

계층적 작업 네트워크를 사용한 재택건강관리 시스템에 관한 연구

A Study of planning of personalized Home Healthcare System based on Hierarchical Task Network planning

장승진¹, 정집민², 황성오³, 윤영로¹

¹ 연세대학교 보건과학대학 의공학과

² 국립암센터 정보전산팀

³ 연세대학교 원주의과대학 응급의학교실

E-mail: highnoon@yonsei.ac.kr

요 약

복잡하고 다원화되어 있는 재택건강관리 계획 모델링을 계층적 작업 네트워크 계획을 기반으로 설계하여 분산 네트워크의 성능을 최대한으로 활용한 자동화 계획 설계를 제안하였다. 이를 위하여 SHOP라는 계층적 작업 도구를 이용하여 응급, 주의, 비정상, 정상과 같은 4가지 시나리오 모델에 따른 맞춤형 건강관리 계획 설계를 구현하여 재택건강관리 시스템의 상태분류에 대한 보조 의사 결정 도구로써 적용하였다.

Key Words : Automated Planning, Home Healthcare Modeling, Hierarchical Task Network (HTN), Simple Hierarchical Ordered Planner (SHOP)

1. 서 론

유비쿼터스 기술은 일상생활에서 불편함이 없이 생체신호를 무구속·무자각 측정 방법을 이용하여 건강 상태를 모니터링 할 수 있도록 도와준다. 이러한 추세에 맞추어서 재택에서 사용자의 건강정보를 습득하고 이를 관리 할 수 있는 재택 건강관리 통합 시스템의 요구가 부각되었다. 이 통합시스템은 재택에서 사용자가 생체신호의 습득에서부터, 이를 모니터링 하고, 사용자의 건강 이상 유무를 감지하여, 사용자의 건강에 심각한 이상이 발생하였을 경우에 병원 후송 등의 능동적인 상황대응까지의 서비스를 포함한다. 이러한 통합 시스템은 많은 사람들이 편하게 사용할 수 있는 대량 공급형의 의료서비스를 제공하며, 이러한 서비스를 제공하기 위해서는 자동진단 기능이 강화되어야 한다. 또한 모든 통신은 네트워크 기반으로 이루어지므로 때문에 각각의 소단위 시스템의 통합 및 모델 설계가 중요하다. 최근 네트워크 통신 기반의 시스템은 분산 네트워크를 사용하여 네트워크의 부하를 최소화하며 성능을 향상시키는 모델을 지향하고 있다.

자동화 계획(Automated planning)은 현재 상태(state)에서 목표상태(goal)상태로 갈 수 있는 일련의 최적화된 과정을 나열한 것이다. 예를 들어 현재 상태(initial state)가 "인천국제공항"에서 목표(goal)는 "미국으로"이라는 목표가 있을 때 "비행기 표를 산다.", "비행기를 탄다.", "미국에 도착" 과 같이

현재 건강상태를 초기상태로 하여 최적의 비행 계획 설계를 통해서 사용자가 값싼 최단의 경로로 갈 수 있는 비행 계획을 자동으로 받을 수 있도록 설계하는 것이다.

본 논문의 재택건강관리 계획은 계층적 작업 네트워크(hierarchical task network:HTN)를 사용하여 큰 계획을 세우고 그 아래 계층 분해(decomposition)를 통해서 단계적인 계획을 세우는 방법을 통해서 설계를 하며, 이러한 계층적 작업 네트워크의 구현을 위해서 (Simple Hierarchical Ordered planner) SHOP이라는 계층적 작업 구현 도구를 사용하여 설계를 하였다. 또한 분산 네트워크의 성능을 최대한 활용한 자동화 계획을 사용하여 재택건강관리 시스템의 건강관리 계획을 설계하였다[1].

2. 자동화 계획

직관적으로 계획이란 행동하기 위한 전략이며, 계획을 한다는 것은 여러 가지 계획들을 고려하고, 이들이 가져올 결과에 대해 추론하는 것을 내포한다. 기본적으로 인공지능 계획은 초기상태 설명, 예측되는 목표(goal) 상태 설명, 가능한 행동(action)의 집합과 같은 구성 요소를 갖는다.

2.1 Hierarchical Task Network (HTN) Plan

계층적 작업 네트워크는 기본적으로 4가지 방식에

의해서 작업이 수행이 된다[2].

- Task를 subtask로 분해한다.
- 제약사항(constraint)을 통해서 통제한다.
- Task관계를 다시 계산한다.
- 필요시에는 한 단계 후퇴하여 다시 실행하거나, 다른 task 분해를 한다.

기본적인 HTN 실행과정은 아래와 같다.[3]

표 1. 계층적 작업 네트워크 실행 과정

1. Input a planning problem P
2. If P contains only primitive tasks, then resolve the conflicts and return the result. If the conflicts cannot be resolved, return failure
3. Choose a non-primitive task t in P
4. Choose an expansion for t
5. Replace t with the expansion
6. Find interactions among tasks in P and suggest ways to handle them. Choose one.
7. Go to 2

표 1의 계층적 작업 네트워크의 기본실행과정을 보면, 1. 계획수립 문제를 입력한다. 2. 만약 primitive task로만 구성이 되어 있다면, 바로 계획을 수립하고 결과를 리턴하고, 계획수립 문제를 풀 수 없다면, 문제 풀기 실패와 함께 작업을 끝낸다. 3. non-primitive task가 포함이 되어 있다면 task를 선택하고, 4. task를 계층분해 하여 5. 위단의 task를 계층 분해 된 task로 대체한다. 6. 문제에서 task간의 제약조건을 고려하여 task순서를 재설정하고, 7. 전체 task가 primitive task가 될 때 까지 반복적으로 수행한다. Method는 primitive task를 subtask로 분해하며, operator는 task에 의해서 실행이 되는 것으로 한 상태에서 다른 상태로 전환하게 된다. 따라서 task의 집합은 초기 상태에서 목표 상태로 상태를 변화시키게 되는 것이다.

2.2 Simple Hierarchical Order Plan (SHOP)

계층적 작업 네트워크의 개념은 80년대 초반에 나와 많은 프로젝트에서 사용되어왔다. 하지만 계층적 작업 네트워크를 사용한 계획수립의 가장 큰 문제는 실제로 이 계획을 프로그래밍할 수 있는 툴의 부재였다. 실제 현실 세계의 경우에는 다중 agent 기반, 불완전 정보의 제공, 외부 요인의 작용(사용자, 센서, 데이터베이스), 시간적 제약, 계산량의 증가 등의 가상의 세계와 달리 많은 변수가 작용하기 때문에 이를 제대로 프로그래밍하기가 어려웠다. SHOP은 HTN기반의 계획기법을 프로그래밍할 수 있는 도구로서 2002년 International Planning Competition에서 소개되었다. SHOP은 현실세계를 가장 잘 표현하여 계획 설계를 할 수 있도록 설계되었다[4].

1) SHOP 구성요소

SHOP은 기존의 계층적 작업 네트워크 계획 기법에서 소개되었던 기본 전제를 가지며, States, Tasks, Operators, Methods 의 구성 요소를 가진다.

A planning problem, $P = (S, T, D)$

S = A state, T = Tasks to accomplish

D = Axioms, Operators, and Methods that define the state world

2) SHOP 알고리즘

표 2 와 같이 SHOP의 전체 알고리즘은 find-plans(S,T,D)와 같이 기본적인 과정은 문제에 대한 plan을 입력으로 초기상태(S), task 집합(T), 목표 상태(D)의 3가지 입력을 넣고, 그에 따른 seek-plan(S,T,D,nil)과 같이 계획을 요청하는 형식으로 구성이 되어있다.

표 2. SHOP algorithm(1)

1. **procedure** find-plan(S, T, D)
 2. **return** seek-plan(S, T, D, nil)
 3. **end find-plan**
- S : initial state
T : tasks
D : Desired Goal

알고리즘은 계층적 작업 네트워크의 기본적인 계획 기법과 동일하다. 문제가 주어질 경우, task는 subtask를 가질 경우에는 subtask를 요청하고, 그렇지 않을 경우에는 task 분해가 완료가 된다. 모든 task가 분해되지 않을 때 까지 반복적으로 수행하여 최종적으로 task 집합을 얻게 된다.

표 3. SHOP algorithm(2)

1. **procedure** seek-plan(S, T, D, p)
2. **if** T = nil **then** return the plan (p)
 t = the first task in T R = the remaining tasks
4. **if** t is primitive **then**
5. **if** there is a simple plan q for t **then**
6. **return** seek-plan(q(S), R, D)
7. **else** return FAIL
8. **else**
9. **for** every simple reduction r for t in S
 ans = seek-plan(S, r, D)
10. **if** ans ≠ FAIL **then** return ans
 endif
12. **return** FAIL
13. **endif**
14. **end seek-plan**

표 3은 SHOP이 실행되는 알고리즘을 나타낸 것이다. 1. seek-plan(S, T, D) 계획수립 문제를 입력하고, 2. task가 존재 하지 않는다면 작업을 종료한다. 4. 만약 task가 모두 primitive task라면 바로 계획수립을 하여 결과를 반환한다. 8. non-primitive task가 존재하면 task를 계층 분해하여, 9. 모든 task에 대해서 계획수립을 하여 반환한다[5, 6].

3. 제택 건강관리 시스템 모델

3.1 대량 공급형 재택 건강관리 통합 시스템

1) 시스템 구성

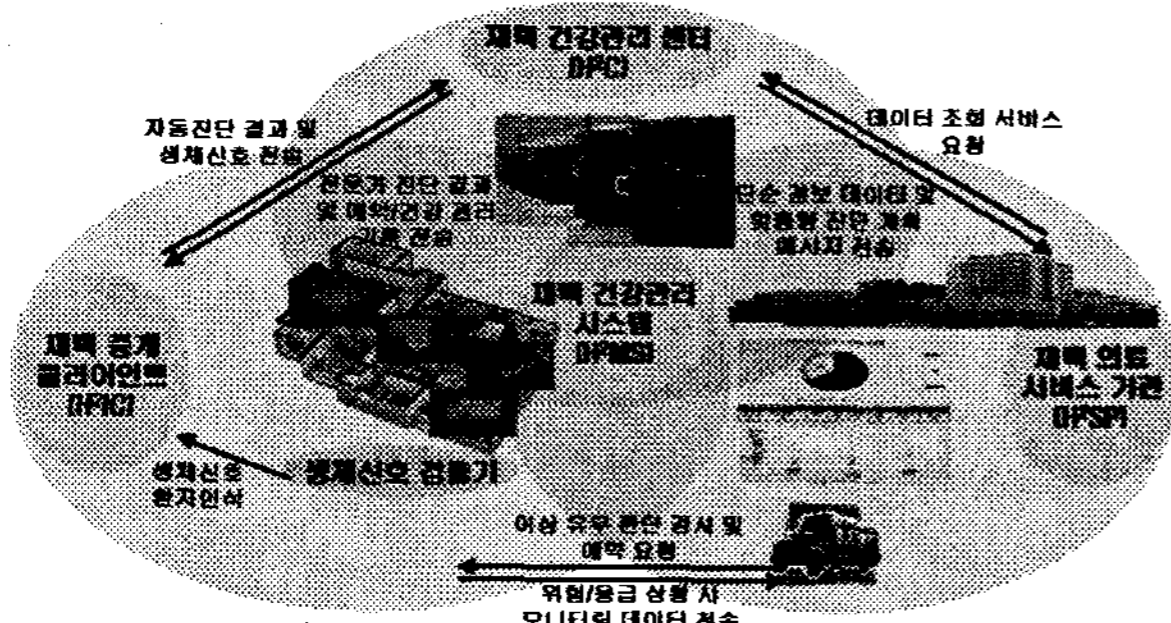


그림 1. 재택건강 관리 시스템(Home Healthcare Management System: H²MS) 기능적 다이어그램

재택 건강관리 시스템은 그림 1 과 같이 크게 4 개의 세부 시스템으로 구분되어진다[1]. 각 시스템 들은 물리적/네트워크적인 환경 및 각각의 기능에 따라 복합 센서 기반의 1)생체 신호 검출기, 2)재택 건강 중개 클라이언트(Home Health Intermediary Client; H²IC), 3)재택 건강관리 센터(Home Health Center; H²C), 4)재택 건강 의료서비스 기관(Home Health Service Provider; H²SP)들로 구분이 된다. 그림 1 에서 알 수 있듯이 H²MS 는 각각의 세부 시스템들이 고유한 역할을 수행하면서 상호보완적인 관계를 갖는다. 주요 적용 대상은 만성질환자/노약자의 질병관리 및 회복 단계 환자의 예후관리에 적용될 뿐만 아니라 건강한 상태의 일반인에 대해서도 건강관리 증진을 위한 조언 및 발병상태의 조기발견과 진료추천, 그리고 축적된 건강 정보를 의료전문가에게 제공 할 수 있으며, 응급시스템과의 연동을 통해 신속히 응급 상황에 대처할 수 있도록 함을 목표로 설계되었다.

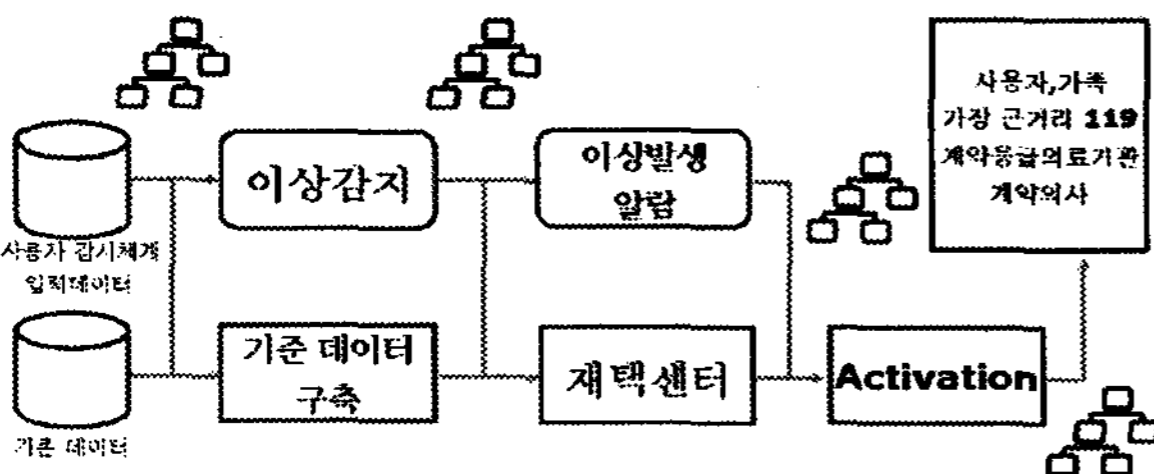


그림 2. Basic system model

2)재택 건강관리 시스템 시나리오

재택 건강관리 시스템의 기본적인 시나리오는 사용자의 생체 데이터를 습득하여 습득한 데이터에 의한 상황대응 모델을 만드는 것이다. 기본 시스템 모델은 사용자의 생체 신호를 습득하고 기존의 사용자의 축적된 생체신호를 바탕으로 현재 사용자의 건강 상태를 파악한 후 중증도를 구분하게 되고, 재택건강관리 센터에서는 이를 기반으로 필요시에는 사용자, 가족 등에게 연락을 하거나, 리포트를 통한 사용자 건강의 이상 유무를 알리고, 응급한 상황의 발생 시에는 병원으로 후송 후 바로 진료를 받을

수 있도록 상황을 유도하게 된다. 이러한 시스템을 체계적으로 관리하기 위해 응급(Emergency), 주의(Alert), 비정상(Abnormal), 정상(Normal)의 4개의 상황으로 분류가 되는 조기 경보 모델 시나리오를 구축하게 되며 (그림 2참조) 각각의 상황에 따라서 시스템의 대응 방법이 달라진다.

4. 재택건강관리 계획 설계 결론 및 고찰

4.1 건강계획 수립

재택건강관리 시스템을 자동화 계획으로 설정하기 위해서 목표를 'MakeHealthPlan'이라는 task를 상위 task를 설정하였다. 재택 건강관리 시스템은 재택에서 사용자가 여러 가지 생체신호를 측정하여 말단 단말기를 통해서 데이터가 수집되어, 이 수집된 생체 신호 데이터로부터, 사용자에게 맞는 건강계획을 수립 하는 게 목적이다. 그 아래 작은 계획으로는 1)현재 입력데이터에 대한 평가, 2)과거력과 비교 평가, 3)결과에 맞는 상황대응모델의 3개의 subtask로 분류가 되도록 설정하였으며, 그림 2는 이러한 건강계획수립에 대한 전체 다이어그램이다.

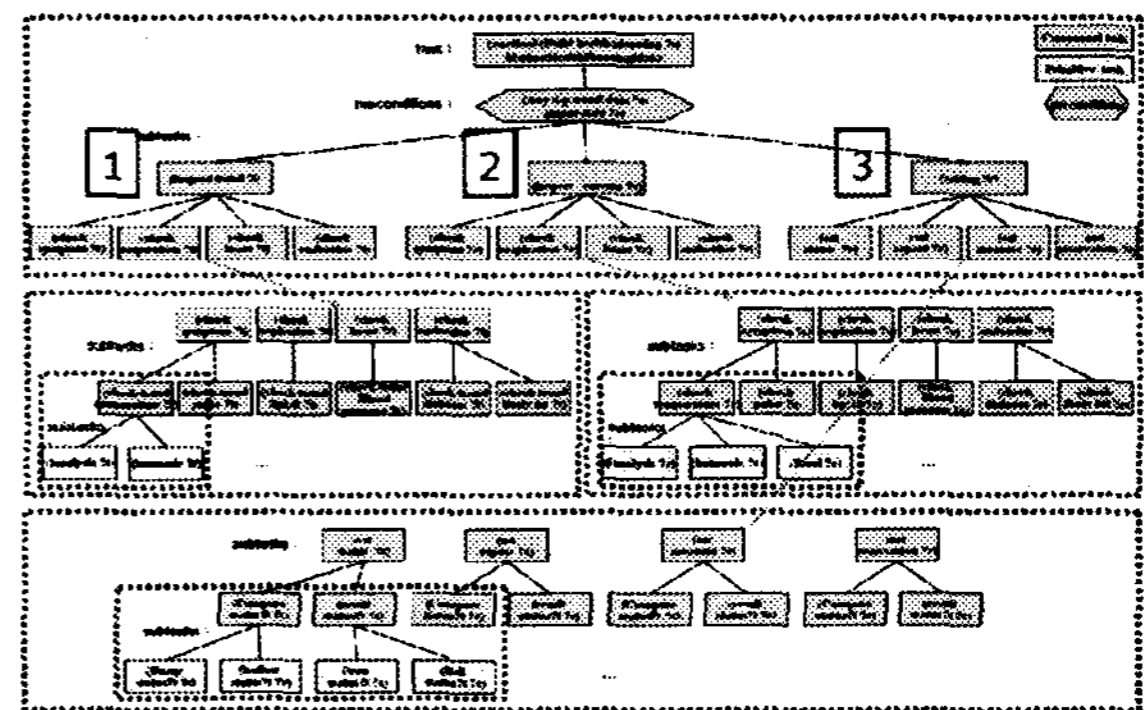


그림 2. 재택 건강관리 시스템을 위한 전체 계획 모델

그림 2는 건강계획수립의 작업 계층 모형이다. 입력으로 6종류의 생체신호와 환자식별을 위한 주민등록을 가진다. 입력을 기준으로 3가지 subtask로 분해가 되는데, 현재 데이터에 대한 평가, 과거 데이터에 대한 평가, 환자의 건강상태에 대한 대응모델에 맞추어서 리포트생성, 이메일 전송, 팩스전송, 알람설정을 하는 3가지의 task로 구분이 된다. 각각의 task는 다시 4개씩의 subtask를 가지게 되는데, 현재 데이터에 대한 평가 task 와 과거병력에 대한 생체신호평가 task는 다시 심혈관계, 내분비계, 호흡계, 기초대사의 subtask로 구분이 되어 실행이 되게 된다. 또한 설정 task의 경우에는 건강에 대한 상태, 리포트 분류, 저장방법, 예약의 subtask로 나뉘어서 세부적 계획 수립을 위해서 계획분해 단계를 거치게 된다.

1) 현재 측정된 생체데이터에 대한 평가

그림 3은 현재 측정된 생체 데이터에 대한 작업 계층 분해를 도식화 한 것이다. 현재 측정된 생체

데이터의 평가는 4가지 기초대사(check symptom), 호흡(check respiration), 내분비(check endocrine), 심질환(check heart)의 4개의 subtask로 구분되며, 기초대사는 체온(checktrend temperature), 맥박(checktrend pulse)으로, 호흡은 SpO2(checktrend SpO2), 내분비계는 체지방(checktrend bodyfat)과 혈당(checktrend diabetes), 심혈관은 혈압(checktrend bloodpress) 생체 데이터에 대한 평가를 한다. 평가항목으로는 수치적으로 평가하는 방법(!analysis t?)과, 평가에 대한 분석(!numeric ?t)의 2가지의 subtask로 분류가 된다.

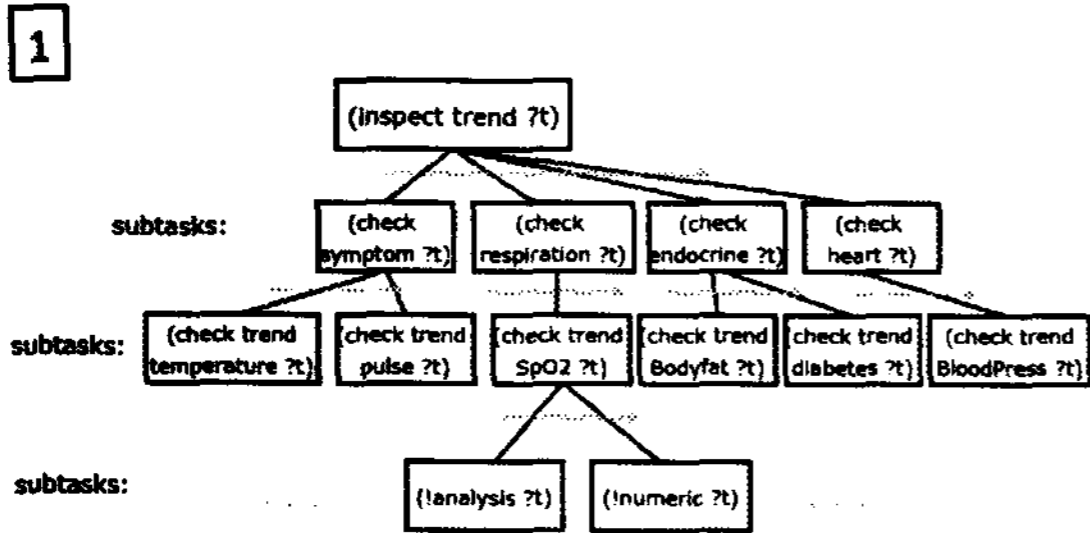


그림 3. Current state trend

2) 과거병력과 현재 생체데이터에 대한 비교 평가

그림 4는 과거병력과 현재 측정된 생체데이터에 대한 평가 작업의 계획 계층 분해로 위의 현재 측정된 생체데이터 평가와 같은 6개의 subtask로 분류가 되는 것 까지는 같다. 하지만 과거 측정된 데이터와 비교하여 평가를 하여야 하기 때문에 데이터에 수치적 분석(!analysis ?t) 및 평가(!numeric ?t)는 기본적으로 들어가고, 과거 데이터에 비해 얼마나 변화가 있는 분석하는 단계(!level ?t)분석 task가 추가적으로 실행되어야 한다.

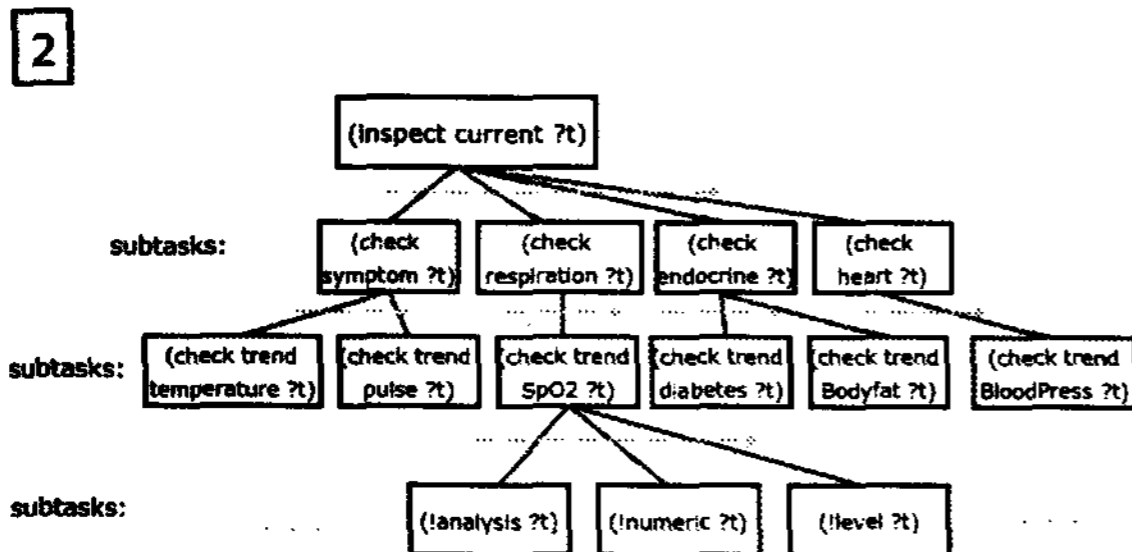


그림 4. current state and past state trend

3) 조기 경보 모델

그림 5는 조기 경보 모델에 대한 작업 계획 계층 분해에 대한 것이다. 생체 데이터로부터 얻어진 결과로부터, 어떠한 조치를 취할지를 결정하는 것이 상황대응모델 task의 역할이다. Figure 7과 8에서 얻어진 현재 데이터평가와 과거병력과 현재 데이터 평가에 의해서 나온 결과를 바탕으로, 현재의 상태를 분석(set status ?t)하고, 어떻게 리포트(set report ?t)할지, 저장(set measure ?t)은 어떻게 할 것인지, 예약(set reservation)은 어떻게 할 것인지를 결정하는 task로 분류가 된다. 각각의 task는 다시 'Emergency', 'Alert', 'Abnormal', 'Normal'등의 경고 수위(!Compare status ?t)를 결정하고, 결과(!result

comment ?t)를 요청하게 된다.

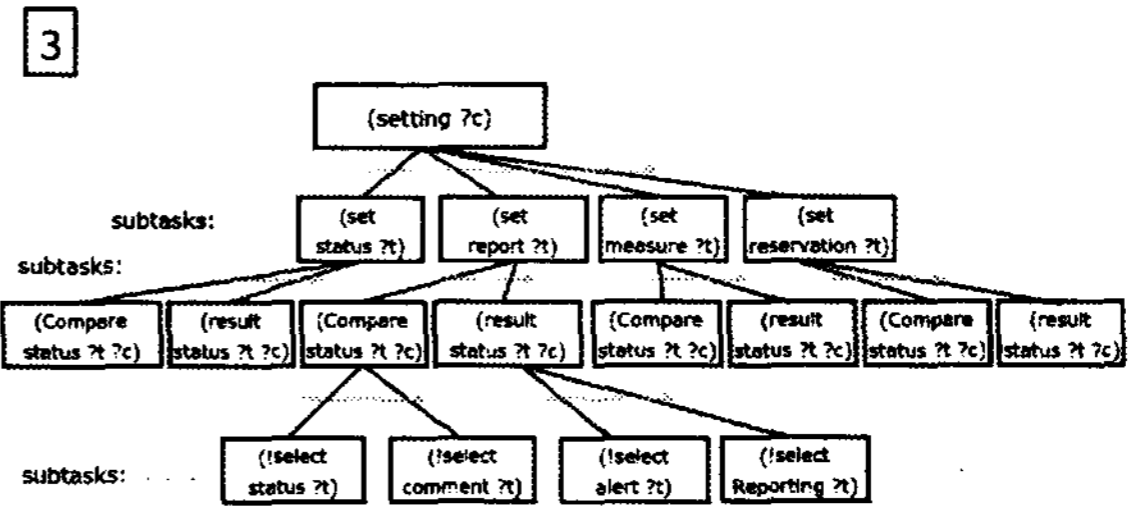


그림 5. early warning model

결과요청 task는 알람수위(!select status ?t)를 결정하고, 환자의 상태에 맞추어 맞춤형 진단(!select comment)을 제시한다. 또한 결과를 알람 하는 방법(!select alert ?t)을 email, fax, phone, SMS, 등의 통신 수단을 선택하여 사용자에게 전달하는 알람 task와 측정된 생체데이터에 대한 리포트 작성방법(!select Reporting ?t)을 결정하게 된다.

재택건강관리 시스템은 조기경보모델이라는 4가지의 큰 시나리오를 기반으로 운영이 된다. 조기경보모델은 응급, 주의, 비정상, 정상의 4가지의 중증도에 따른 시나리오를 가지며 이는 재택에서 생체 신호를 측정할 때마다 중증도 분류 알고리즘에 의해서 중증도를 구별한다. 개개인의 상태 및 그룹에 따라 다른 맞춤형 계획을 위해서 HTN기반의 자동화 계획 설계는 복잡하고 난해한 상태 분류에 만족할 만한 제안을 줄 수 있도록 설계되었다.

Acknowledgment

This study was supported by a grant of the Korea Health 21 R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (A020602).

참고 문헌

[1] 장승진, 박성빈, 윤형로, 윤영로, "다차원 복합 센서 기반의 맞춤형 재택 건강관리 시스템", Telecommunication Review, 2007.
 [2] G. Weiss, "Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence", Cambridge, MA: The MIT Press, 1999.
 [3] D. Corkill, "Hierarchical Planning in a distributed environment", in Proc. Int. Joint Conf. Artif. intell., Tokyo, Japan, 1979, pp. 169-175.
 [4] D. Nau, T. Au, O. Ilghami, U. Kuter, D. Wu, and F. Taman "Applications of SHOP and SHOP2" IEEE Intelligent systems, 2001.
 [5] D. Nau, et al. "SHOP2: An HTN planning system," Journal of Artificial Intelligence Research, vol.22, pp. 379-404, 2003.
 [6] O. Ilghami. "Documentation for JSHOP2," Technical Report CS-TR-4694, University of Maryland, 2006.