다음과 같다.

$$T_i = (\text{액터구분, 사건, 사건전제조건, 사건사후조건, 태스크 수행 전 상태, 태스크 수행 후 상태})$$

$$T_i = (\text{환자, 배뇨일지작성, (환자등록완료, (Pc||Cell Phone||PDA)), (배뇨일지작성날짜 <= 진단주기날짜 \&\& 일일 배뇨횟수 <= 5), (배뇨일지작성완료, 시스템상태정보갱신완료)})$$

위의 내용은 환자가 배뇨일지를 작성하기 위해서는 배뇨일지작성을 위한 사건이 발생하면 최소한 환자등록이 완료된 상태이며 사건 발생 전제조건으로는 PC, Cell Phone, PDA의 중 하나라도 이용 가능해야 하며, 수행을 완료하기 하기 위해서는 배뇨일지 작성 날짜가 진단주기 보다 작거나 같아야하고 일일배뇨횟수가 5회 이상이어야만 태스크를 수행을 완료할 수 있다. 또한 사건이 완료된 후 헬스케어 참여자들의 상태정보가 갱신된다. 즉, 시스템의 상태정보가 배뇨일지분석을 위한 상태로 갱신이 된다.

프로토콜은 시각적인 도면으로 주어지거나 의사코드(pseudo code)형태의 문장으로 기술하는 것이 일반적이고, 실제 헬스케어에 참여하는 사람들이 이와 같은 형태에 익숙하기 때문에, 태스크 튜플 기반의 표현 방법은 이해도(understandability) 측면에서 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 페트리 넷을 이용하여 태스크 튜플로 표현된 헬스케어 프로토콜을 표현하는 방법을 개발하였다. 프로토콜의 시각화를 위해 다음과 같은 매핑을 태스크 튜플의 요소에 대해서 적용하여 페트리 넷 모델 $PN = (P, T, PT, TP)$ 을 생성한다.

$$PN = (P, T, PT, TP)$$

$$P = \{p_i | 1 \leq i \leq |P|\} : \text{플레이스(place)의 집합}$$

$$T = \{t_i | 1 \leq i \leq |T|\} : \text{트랜지션(transition)의 집합}$$

$$PT = \{(p_i, t_j) \in P \times T\} : \text{incoming 에지의 집합}$$

$$TP = \{(t_i, p_j) \in T \times P\} : \text{outgoing 에지의 집합}$$

$$\{T_i = (PL_i, e_i, c_i, a_i, s_{PRE_i}, s_{POST_i})\} \Rightarrow PN = (P, T, PT, TP)$$

$$T_i \Rightarrow t_i : \text{각 태스크에 대해 하나의 트랜지션 생성}$$

$$s_i \Rightarrow p_i : \text{각 상태별로 하나의 플레이스 생성}$$

$$s_{PRE_i} : s_{PRE_i} \text{에 해당하는 플레이스에서 } t_i \text{로 에지 생성}$$

$$s_{POST_i} : \text{플레이스로 } t_i \text{에서 } s_{POST_i} \text{에 해당하는 플레이스로 에지 생성}$$

$$e_i : e_i \text{에 해당하는 플레이스 생성하고, } t_i \text{로 에지 생성}$$

$$(PL_i, c_i, a_i) \text{를 } t_i \text{에 레이블링(labeling)한다.}$$

위와 같이 매핑된 페트리 넷은 전체 임상 프로토콜의 행동을 보여 줄 수 있기 때문에 프로토콜에 대한 이해도를 높일 수 있고, 시각적으로 표현

하는 경우 프로토콜의 적용 상태를 쉽게 파악할 수 있도록 한다. 참여자별 프로토콜을 확인하거나 가시화하기 위해서는 태스크 튜플들에서 참여자 종류별로 그룹핑해서, 이에 대해서 페트리 넷을 구성하면 해당 참여자 부류에 대한 프로토콜이 된다.

- 환자 PA 에 대한 프로토콜을 기술하는 태스크 튜플 집합
 $\{T_i=(PL_i, e_i, c_i, a_i, S_{PRE_i}, S_{POST_i}) \mid PL_i \in PA\}$
- 의사 CL 에 대한 프로토콜을 기술하는 태스크 튜플 집합
 $\{T_i=(PL_i, e_i, c_i, a_i, S_{PRE_i}, S_{POST_i}) \mid PL_i \in CL\}$
- 시스템 SYS 에 대한 프로토콜을 기술하는 태스크 튜플 집합
 $\{T_i=(PL_i, e_i, c_i, a_i, S_{PRE_i}, S_{POST_i}) \mid PL_i \in SYS\}$

프로토콜의 적용될 때는 참여자별로 추적 관리하여 다음 실행될 태스크를 결정해야 하기 때문에, 액터-상태 표로 참여자와 해당 참여자의 현재 상태를 관리하거나, 페트리 넷 모델을 활용하는 경우에는 참여자 식별자와 참여자 상태의 쌍으로 구성된 색깔 토큰(colored token) $tk_i=(pl_i, s_k)$ 을 이용할 한다. 앞에 언급했던 과민성 방광 환자에 대한 태스크 튜플로 기술된 내용을 [그림 3]과 같이 나타낼 수 있다.

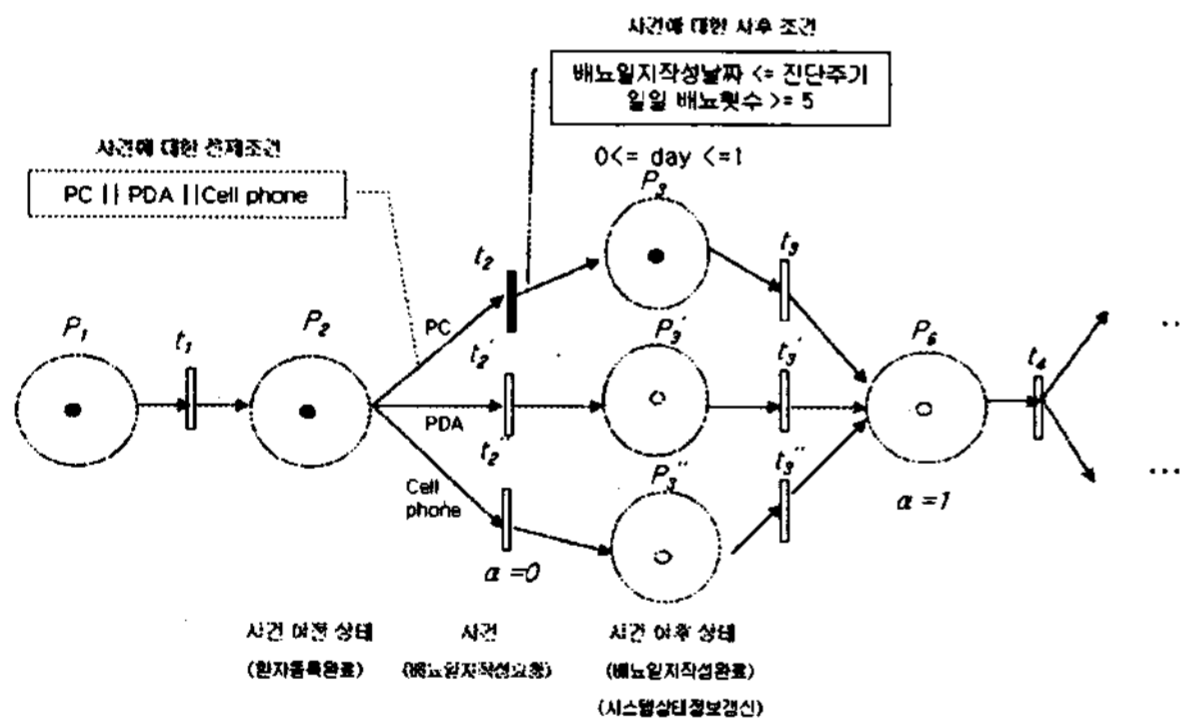


그림 3 페트리 넷 기반의 프로토콜 표현

4. 결론 및 향후과제

기존의 임상 프로토콜 기술은 전문의가 환자를 효과적으로 진료하기 위한 목적으로 전문의 관점에서 전문의가 환자를 위한 진료행위 중심으로 기술되었다. 하지만 유비쿼터스 환경에는 전문의, 환자, 그리고 시스템이 상호작용을 통해 의료서비스가 이루어지므로 전문의 중심의 프로토콜 기술에서 참여자 중심의 프로토콜 기술이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 헬스케어 환경에서 모든 참여자 관점에서 임상 프로토콜을 기술하기 위한 방법을 제안하였다. 즉 참여자들의 역할에 따른 태스크 튜플

로 기술하고 참여자의 상태정보를 이용하여 프로토콜에 대한 이해도를 높일 수 있도록 페트리 넷 모델에 적용하여 시각적으로 표현하는 방법을 제안하였다.

향후과제로는 윈도우(GUI) 환경에서 전체 임상 프로토콜의 경로(pathway)나 참여자별 사건의 시퀀스(sequence of event) 정보를 이용하여 특정 참여자에 대한 프로토콜의 수행 경로를 시각화 할 수 있는 툴 개발에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Yuval Shahar and Silvia Miksch and Peter Johnson, "The Asgaard project: a task-specific framework for the application and critiquing of time-oriented clinical guidelines," Artificial Intelligence in Medicine, Vol. 14, pp. 29-51, 1998
- [2] Silvia Miksch, "Plan Management in the Medical Domain," AI Communications, Vol. 12 No. 4, pp. 209-235, 1999.
- [3] PL Elkin, M Peleg, R Lacson, E Bernstam, Samson Tu, Aziz Boxwala, R Greenes, EH Shortliffe, "Toward Standardization of Electronic Guideline Representation," MD Computing Vol. 17 No. 16, pp.39-44, 2000.
- [4] J. PD and T. SW and B. Sugden and B. Purves, "Using Scenarios in Chronic Disease Management Guidelines for Primary Care," Johnson PD, Tu SW, Booth N, Sugden B, Purves IN. Using Scenarios in Chronic Disease Management Guidelines for Primary Care. In: Proc. AMIA Annual Symposium, Los Angeles, CA, 2000.
- [5] Shahar Y, Young O, Shalom E, et al. "A framework for a distributed, hybrid, multiple ontology clinical-guideline library, and automated guideline-support tools". J Biomed Inform. Vol. 37, pp.325 - 344, 2004.
- [6] 김진태, "Roadmap and Solution Framework for Ubiquitous Healthcare Business", 전자공학회지, pp. 76-87, 2005.
- [7] 한국전산원 정보화기획단 u-전략팀, "유비쿼터스 사회, 새로운 희망과 도전", 한국전산원, pp. 225-240, 2006.
- [8] 양원섭, 이진명, 김원재, 윤석중, "유비쿼터스 서비스 개발을 위한 컴포넌트 기반의 서비스 개발 프레임워크", 한국퍼지 및 지능시스템학회 2007년도 춘계학술대회 학술발표 논문집, 17권 1호 : 324-328, 2007.