

# A Scalability Study with Nginx for Drools-Based Oriental Medical Expert System

Wonyong Jang<sup>†</sup> · Taewoo Kim<sup>†</sup> · Eunchoe Cha<sup>†</sup> · Eunmi Choi<sup>††</sup>

## ABSTRACT

This paper studies about the Oriental Medical Expert System, based on Open Source Drools for rule engine processing, which contains scalability, availability, and modifiability. The system is developed with the Spring MVC framework and Ajax for stable services of the Web-based Medical Expert System. The diagnosis and treatment process of this Medical Expert system provides a service that provides the general users to accesses the web with a series of questionnaires. In order to compensate for the asynchronous communication between clients and services, and also for the complicated JDBC weaknesses, we applied the data handling in JSON to reduce the servers' loads, and also the Mybatis framework to improve the performance of the RDBMS, respectively. In addition, as the number of users increases to cope with the maximum available services of the web-based system, the load balancing structure using Nginx has been developed to solve the server traffic problems and the service availability has been increased. The experimental results show the stable services by approving the scalability test.

**Keywords :** Expert System, Rule, Scalability, System Performance, Oriental Diagnosis and Treatment System

# Drools 기반 한방전문가 시스템의 Nginx를 이용한 확장성 연구

장 원 용<sup>†</sup> · 김 태 우<sup>†</sup> · 차 은 채<sup>†</sup> · 최 은 미<sup>††</sup>

## 요 약

본 논문은 웹 기반의 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)에 대한 룰 기반 진단 프로세스를 제공하는 확장성, 가용성, 변경 가능성을 가진 시스템으로, 오픈 소스 Drools 기반으로 Spring MVC 프레임워크와 Ajax를 이용하여 구현하였다. 본 한방 전문가 시스템의 처리 프로세스는 일반 사용자가 웹으로 접근하여 설문을 작성한 후 기본적인 진단 및 평가를 제공하여 주는 서비스를 제공한다. 한방 전문가 시스템의 효율적인 운영을 위하여 클라이언트와 서버 간에 비동기적 통신으로 JSON 데이터를 주고받아 서버의 부담을 감소하였으며, 데이터베이스 접근은 기존의 복잡한 JDBC 단점을 보완하고자 Mybatis 프레임워크를 적용하여 RDBMS의 성능을 향상시켰다. 또한, 웹 기반의 장점을 최대한 활용하여 사용자 수가 늘어남에 따라 서버 트래픽 문제를 해결하기 위하여 Nginx를 이용한 로드밸런싱 구조를 구축하여 서비스의 가용성을 확대하였다. 연구 결과로 확장성 테스트를 통하여 서비스의 안정화에 대한 검증은 나타내었다.

**키워드 :** 전문가 시스템, 룰, 확장성, 시스템 성능, 한방 진단 처방 시스템

## 1. 서 론

전문가 시스템의 엔진을 사용하여 다양한 추천 시스템을 여

러 분야에서 점점 확산되어 가고 있는 동향을 비추어 볼 때, 의료 분야에서 전문가 시스템의 접근성과 가용성, 그리고 성능 면에서 좀 더 효율적이고 확장 가능 필요성이 요구되고 있다. 본 논문에서는 한방 분야의 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)을 Java 기반의 라이브러리인 Drools를 이용하여, 한방 분야에서 사용할 수 있는 전문가 시스템을 연구하였다. 관련된 룰들을 수정하고 추가하여 변경사항을 반영할 수 있도록 하여, 전체 프로그램을 수정할 필요 없이 룰 파일만을 수정하면서 진단 시스템의 정확성을 지원할 수 있도록 하였다.

본 전문가 시스템을 의사의 진단용과 일반 사용자의 자가 점검용으로 다양하게 사용하기 위하여 사용자의 접근성을 확

※ 이 논문은 교육부와 한국연구재단의 지원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업의 연구결과임.

※ 이 논문은 2018년도 한국정보처리학회 춘계학술발표대회에서 'Drools를 이용한 Nginx와 Ajax기반의 Medical Expert System 개발'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

<sup>†</sup> 비 회 원 : 국민대학교 컴퓨터공학부 학사과정

<sup>††</sup> 종신회원 : 국민대학교 소프트웨어학부 정교수

Manuscript Received : July 9, 2018

First Revision : August 16, 2018

Accepted : August 23, 2018

\* Corresponding Author : Eunmi Choi(emchoi@kookmin.ac.kr)

대하였다. 이를 위하여 웹 기반의 사용자 인터페이스를 분석 설계하였다. 특별히 웹 기반 서비스의 경우 사용자의 이용 트래픽이 많을 때 시스템 기능에 장애를 대처하기 위하여, 본 연구에서는 성능의 확장성을 위하여 클라이언트 요청을 분산 시켜줄 서버 단의 로드 밸런싱 구조를 반영한다.

Drools와 서버들 간의 로드 밸런싱을 통해 최대한 활용하고, 성능 향상을 위해 Spring MVC 구조와 Ajax를 사용하여 웹 기반의 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)을 설계 및 구현하였다. 의료 분야 활용을 위하여 한방 분야의 전문적인 룰과 사용자들이 쉽게 접할 수 있는 한방 분야의 룰을 적용하여 한방 분야의 접근성을 제공한다. 본 논문은 전문가 시스템의 활용을 한방 분야에 확대하고, 웹 기반 서비스로 사용자의 접근성을 제공하여 가용성, 확장성, 그리고 수정 가능성 등을 초점을 맞추어 시스템을 구현하였다.

본 논문은, 2장에서 관련 연구에 대한 소개를 하며, 3장은 본 연구의 한방 전문가 시스템 구조를 제안한다. 4장은 한방 전문가 시스템에서의 진단 프로세스 정립에 대한 내용을 나타내며, 5장에서는 구현 결과와 6장에서는 확장성을 위한 성능 테스트 결과를 제공한다. 마지막장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

본 장에서는 한방 분야의 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)을 구축하기 위한 관련 연구 동향을 알아보고, 효율적이고 확장 가능한 전문가 시스템 구축을 위해 사용한 기술에 대한 소개를 한다.

### 2.1 전문가 시스템 동향

전문가 시스템은 1965년에 최초의 전문가 시스템 DENDRAL이 개발된 이후로, 진단, 교육, 해석, 계획, 예측, 처방, 제어 등 지식의 거의 모든 분야에 적용되어 오고 있다. 전문가 시스템은, 해당 도메인 전문가로부터 획득한 지식을 바탕으로 사실(fact)과 규칙(rules)을 이용하여, 도메인의 문제를 해결하는 결정 도구이다. 다양한 분야에서 활용이 되기 위해서는 산업 분야 별로 신뢰할 수 있는 룰들이 정립되어야 한다[1].

의료 분야에서도 의사의 진단과 처방을 보조하기 위해서 의료 전문가 시스템이 다양한 질환에 대해서 개발되어 사용되고 있다.[2]

### 2.2 한방 분야에서의 전문가 시스템

의료용 전문가 시스템의 대표적인 예로는 미국 스텐포드 대학에서 1970년대 말부터 개발된 의료용 전문가 시스템인 MYCIN은 약 400개 정도의 형식적인 형태의 문장을 지식으로 보유하고 있다.[3]

IBM은 세계에서 가장 오래된 최대 규모 민간 암 센터인 메모리얼 슬로언 케터링 암 센터(Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, MSKCC, 슬로언 케터링)와 왓슨 온콜로지 솔루션(Watson Oncology Solutions)을 개발했다[5]. 왓슨 온콜로지 솔루션이 전문가와 환자들에게 결정을 위한 선택지 제공 뿐 아니라 암 진단과 치료를 시작하는 의학 교육생에게 교육 보조 수단으로 활용되고 있다[4].

한방 분야의 임상에서 의료진들이 환자를 진료하는 관련된 시스템으로는 임상 의사 결정지원시스템(CDSS: Clinical Decision Support System), PACS(Picture Archiving and Communication System), 설진기, 맥진기 등 다양한 진단 보조 시스템들[5]이 있다. CDSS의 이점으로는 처방 시 약물 사용의 오류를 알려주는 기능을 제공하고 있으며, 병원의 진단 프로세스를 정형화하고 이에 따라 환자를 단계별로 진단하도록 도움을 주는 시스템으로 사용되고 있다.

### 2.3 Drools

Drools는 BRMS(Business Rule Management System)[6]로써 Java 룰 엔진 API(JSR-94)를 지원한다[7]. Drools는 비즈니스 규칙 관리 및 복잡한 이벤트 처리가 빠르고, 신뢰할 수 있는 평가를 가능하게 하는 전방 연쇄(Forward-chaining) 및 후방 연쇄(Reverse-chaining) 기반 규칙 엔진을 모두 갖추고 있다.

### 2.4 Mybatis

Mybatis[8]는 개발자가 지정한 SQL, 저장프로시저 등 고급 매핑을 지원하는 퍼시스턴스 프레임워크이다. JDBC로 처리하는 많은 부분의 소스코드와 파라미터 설정 및 결과 매핑을 대신해준다. 또한, DB 레코드에 원시 타입과 Map 인터페이스, Java POJO를 설정해서 매핑하기 위해 XML과 Annotation을 사용할 수 있다. 객체지향 언어인 자바의 관계형 데이터베이스 프로그래밍을 쉽게 할 수 있도록 도와주고 기존의 JDBC의 단점인 Connection과 Statement를 통해 쿼리를 전송하면 연결 받은 후 닫는 방식을 보완하기 위해 개발되었다. 따라서 JDBC 코드를 간편하게 사용할 수 있고 SQL 문장과 프로그래밍 소스코드가 분리되어 있어 사용하는데 편리하다.

### 2.5 Nginx

Nginx[9]는 트래픽이 많은 웹사이트를 위해 확장성을 위해 설계한 비동기 이벤트 기반구조의 웹서버 소프트웨어이다. 대표적인 웹서버 Apache는 쓰레드, 프로세스 기반 구조로 요청 하나 당 쓰레드 하나가 처리하는 구조이기 때문에 사용자가 많으면 많은 쓰레드 생성하고 메모리 및 CPU 낭비가 심하다는 단점이 있다. 반면 Nginx는 비동기적인 이벤트 기반 구조로써 더 작은 쓰레드로 사용자의 요청들을 처리할 수 있다. 또한, 보안에서는 앞 단의 Nginx로 리버스 프록시를 사용하고 뒷단에서는 WAS를 설치하여 외부에 노출되는 인터페이스에 대해 Nginx WAS 부분만 노출할 수 있다. Backend-service에 대해서는 max fails, fail timeout 시 백업 서버로 진입할 수 있도록 처리할 수 있다.

### 3. 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)의 시스템 구조 연구

#### 3.1 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)의 구조도

본 논문에서 제안된 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System) 전체적인 구조는 Fig. 1과 같다. 클라이언트의 요청은 웹을 통해서 서버로 전달되며, 그 내부 구조는 Spring MVC 구조에 의해서 데이터를 주고 받는다. Drools에는 검증된 전문가 룰이 쌓여있으며, 환자의 증상데이터가 입력으로 들어오면 룰과 비교하여 결과값을 사용자에게 보여지게 되는 구조이다.

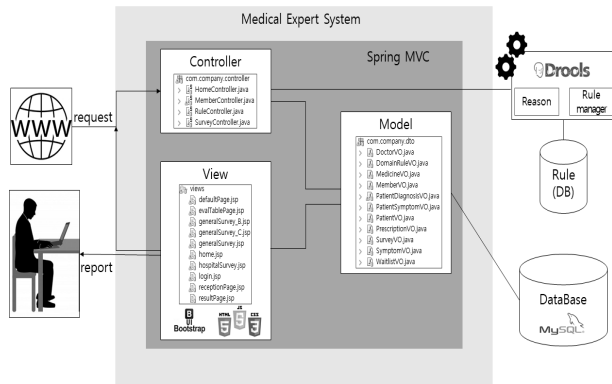


Fig. 1. The Structure of Oriental Medical Expert System

#### 3.2 확장 가능한 전문가 시스템의 시스템 구조

본 논문에서 제안된 시스템 구조는 Fig. 2와 같이 의사가 사용하는 시스템과 일반 사용자가 사용하는 시스템으로 분리하였다. 의사가 사용하는 시스템의 초점은 신뢰성(Reliability)이며, 환자의 개인 정보와 처방 내역 등이 노출될 위험을 고려하여 일반사용자가 사용하는 시스템과 완전히 분리시켰으며, 데이터베이스와 사용하는 룰 또한 신뢰할 수 있는 한방 분야의 룰을 사용하였다. 의사가 사용하는 시스템을 사용하기 위해서는 로그인 인증을 통하여 보안을 향상 시켰다.

의사가 사용하는 시스템 프로세스는 다음과 같다. 환자가 병원에 내원하여 의사에게 문진을 받기 전 증상데이터를 얻을 수 있는 설문을 작성한다. 그리고 의사는 사전에 얻은 증상데이터를 바탕으로 환자를 문진하면서 증상데이터를 수정한다. 그 후 한방 분야의 룰이 적용되어 있는 Drools엔진을 이용하여 진단을 하고 의사는 그 결과 값을 확인 후 최종 진단을 하게 된다. 반면, 일반 사용자가 사용하는 시스템의 초점은 가용성(Availability)이며, 웹의 장점을 이용하여 일반 사용자가 장소에 제한받지 않고 설문 작성을 통해 간단한 진료를 받도록 서비스한다. 프로세스로는 일반 사용자가 웹을 통하여 접속하여 주어진 설문을 작성하게 되면 이를 바탕으로 사상체질 룰과 비교하여 가장 적합한 결과값을 도출해 진단을 내리게 된다.

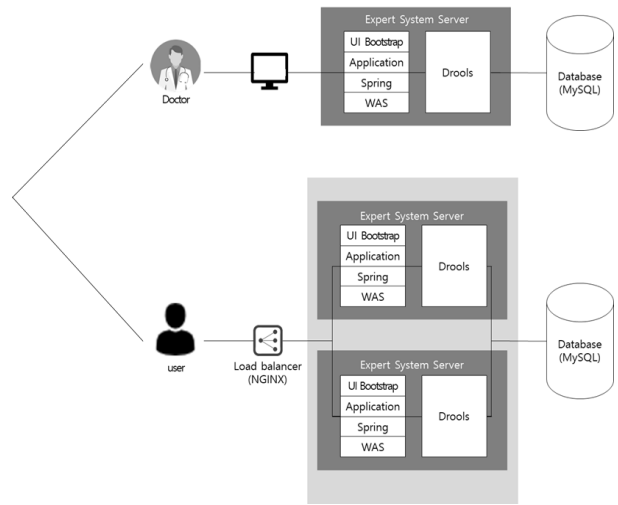


Fig. 2. The Distributed Server Architecture of Oriental Medical Expert System

일반 사용자들이 사용하는 시스템의 경우는 로드밸런싱 구조를 구성하였는데 클라이언트의 요청이 많을 때 처리 속도가 느려진다는 웹의 단점을 극복하기 위하여 서버를 분산하였다. 로드밸런싱은 클라이언트의 요청이 많아 발생하는 서버 트래픽이 증가할 때 여러 서버로 분산시켜 전체 시스템의 부하를 처리할 수 있도록 한다. 이에 따라서 부하로 인한 속도 저하, 서버의 상태 등을 고려하여 적절히 서비스를 분산시켜 줄 수 있다. 또한, 1대의 서버 장애가 발생하여도 서비스 중단 없이 다른 서버로 적절히 자동으로 분배하여 서비스가 계속 운용할 수 있도록 할 수 있다. 현재 시스템은 WAS인 톰캣 서버 2개로 분산시켰고, 앞 단에 로드밸런서인 Nginx를 위치시키고 연동하였다. 위의 Fig. 2에서 아래 그림은 두 서버로 분산하여 전문가 시스템을 구동할 수 있도록 Nginx를 적용한 시스템 구조도이다.

Nginx를 이용하여 로드밸런싱 구성하기 위해서는 upstream 설정이 필요한데 클러스터에 참여하는 서버 정보와 port를 upstream 지시자로 설정하며 첫 번째 설정한 서버가 먼저 응답을 처리하게 된다. 일반적인 스케줄링 메커니즘은 라운드 로빈(Round Robin) 방식으로 순회하며 서비스하는 것이 기본 설정이며, 라운드 로빈 방식은 클라이언트의 요청 시 일정한 시간으로 분배해서 작업을 할당해 주지만 작업량이 많은 프로세스가 있을 경우이거나, 다른 종류의 프로세스 요청이 구성되어 있는 경우는 안 좋은 성능을 낼 수 있기 때문에, 본 프로젝트 설정은 클라이언트 연결 개수가 가장 적은 서버로 전달하는 방식인 least\_connection 방식으로 두 WAS의 부하 균형을 맞추기 위한 스케줄링으로 설정하였다.

#### 3.3 세션 클러스터링

WAS 시스템을 2개로 분산하면서 두 서버의 세션 유지하여 관리하기 위해서 세션 클러스터링을 해주었다. 세션을 저장하기 위해서 세션에 추가되는 모든 attribute는 Serializable

인터페이스를 이용하여 객체 직렬화를 해주었다. 아래 Fig. 3 은 세션 정보를 저장하는 클래스 일부 소스코드 그림이다.

```
import java.io.Serializable;
public class DoctorVO implements Serializable{
    private String userId;
    private String userPw;

    private boolean useCookie;
    public String getUserId() {
        return userId;
    }
}
```

Fig. 3. The Object Serialization Source Code for Session Storage

또한, 세션 정보를 저장하고 유지되는지 확인하기 위해서 쿠키와 세션을 이용한 로그인 상태를 유지할 수 있는 자동 로그인 기능을 구현하였다. 먼저 사용자가 로그인에 성공한 경우 쿠키를 이용하여 사용자 PC에 세션 아이디를 저장해 놓고 세션에는 사용자 객체정보를 저장한다. 동시에 DB에 해당 세션 ID와 유효기간을 기록하고 로그인 상태를 유효기간만큼 자동 로그인 서비스를 제공한다. 세션 정보를 바탕으로 URL 을 통해 직접 접근하려고 시도할 때 로그인을 통한 세션 정보가 남아 있게 되면 접근을 허용하였다. 아래 Fig. 4는 로그인 상태 체크박스를 클릭한 후 로그인이 성공했을 때 현재 날짜에 더해진 유효기간을 보여주는 그림이며 세션 ID와 같이 저장된다.

```
mysql> select * from login;
```

userId	userPw	sessionKey	sessionLimit
admin	123	A93AA19B748C84C4062F5008A84D6E0	2018-04-12 00:00:00

Fig. 4. An Automatic Login with Cookies and Session

### 3.4 전문가 시스템의 효율적인 시스템 구조

본 논문에서는 전문가 시스템을 웹 기반으로 확장했을 때 장점을 활용하기 위해 Spring MVC 프레임워크를 적용하였다. Spring MVC 내부 구성은 아래 Fig. 5와 같다. Front-end 는 Html, CSS, Bootstrap으로 구현되어있고 Back-end는 DI, AOP 지원으로 객체 간의 의존성을 낮추고 유연성을 제공하는 Spring MVC 프레임워크, 관계형 데이터베이스를 쉽게 사용할 수 있도록 하는 Mybatis 프레임워크로 구성하였다.

또한 룰 엔진을 통해 사용자의 설문 결과를 분석해 줄 Drools 라이브러리를 이용하여 Java 소스코드와 룰을 분리하여 유지 보수를 용이하게 하였다. 시스템의 기본적인 동작 원리는 유저 인터페이스를 통해 클라이언트의 모든 요청을 톰캣 서버가 Dispatcher Servlet에 전달한다. Dispatcher Servlet은 해당 요청을 받아 맵핑 되어 있는 Controller에게 전달 후 요청에 대한 서비스를 해주고 결과값과 결과를 보여줄 jsp 페이지를 Dispatcher Servlet에 다시 전달한다. 사용자에게 결과 페이지를 보여주기 위해 Spring에서 제공하는 View Resolver가 최

종적으로 리턴 되는 jsp파일이름을 연결하여 보여주게 된다. 본 논문에서 제안된 전문가 시스템은 주로 사용자가 작성한 설문지를 Drools 엔진을 통해서 진단 결과를 보여주는 서비스를 제공한다.

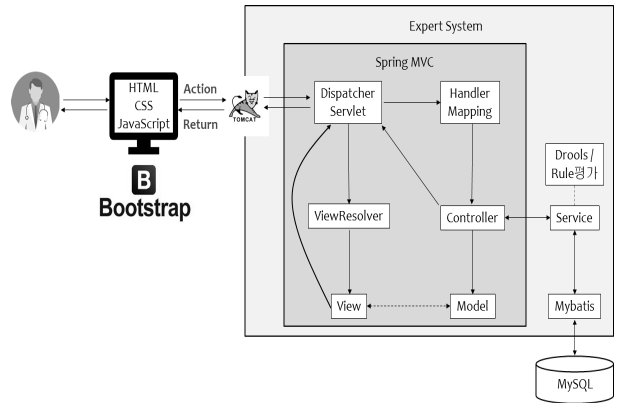


Fig. 5. The Internal Structure of Spring MVC

## 4. 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)의 처리 프로세스

본 연구에서는 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)의 프로세스를 정립하여 의사의 진료를 지원할 수 있는 시스템을 설계하고자 한다. 일반 환자는 병원에 방문하여 전문의사의 진료를 받기 전까지 설문지를 작성함으로써, 의사의 진료 이전에 환자에 대한 정보를 병원에서 취득할 수 있다. 이 정보에 근거하여, 설문지에 대한 데이터를 가지고 병원에서 미리 정해 놓은 룰 중에서 조건에 충족하는 진단과 처방이 처리되어 나오도록 한다. 의사들에게는 그 결과를 확인하도록 하고, 보완할 부분이 있다면 그 부분만 수정할 수 있도록 하여, 보다 더 정확한 처방과 진단에 대한 프로세스를 제공할 수 있다. 의사의 진단과 처방이 이러한 룰(rule)들을 기반으로 체계적으로 진단에 대해 지원할 수 있다[10].

### 4.1 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)의 진단 프로세스

본 논문은 일반 사용자에게 설문을 통한 진단을 받을 수 있는 서비스를 제공하기 위해 검증된 사상체질 설문을 적용했다. 아래 Fig. 6과 같이 사상체질 진단을 위해서는 통상적으로 사용되던 단일 단계 설문의 단점을 보완하여 2단계로 구성하였다. 1단계는 22문항으로 이루어져 있으며 음/양 판단을 위한 단계이고, 2단계는 1단계로부터 판단된 정보에 따라 음이면 태음/소음 판단, 양이면 태양/소양 판단으로 각각 18문항/10문항으로 진행한다. 자가 진단으로 음/양 판단에 있어서 모호한 부분을 2단계의 과정으로 의사결정 나무 방식을 통해 해결하였다. 설문을 작성한 뒤 사용자의 사상체질을 진단해주고 그에 따라 몸에 맞는 음식과 건강관리법을 제시해 준다.

본 연구팀에서는 이전 연구[9, 11]에서 사상체질 설문 외에 또 환자의 증상을 입력하여 진단을 하는 프로세스에 대한 연구를 진행하였다. 이에 대한 연구는 현재 계속 진행 중이며, 본 논문에서는 사상체질에 대한 룰을 적용한 사례의 경우로 집중하여 제시하고 있다.

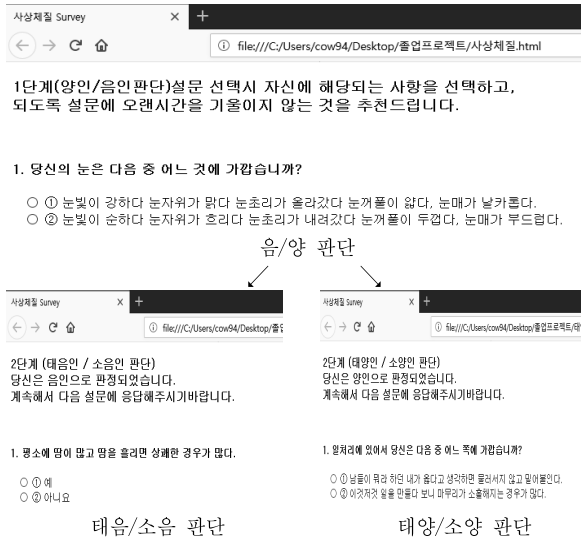


Fig. 6. A Screen Snapshot of Sasang Constitution Diagnosis Questionnaires

4.2 한방 전문가 시스템의 룰 구조

Fig. 7은 Drools 엔진이 검사하는 룰을 소스 코드와 그림으로 보여준다.

```
rule "Number 15 : 음 / 양 판단"
lock-on-active true
when
    surveyObject: DecisionYinYang ( count >= 12 )
then
    modify(surveyObject){
        surveyObject.setYinYang("음"),
        surveyObject.getQuestionB()
    };
end
```

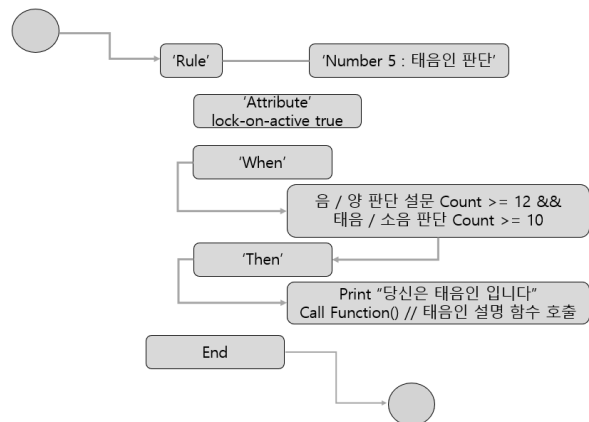


Fig. 7. A Oriental Medical Expert System Rule

룰마다 고유 이름이 존재하고 특성(attribute)를 이용하여 룰 간의 충돌과 무한루프 등을 예방해 줄 수 있다. 먼저 첫 번째 소스코드에서 When 절의 조건을 만족 한다면 Then 의 문장을 수행하는 구조이다. 음/양 판단 룰을 검사 했을 때 음으로 판정한 경우 룰 엔진은 그에 맞는 룰 5번을 찾아가 검사를 하게 된다.

5. 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System) 구현 결과

본 논문의 제안된 한방 전문가 시스템에서 아래 Fig. 8은 사용자가 설문을 작성 완료한 후 볼 수 있는 진단 페이지이며, 설문 결과를 통해서 진단을 받을 수 있다.

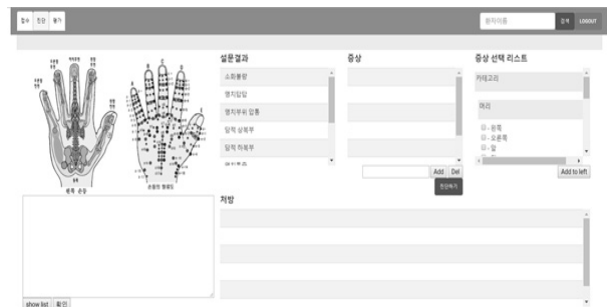


Fig. 8. The Oriental Medical Expert System Diagnosis UI

Drools 엔진에 의해서 진단을 받기 위해서는 이름을 통해서 작성한 설문의 결과를 Ajax를 이용해 요청 페이지에 나타내고 진단하기 버튼을 클릭했을 때 Drools 지식베이스에 축적되어있는 룰들과 비교해서 결과 값을 사용자에게 보여준다. Fig. 9은 사용자가 작성한 설문 결과를 보이고 있다.



Fig. 9. The Oriental Medical Expert System Result Screen

룰 검사를 위해 증상데이터를 추출한다. 여기서 설문에서 놓친 증상이 있다면 증상 선택리스트에서 추가 또는 삭제를 통해서 업데이트할 수 있다. 증상데이터가 완료되면 진단하기 버튼을 눌렀을 때 결과를 확인할 수 있다.

## 6. 확장성 실험 결과

### 6.1 확장성 실험 환경

본 논문에서 로드밸런싱 구조의 성능을 벤치마킹 하기 위해 AB(Apache HTTP server benchmarking tool)을 사용하였다. AB는 커맨드 라인을 활용하여 매우 가볍고 유용한 웹 서버 벤치마킹 도구이다. REST API나 정적 콘텐츠에 대한 성능 테스트를 할 때 빠르고 간편하게 벤치마킹 테스트를 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서의 벤치마킹 테스트는 클라이언트요청을 로드밸런서인 Nginx(80 port)를 통해서 분산된 두 서버에게 분산하여 전달해 줄 때와 Nginx를 사용하지 않고 단순하게 한대의 서버(8080 port)에게만 요청을 전달해 줄 때를 비교하였다. 실험 구현을 위해 사용한 시뮬레이션 환경 구축 시스템 중 앞 단의 로드 밸런서의 실험 환경은 Linux version 4.4.0-21 기반의 Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E8400 @ 3.00GHz와 2GB RAM에서 진행되었고, 분리된 두 서버 중 한대의 사양은 Linux version 4.4.0-91 기반의 Intel(R) Core(TM) i5-3470 CPU @ 3.20GHz와 16GB RAM 이고 다른 서버의 사양은 Linux version 3.19.0-68 기반의 Intel(R) Core(TM) i5-4690 CPU @ 3.50GHz와 32GB에서 진행 되었다. 또한, AB 벤치마킹 테스트 결과를 시각적으로 비교하기 위해서 2차원이나 3차원 함수 자료를 그래프로 그려 주는 소프트웨어인 gnuplot 을 이용하였다. X축을 요청 수(requests)로 구성하였고, Y축을 요청 당 반응시간(response time)으로 나타내었다.

### 6.2 확장성 실험 결과

본 장에서는 AB 벤치마킹 테스트를 통하여 한방 전문가 시스템의 확장성의 테스트의 결과를 나타낸다.

Fig. 10은 한 서버(8080 port)에게만 AB 벤치마킹 테스트를 클라이언트로 요청을 전달했을 때와 두 대의 서버를 로드밸런서인 Nginx(80 port)를 이용하여 서버를 분산하여 서비스 했을 때를 비교한 그림이다.

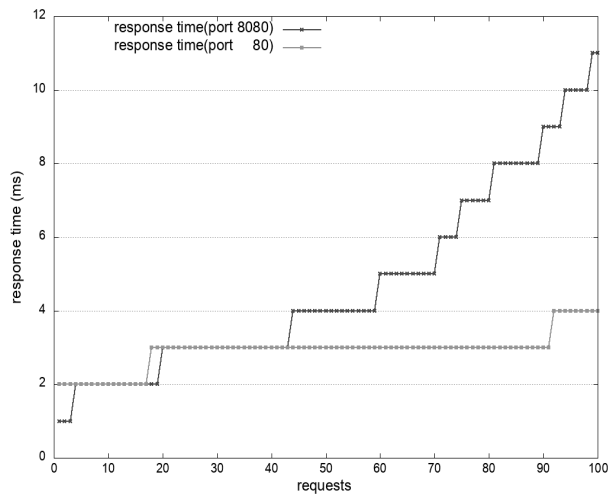


Fig. 10. The Comparison of Scalability on One Server and Two Servers Distributed with Load Balancing

AB 벤치마킹 커맨드는 동시 호출 할 클라이언트 수를 50으로 두고 총 호출할 요청 횟수를 100으로 요청하여 테스트를 진행하였다. 먼저 한 서버에게만 요청을 했을 때는 요청이 많아질수록 반응시간이 계속해서 증가하는 것을 볼 수 있다. 반면 로드밸런서를 사용한 그래프는 요청이 많아져도 서버를 분산하였기 때문에 두 서버에게 적절하게 요청을 분배하여 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다. 따라서 한 서버에게만 동시 요청 수가 많아질 때 반응시간은 어느 순간이 넘어가게 되면 급격하게 증가할 수 있지만 로드 밸런서인 Nginx를 이용하여 서버를 분산하여 서비스 했을 때 클라이언트 요청을 적절하게 분산시켜 주기 때문에 반응시간이 급격하게 증가하는 것을 막고 원활한 서비스를 제공할 수 있었다.

추가적으로 Fig.10에서의 요청시간(request time)은 서버에 연결하는 시간, 즉 소켓(socket)을 여는 시간과 서버작업 시간인 처리시간(processing time), 그리고 응답을 받을 때까지의 왕복 소요 시간(turnaround time)을 나타내고 있다. 또한, 클라이언트에서 요청을 보내고 나서 응답을 받기 전까지 서버 시스템에서 처리되는 시간을 의미하는 처리시간 및 대기시간(waiting time)을 포함한 결과를 Fig. 11에서 나타낸다.

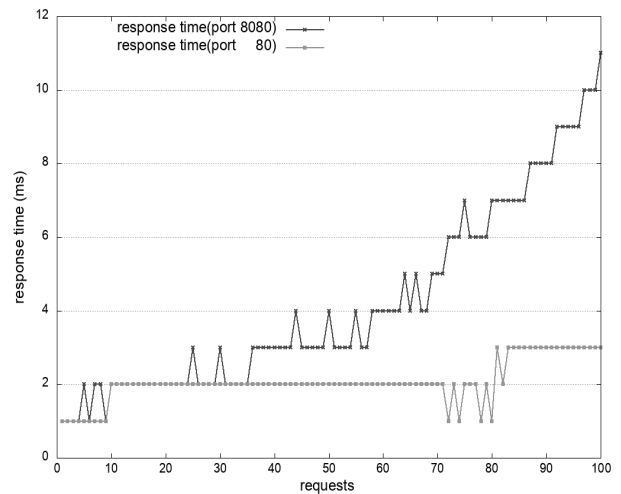


Fig. 11. The Performance Comparison of Processing and Waiting Time Scalability

확장성 실험 결과인 Fig. 10과 11을 통하여, 본 연구에서는 클라이언트에서 요청수가 시스템의 한계의 넘어서 증가가 되더라도 반응시간이 증가되지 않고, 안정화를 유지하면서 분산된 한방 전문가 시스템의 서버들을 운영할 수 있는 검증 결과를 나타내고 있다.

## 7. 결론

본 논문은 한방 전문가 시스템(Oriental Medical Expert System)을 웹 기반에서 효율적으로 설계 및 구현하기 위하여 Spring MVC 프레임워크와 Drools와 연동시킴으로써, Drools 기반으로 한방 전문가 시스템을 설계 및 구현하였다. 또한, 서

버의 부담을 줄이고 사용자의 편의성을 증진하고자 비동기적 통신을 하는 Ajax를 사용하여 페이지 전환을 최소화하였다. 데이터베이스 접근은 기존의 JDBC의 복잡한 소스코드의 단점을 극복하고자 Mybatis 프레임워크를 사용하여 데이터베이스 명령어와 java 소스를 분리해 유지보수를 용이하게 하였다. 웹을 기반으로 구현되었고 서버 트래픽 문제를 해결하기 위해 Nginx를 이용한 로드밸런싱을 구축하고 벤치마킹하였다. 한대의 서버와 분산된 서버들을 로드밸런서로 구조화한 시스템과 성능 비교를 하였다. 그 결과는 요청 많아질수록 반응시간이 급격하게 증가하는 한대의 서버와 비교해서 로드밸런싱으로 분산된 서버는 앞 단에서 Nginx 가 두 서버에게 요청을 적절하게 분배해 줌으로써 원활한 서비스를 제공하는 확장성을 확보하였다. 이와 같이 한방 분야의 룰을 적용한 확장성있는 한방 전문가 시스템에 대한 구조와 진단 프로세스 설계, 성능을 고려한 개발 및 실험을 통하여, 한방 분야의 전문가 시스템의 서비스 안정화를 제공하는 연구를 진행하였다.

## References

- [1] Jong-won Heo, "Problems and Improvement Direction of Expert System Construction," *Proceedings of the Korea Intelligent Information System Society Conference*, pp.81-101, 1993.
- [2] Il-Dae You, Sang-Ho Ha, In-Gook Chun, and Sang-Heum Park, "A Web Based Medical Expert System for Gastroenterology," *Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference*, Vol.8, No.2, pp.575-578, 2001.
- [3] Jin Sang Kim and Yang-Gyu, Shin, "A Study on Reasoning for Medical Expert Systems," *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, Vol.10, No.2, pp.359-367, 1999.
- [4] Kang Yoon Lee and Junhewk Kim, "Artificial Intelligence Technology Trends and IBM Watson References in the Medical Field," *Korean Medical Education Review*, Vol.18, No.2, pp.51-57, 2016.
- [5] Sang Kyun Kim, Hyun Chul Jang, Jin Hyun Kim, Young Taek Oh, Chul Kim, Sang Jun Yea, and Mi Young Son, "Traditional Korean Medicine Diagnosis System Based on Basic Ontology," *Korea Institute of Oriental Medicine, Journal of Physiology & Pathology in Korean Medicine*, Vol.24, No.6, 2010.
- [6] JBoss Developer [Internet], (2018, August 10), <http://www.jboss.org/>
- [7] Jongmoon Park, Hyeong-Bae An, and Myung-Joon Lee, "A Toolkit for Generating Context-Aware Applications with JCAF and Drools," *Korean Computer Congress 2012*, Vol.39, No.1, pp.254-256, 2012.
- [8] MyBatis 3 Introduction[Internet]. (2018, August 10). <http://www.mybatis.org/mybatis-3/>
- [9] Basic HTTP server features[Internet]. (2018, August 10). <https://nginx.org/en/>
- [10] Wonyong Jang, Yuna Choi, Seongsoo Yang, and Eunmi Choi, "Studying on a Medical Expert System Architecture and Process based on Drools," *Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference*, Vol.24 No.2, 2017.
- [11] Won-Boo Lee, "A Study of Comprehension and Usage of Expert Systems in Korean Industry," *Journal of the Industrial Technology Research Institute*, Vol.10, No.11, pp.91-101, 1997.
- [12] Yeounoh Chung, Sungwoo Lee, and Jee-Hyong Lee, "Personalized Expert-Based Recommendation," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.23, No.11, pp.7-11, 2013.
- [13] Yang Jongmo, "Prospect of the Legal Expert System," *The Institute for Legal Studies, Inha University*, Vol.19, No.2, pp.213-242, 2016.
- [14] Seung-Jo Han, "Analysis of Relative Combat Power with Expert System," *Journal of Digital Convergence*, Vol.14, No. 6, pp.143-150, 2016.
- [15] Jan Ruzicka, "Integrating DROOLS and R software for intelligent map system," *Geoinformatics FCE CTU*, Vol.7, pp.85-92, 2012.
- [16] Seung Hoon Choi, "Development of Web-based Diagnosis Expert System of Traditional Oriental Medicine," *Korean J. Oriental Physiology & Pathology*, Vol.16, , No.3, pp.528-531, 2002.
- [17] Wonyong Jang, Yuna Choi, Seongsoo Yang, and Eunmi Choi, "User Interface Design and Development based on Drools and JavaFX for a Medical Expert System," *Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference*, Vol.24 No.2, pp.831-834, 2017.
- [18] Young-Won Kim, Dong-Yoon Shin, Jeong-Ho Kim, Dae-Sung Choi, Mi-Kyung Lim, Kyung-Lo Lee, and Jeong-Mo Song, "A Development of the Two Step Questionnaire for the Sasang Constitution Diagnosis (TS-QSCD)," *Journal of Sasang Constitutional Medicine*, Vol.18, No.1, pp.75-90, 2006.
- [19] Baek Seung-min, "(A) Study on Expert System," Master Thesis, Graduate School of Education Ewha Womans University, 1991.
- [20] Pyoung-Woo Park, Min-Koo Kim, Hong-Seok Lim, Duk-Yong Yoon, and Seok-Won Lee, "A Comparative Study of Machine Learning Algorithms for Diagnosis of Ischemic Heart Disease," *Journal of KIISE*, Vol.45, No.04, pp.376-389, 2018.
- [21] Hyuk Su Oh, "Development of the Expert System for Guiding Japanese Style Food Menu," *Culinary Science and Hospitality Research*, Vol.2, pp.149-167, 1996.
- [22] Geun-Sik Jo, and Jong-Yoon Yang, "Ramp Activity Expert System for Scheduling and Co-ordination," *Journal Of Advanced Navigation Technology*, Vol.2, No.1, pp.61-67, 1998.
- [23] Wonyong Jang, TaeWoo Kim, JunYeong Ryu, EunChae Cha,

and Eunmi Choi, "Medical Expert System Development based on Drools, Ajax and Nginx," *The 2018 Spring Conference of the KIPS*, Vol.25, No.1, pp.433-436, 2018.

[24] Bassem S. Abu-Nasser, "Medical Expert Systems Survey," ssoar-ijeais, *International Journal of Engineering and Information Systems*, Vol.1, Issue 7, pp.218-224, Sept. 2017,



**차 은 채**

<https://orcid.org/0000-0002-9548-5156>

e-mail : jjcec@naver.com

2013년~현재 국민대학교 컴퓨터공학부  
학사과정

관심분야 : Front-end Design



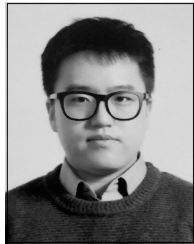
**장 원 용**

<https://orcid.org/0000-0002-0512-9706>

e-mail : geikil@naver.com

2013년~현재 국민대학교 컴퓨터공학부  
학사과정

관심분야 : Expert System & AI



**김 태 우**

<https://orcid.org/0000-0003-3596-8778>

e-mail : cow9404@gmail.com

2013년~현재 국민대학교 컴퓨터공학부  
학사과정

관심분야 : Expert System & Ontology



**최 은 미**

<https://orcid.org/0000-0002-9743-2437>

e-mail : emchoi@kookmin.ac.kr

1997년 Michigan State University (Ph.D.  
CSEE)

1998년~2004년 한동대학교 전산전자공학부  
조교수

2004년~현재 국민대학교 소프트웨어학부 정교수

관심분야 : Distribute System, Big Data Infra System and  
Analysis, Cloud Computing, Intelligent System,  
Security, SW Architecture and Modeling