

개인 맞춤형 헬스케어 서버 시스템 구현

서경원*, 정주희*, 신문선*, 서성보**
*건국대학교 과학기술대학 컴퓨터공학과
**터보소프트(주)
e-mail : tkrudnjs1@naver.com

Implementation of Personal HealthCare Server System

Kyeong-Won Seo*, Ju-Hui Jeong*, Moon-Sun Shin*, Sung-Bo Seo**
*Dept. of Computer Engineering, Kon-Kuk University
**TurboSoft

요 약

본 논문에서 구현한 헬스케어 서버 시스템은 사용자가 스스로 자신의 건강을 관리할 수 있도록 돕는 플랫폼으로서, 모바일 애플리케이션을 이용하여 자신의 운동, 식단 등과 같은 건강기록을 관리할 수 있으며, 또한 건강기록들을 바탕으로 사용자에게 알맞은 건강 정보를 제공한다. 또한 개인 건강기록(PHR) 정보와 라이브로그를 저장하기 위한 데이터베이스 및 지식베이스를 설계하고, 온톨로지 및 데이터마이닝 기법을 적용하여 사용자에게 맞춤형 건강정보를 제공하는 기능을 수행한다.

1. 서론

헬스케어 3.0 시대의 핵심 키워드는 일상관리화, 개인 맞춤화, 환자 중심화, 진단 치료의 미세화 등이다. 이러한 헬스케어 서비스 진화에 초점을 맞추어 고령화 사회의 진입시점에서 건강한 노후생활을 위한 "사용자 맞춤형 의료서비스 플랫폼"의 필요성이 대두되고 있다.

본 논문에서는 당뇨 혹은 당뇨잠재환자를 대상으로 스마트폰을 이용하여 매일 식이관리와 운동관리를 할 수 있도록 사용자 맞춤형 의료서비스 플랫폼(PHCS, Personal HealthCare Server System, 이하 PHCS)을 개발하였다.

플랫폼 개발은 크게 클라이언트 개발과 서버 개발로 나뉘었으며, 클라이언트 개발은 서버에서 제공하는 데이터를 바탕으로 하여 사용자가 손쉽게 사용할 수 있는 스마트폰 앱을 중심으로 한다. PHCS는 사용자 데이터를 관리하고 건강관리를 위한 웹서비스를 실행하여 클라이언트에게 제공할 웹 API로 구성된다. 또한 온톨로지와 데이터마이닝 기법을 활용하여 사용자 맞춤형 정보를 제공하는 기능을 수행한다.

2. 국내·외 관련기술 연구현황

2.1 온톨로지

토마스 그루버(Thomas R. Gruber)는 온톨로지를 “공유하는(shared) 개념화의(conceptualization) 형식적

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학협력 기술개발사업(과제번호 C0212326)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

(formal)이고 명확한(explicit) 명세(specification)”라고 정의하였다.[1] 즉 함의된 지식으로 몇몇의 개인이 임의로 정한 것이 아니라 해당 영역에 관련된 모든 구성원의 동의에 의해 수용되는 지식을 말한다.

온톨로지는 객관적으로 정해진 공통의 포맷을 이용하고 정보에 의미를 부여하는 것이 가능하므로 시스템이 상황 정보를 공유하고 이해 및 추론이 가능하다. 각각의 리소스들은 의미를 가지고 연결되며, 주어진 규칙에 따라서 규칙기반 추론이 가능하다. 이러한 점을 이용하여 사용자의 상황에 가장 알맞은 정보를 추론하여 제공할 수 있다. 이러한 의미를 가진 정보를 표현하는데 가장 대표적인 언어로 RDF, RDF Schema, OWL 등이 있으며, 이를 활용할 수 있도록 돕는 플랫폼은 Apache Jena, Pellet, FaCT 등이 존재한다.

본 논문에서는 개인 맞춤형 건강정보 제공을 위하여 온톨로지를 설계하고 구현하였다.

2.2 데이터마이닝

데이터마이닝은 존재하는 데이터들로부터 과거에는 알지 못했던 새로운 데이터 모델이나 패턴을 발견하여 의사 결정에 사용하는 하는 지식탐사기술이다. 즉 데이터 속에 숨겨져 있던 관계들을 발견해 내는 것이다. 데이터마이닝은 통계학에서 패턴인식에 이르는 다양한 기법을 사용한다. 대표적인 데이터마이닝 기법에는 분류, 군집화, 연관규칙 등이 있으며, 분류(Classification)는 특정 집단 내의 구성원들을 구분 및 분류한다. 군집화(Clustering)는 구성원들의 특성(속성)을 바탕으로 유사도가 높은 그룹을 만든다. 연관성(Association)은 동시에 발생한 사건간의 관계를 정의

한다. 연속성(Sequencing)은 특정 기간에 걸쳐 연속으로 발생한 사건간의 관계를 규명하며, 마지막으로 예측(Forecasting)은 현 데이터의 패턴을 바탕으로 미래의 요소를 예측한다.

PHCS 에서는 데이터마이닝 기법 중 분류에 속하는 K 근접이웃 알고리즘을 적용하여 비슷한 유형의 PHR 프로파일을 찾아 건강정보추천에 활용한다.

3. PHCS 구현

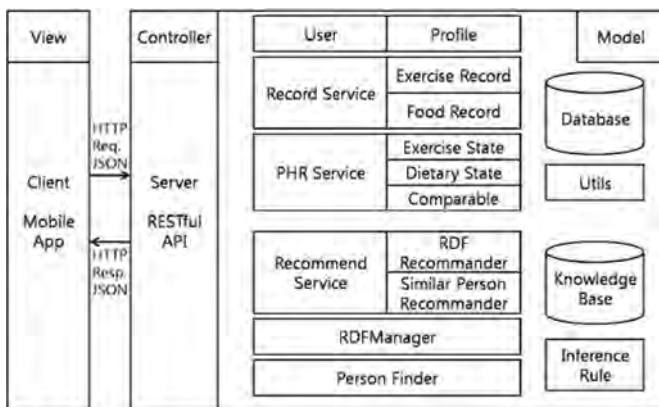
3.1 PHCS 설계

PHCS 은 MVC 구조를 기반으로 설계하였다. 서버는 MVC 구조의 구성요소인 컨트롤러와 모델에 집중되어 있다.

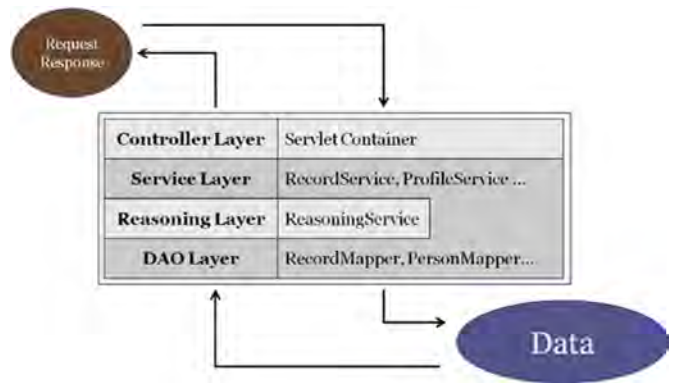
컨트롤러는 Jersey 프레임워크를 사용하여 RESTful API 를 구현하였다. Jersey 가 구현한 JAX-RS API 를 통해 클라이언트 측과 통신하기 위한 인터페이스를 구축하였다. 데이터는 모두 JSON 으로 전송되며, GET, POST, PUT, DELETE 등의 HTTP 메서드를 통해 CRUD(Create Read or Retrieve Update Delete)작업을 수행한다.

저장, 삭제, 추천 등과 같이 데이터를 관리하는 모델 영역은 크게 데이터베이스를 중심으로 한 부분과 온톨로지를 중심으로 한 부분으로 나뉜다. 사용자의 계정, 운동기록, 음식기록 등의 사용자 입력 데이터들은 MariaDB 를 통해 구축된 데이터베이스에 저장된다. 온톨로지 부분은 시맨틱웹 프레임워크인 Apache Jena 프레임워크와 온톨로지 생성툴인 Protégé 를 사용하여 설계하였다. 온톨로지는 주로 사용자 맞춤형 정보를 추천하기 위해서 사용하는데, 이를 위해서 RDF Schema 와 추천 규칙을 정의하였다. 정의된 RDF Schema 를 통해 매핑된 사용자 정보를 추천규칙에 의해 사용자 맞춤형 정보가 추천되어 제공된다.

아래의 (그림 1)은 PHCS 를 나타내는 구조이며 (그림 2)는 서비스의 계층 구조이다.



(그림 1) PHCS 전체 구조

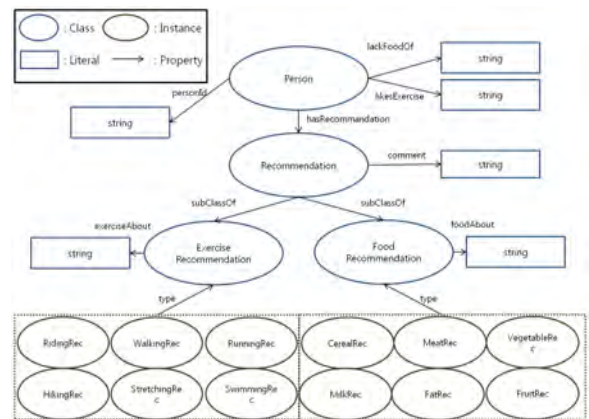


(그림 2) 계층형 서비스 구조

3.2 온톨로지 설계

PHCS 에서는 사용자 맞춤형 정보를 제공하기 위해서 추천을 수행한다. 이를 위해서 온톨로지를 통해 지식베이스를 구축하고, 정의된 추천 규칙을 기반으로 하여 추천을 수행한다.

RDF(Resource Description Framework)는 온톨로지를 표현하는 W3C 표준 언어로, 주어, 서술어, 목적어 구조의 트리플데이터로 구성된다. Jena 를 사용하여 전달받은 사용자 정보 RDF 는 RDF Schema 의 형태에 따라 1 차적인 추천이 이루어지며, 그 결과를 Jena Rules 로 정의된 추천규칙에 적용하여 2 차 추천이 이루어진다. 즉, 한 트랜잭션에서 추천이 두 번 수행된다. 그림 3은 PHCS 를 위해 설계된 RDF 스키마이다.



(그림 3) RDF Schema 그래프

(그림 3)의 온톨로지 구조를 살펴보면 Person 클래스는 자신이 좋아하는 운동과 부족한 음식(식품군)에 대한 정보를 가지며 그에 대한 권고사항을 가진다. 권고사항은 운동과 음식에 관한 정보가 존재하며 해당 항목별로 권고사항을 명시한 인스턴스가 존재한다. 이 인스턴스가 사용자에게 실질적으로 제공될 정보이다.

추론규칙

- (?x type Person) ^ (?x likesExercise ?exercise) ^ (?advise exerciseAbout ?exercise)
-> (?x hasRecommendation ?advice)
- (?x type Person) ^ (?x lackFoodOf ?foodType)
^ (?advise foodTypeAbout ?foodType)
-> (?x hasRecommendation ?foodType)

사용자가 좋아하는 운동과 부족한 식품군으로 추론을 수행하는데, 이때 정의한 추론 규칙을 바탕으로 한다. 사람이 어떤 운동을 좋아하는데 그 운동에 대한 '조언'이 존재하면 그 '조언'을 제공한다. 또한 어떤 사람에게 부족한 식품군이 있다면 그 식품군에 대한 '조언'이 존재하는지 확인하여 존재한다면 그 정보를 제공한다.

3.3 K 근접이웃 알고리즘을 응용한 개인 맞춤형 추천

사용자는 스스로 건강관리를 하기 위해서 나이, 키, 몸무게 등에 대한 신체 정보와 운동기록, 음식기록 등 라이프로그를 입력한다. 이때 사용자는 자신과 비슷한 유형의 사람 중 비교적 건강한 사람이 어떻게 운동을 하고 어떻게 음식을 섭취하는지 확인하여 자신이 어떻게 운동을 하고 어떻게 식단을 짜야할지에 대한 정보를 얻을 수 있다.

PHCS 에서는 데이터마이닝 기법 중 하나인 K 근접이웃 알고리즘이 활용된다. K 근접이웃 알고리즘은 데이터 간에 속성을 바탕으로 거리를 계산하여 거리가 가장 가까운 데이터 K 개를 추출하여 자신이 어떤 유형의 데이터에 속하는지 분류하는데에 적합한 알고리즘이다. 본 플랫폼에서는 이를 응용하여 사용자 간에 프로파일 정보를 바탕으로 거리를 계산한 후 가장 거리가 가까운 사람 K 명을 선정한다. 이때 선정하는 또 하나의 기준으로 나이가 있는데, 나이차가 5 살 이상일 경우 선정대상에서 제외된다. 선정된 사람 중 비교적 건강하다고 판단되는 사람을 다시 선정하며, 선정 기준에는 BMI 와 표준체중을 사용한다. 최종적으로 선정된 사람의 운동기록과 음식기록을 추출하여 사용자의 기록들과 비교할 수 있도록 현 사용자에게 제공한다.

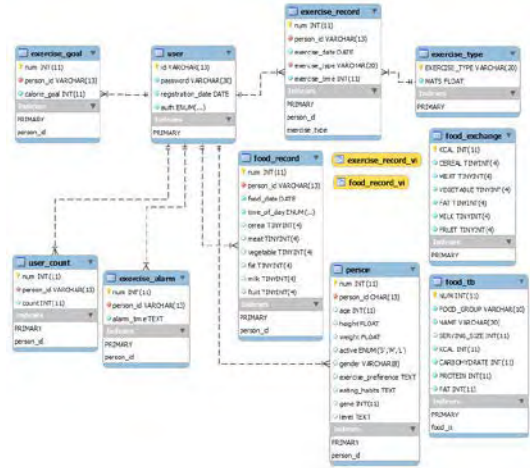


(그림 4) 추천정보 제공 과정

사용자간의 거리를 계산하기 위해서는 속성이라할 수있는 프로파일 값들을 모두 숫자 데이터타입으로 바꾸는 전처리과정이 필요하다. 전처리를 거쳐서 모든 속성들은 숫자 타입으로 변경되며 이를 바탕으로 거리를 계산한다. 사용자간의 거리를 계산하기 위해서는 유클리드 거리 공식을 사용하였다.

$$distance = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2}$$

3.4 DB 스키마 구조



(그림 5) DB 스키마 ERD

추론과정을 제외하고 모든 데이터는 데이터베이스에서 관리한다. (그림 5)에서 food_record, exercise_record, person 테이블은 가장 핵심이 되는 테이블로, food_record 테이블에는 식단기록이, exercise_record 테이블에는 운동기록이, person 테이블에는 사용자 프로파일을 저장한다. exercise_type 은 운동 유형과 METs 가 저장되며, exercise_record 테이블은 exercise_type 테이블의 기본키를 외래키로 사용하고 운동유형을 구분하는데 사용한다. food_exchange 테이블은 소비 칼로리별로 알맞은 식품군을 정의한다. 테이블 이외에도 exercise_record_vi 와 food_record_vi 와 같은 뷰가 존재한다. exercise_record_vi 뷰는 exercise_record 테이블을 바탕으로 생성되었으며, 운동기록들을 일 단위와 유형별로 합계를 내서 제공한다. food_record_vi 뷰는 food_record 테이블로부터 생성되었고, 음식기록, 즉, 식품군, 먹은 시간(아침, 점심, 저녁, 간식) 등을 1 일 단위로 합계를 내어 제공한다.

사용자가 입력한 운동기록은 METs 라는 단위를 사용해서 저장된다. METs 는 운동의 강도를 나타내는 1 부터 10 사이의 값이다.[2] METs 를 사용하면 운동시간과 체중을 바탕으로 소모 칼로리를 계산할 수 있다. 사용자가 입력한 운동기록은 분 단위이며 15 분에서 60 분 사이의 값을 가진다.

$$소모칼로리 = METs * 체중 * 운동시간(분 단위) * 0.0175$$

음식기록은 식품교환표로 표현한다. 식품교환표는 식품을 곡류군, 어육류군, 채소군, 지방군, 우유군, 과일군의 6 가지로 나눈다.[3] 사용자는 아침, 점심, 저녁, 간식별로 그날 섭취한 음식을 식품군으로서 기록할 수 있다. 음식기록은 프로필을 참고하여 열량과 같은 건강정보를 계산하는데에 사용된다. 또한 데이터베이스에 저장되어있는 열량별 권장 식품교환표를 기준으로 부족한 식품군이 무엇이고 얼마나 부족한지 알아 내어 추천정보의 기초자료로 활용된다.

4. 실험

PHCS 의 서버는 HTTP 를 통해 통신하며, 모든 데이터들은 JSON 을 통해 송수신된다. 운동기록과 음식 기록들은 데이터베이스에 저장되며 이를 바탕으로 사용자 맞춤형 정보를 추론하여 제공한다.

<표 1> 사용자 프로파일 샘플

ID	나이	키	체중	성별	활동	유전	혈당
XX	50	170	73	남	많음	N	120

<표 1>는 실험에 사용될 사용자 프로파일 샘플이다. 이 프로파일 샘플을 바탕으로해서 건강기록을 입력하며, 맞춤형 정보를 제공받는다.

<표 2> 음식기록 샘플

시간	곡류	어육	채소	지방	우유	과일
아침	3	X	2	X	1	1
점심	3	3	X	1	X	X
저녁	6	3	3	1	X	X
간식	X	X	X	X	X	1

<표 2>은 입력된 음식기록 샘플이다. 시간은 아침, 점심, 저녁, 간식으로 구분되며, 각 시간에 어떤 음식을 먹었는지 나타낸다. 각 식품군의 숫자는 먹은 양을 의미하며, 'X'는 먹지 않았다는 의미이다. 이를 바탕으로 얻는 추천정보의 일부는 다음 <표 3>과 같다.

현재섭취칼로리 = 2285 kcal
부족한 식품군 = 지방, 채소

<표 3> 식이관리 맞춤형 정보 중 일부

부족한 식품군	추천 내용
지방	지방군에 속하는 식품은 식물성 기름, 고체성 기름, 견과류, 씨앗, 드레싱 등이 있습니다.
채소	채소군은 식이섬유소, 비타민, 무기질이 풍부한 식물성 식품입니다.

음식기록과 마찬가지로 운동기록 역시 관리할 수 있으며 이를 바탕으로 맞춤형 정보를 제공한다.

<표 4> 운동기록 샘플

운동유형	운동시간(단위:분)
조깅	30
수영	30
조깅	45

<표 5> 운동관리 맞춤형 정보 중 일부

운동유형	추천 내용
조깅	조깅은 어려운 동작도 없고, 시간적·금전적인 투자 없이도 어디서나 쉽게 도전할 수 있는 운동입니다.

<표 4>는 운동기록 샘플이다. 각 운동유형별로 얼마나 운동을 하였는지 분 단위의 운동시간으로 나타

낸다. 이를 바탕으로 얻은 맞춤형 정보 중 일부가 <표 5>이다.

5. 결론

IT 기술의 발전과 함께 등장한 스마트폰은 헬스케어에도 영향을 미쳐 헬스케어 서비스의 발전을 촉진하고 있다. 또한 헬스케어 3.0 시대의 핵심 키워드에 맞춰 사용자 맞춤형 헬스케어 서비스에 대한 관심이 크게 증가하고 있다.

본 논문을 통해 구현된 PHCS 은 기록을 통한 건강관리와 사용자 맞춤형 정보 제공을 통해서 보다 건강한 삶을 영위할 수 있도록 돕는다. 이를 위해 PHCS 의 서버는 건강관리를 위한 정보를 저장하고 제공할 수 있는 기능을 제공한다. 사용자는 운동기록, 음식기록을 통해 스스로 건강을 관리할 수 있고, PHCS 는 기록을 바탕으로 사용자에게 맞춤형 정보를 제공한다.

향후 PHCS 에서 보다 다양한 라이프로그 데이터 관리와 지능적인 헬스케어 서비스를 제공할 수 있도록 입력 기록의 형식을 개선할 것이며, 추천정보가 저장되어있는 온톨로지를 확장하여 사용자의 건강관리에 실용적인 추천정보를 제공할 수 있도록 개선할 것이다.

참고문헌

- [1]. K. Sim, "Ontology," Library Culture vol. 50, no. 10, pp. 49-59, 2009.
- [2]. <http://www.loc.gov/standards/mets/>
- [3]. D. L. Ju, H. C. Chul, Y. Y. Cho, J. W. Cho, H. S. Yoo, K. S. Choi, M. H. Woo, C. M. Sohn, Y. K. Park, and R. W. Choue, "Korean Food Exchange Lists for Diabetes: Revised 2010," Korean J Nutr, vol. 44, no. 6, pp. 577-591, 2011.
- [4]. K. S. Choi, P. M. Ryu, "Ontology Construction and learning: IS-A Relation," Korean Institute of Information Scientists and Engineers, vol. 24, no. 4, 2006.
- [5]. J. W. Jung, H. Y. Jung, J. N. Kim, D. H. Lim, H. J. Kim, "A RDF based Ontology Management System," Journal of KIISE : Computing Practices and Letters, vol. 11, no. 4, pp. 381-392, 2005.
- [6]. B. M. Lee, Y. H. Lee, K. M. Yu, J. Y. Park, U. G. Kang, "Ontology-based Customized Health Management Service for Metabolic Syndrome Patients," Journal of the Korea Society of Computer and Information, vol. 17, no. 1, pp. 41-52, 2012.
- [7]. K. S. Moon, S. H. Park, "Design of Health Management System of Mobile Web," in Proceedings of the Korean Institute of Information and Communication Sciences Conference, 2010, pp. 979-980.
- [8]. J. W. Gu, "Diabetes and Exercise," Korea Industrial Health, no. 215, pp.49-52, 2006.
- [9]. S. G. Lee, Y. M. Im, "System Modeling for Analysing Exercises Using Data Mining," in Proceedings of the Safety Management and Science Conference, 2013, pp. 393-400.
- [10]. <http://jena.apache.org/>