

페트리 넷을 이용한 EJB기반의 시험문제 학습 시스템 분석 및 구현

한금희*, 정화영**, 김종훈***

*가톨릭대학교 컴퓨터공학부, **에원대학교 정보경영학부, ***제주교육대학교 컴퓨터교육과

요약

웹 기반 교육 시스템은 정보의 일방적인 전달방식에서, 사용자와의 양방향적인 정보교환방식으로 변화되었다. 이에 따라, CGI(Common Gateway Interface)와 같은 서버측 언어와 데이터베이스를 이용하여 각 기능분리에 따른 3-계층 모델로 구현되어왔다. 그러나, 최근 CBSD(Component Based Software Development)기법이 많은 관심을 받으며, 이를 적용하려는 노력들이 나타나고 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 컴포넌트 기반의 문제풀이 시스템을 구현하였다. 이를 위하여, 웹 서버측 컴포넌트 모델인 EJB(Enterprise Java Beans)를 이용하였으며, 컴포넌트들 사이의 메시지 흐름에 대한 정형적인 명세를 위하여 페트리 넷을 이용하였다.

Analysis and Implementation of Examination Question Studying System Based on EJB using Petri Net

Kumhee Han. Hwa-Young Jeong. Jong-Hoon Kim

The Catholic University of Korea, Yewon University, Jeju National University of Education

ABSTRACT

Web-Based Education System changed from one side transmission of information to bi-directional information exchange with user. Accordingly, It had been implemented on 3-tier models with each function separation using database and server side language such as CGI (Common Gateway Interface). But, The CBSD(Component Based Software Development) techniques receives many interests recently, and efforts to apply this are appearing. Thus, In this research implemented component base question solving system. For this, I used EJB(Enterprise Java Beans) that is web server component model, and used Petri-Net for typical specification about message flow between components.

1. 서론

웹은 분산 멀티미디어/하이퍼미디어 정보의 일반성처럼 세계로 확산되고 있으며, 원격 교육을 포함한 웹 기반 애플리케이션들이 나타났다[7]. 이는, 웹이

모든 학습자에 개방된 환경에서 원하는 학습자료를 제공하여 주기 때문이다. 그리고, 웹에 제시된 학습자료는 필요나 목적에 따라 쉽게 수정이 가능하므로 짧은 시간에 적은 노력으로 최대한의 효과를 높일 수 있다[1]. 그러나, 이러한 웹 기반교육에서의 양적 팽창 뒷면에는

질적 수준이 미흡하다는 것으로 드러나 개선이 필요하다는 결론이 나오고있다[2].

웹 기반 교육의 효과뿐만 아니라 교육정보를 효과적으로 운용 및 활용할 수 있도록 하는 시스템 개발 기법도 변화되면서, 이를 적용한 연구가 진행되고 도입되고 있다. 즉, 현재까지의 원격교육 시스템은 서버 측에서 사용자에게 교육정보를 일방적으로 전달하는 방법에서 데이터베이스와 관련한 CGI 프로그램을 사용하여 사용자와의 상호작용을 높이는 원격개별학습[3] 방법으로 변화되었다. 그러나, 이에 따른 다양한 교육 콘텐츠의 보다 더 효율적인 활용을 위한 시스템의 최근 개발기법들이 적용되지 않고 있다.

즉, 소프트웨어 개발기법은 현재까지 크고 복잡한 소프트웨어를 개발하기 위해서 객체지향방법론들이 널리 적용되었으나[4], 이미 존재하는 소프트웨어 컴포넌트를 조립함으로써 시스템을 개발하는 방법인 CBSD[8]를 도입하려는 개발기법의 변화가 일고 있다. 또한, 웹 기반으로는 서버측 컴포넌트 모델인 EJB가 이용되고있다[9]. 이에 따라, 웹 기반 교육 시스템의 효율적인 개발을 위해서는 웹 컴포넌트를 이용한 많은 연구 및 사례들이 필요하다.

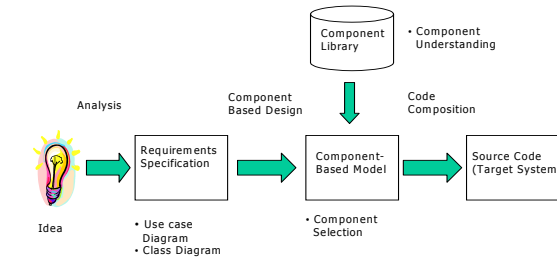
따라서, 본 연구에서는 EJB를 조립, 합성한 문제풀이 시스템을 설계 및 구현하고자 한다. 또한, 조립된 컴포넌트들의 메시지 흐름을 정형적으로 명세하기 위하여 페트리 넷[10]을 이용하였다. 본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 관련연구들을 살펴보고, 3장에서는 기존의 웹 기반 교육시스템 개발 기법을 소개한다. 4장에서는 본 연구의 제안 기법을 나타내며, 마지막으로 5장에서는 적용결과 분석 및 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 컴포넌트 기반 소프트웨어 개발기법

컴포넌트는 응집력을 갖는 소프트웨어 구현으로서, 독립적으로 개발되고, 인터페이스에 대한 명시적이고 잘 정의된 스펙을 갖는다. 컴포넌트는 그 자체를 수정하지 않고 다른 컴포넌트들과 조립될 수 있고, 그의 특성을 맞출 수 있다[11]. 따라서, 컴포넌트 모델은 컴포넌트의 기본적인 아키텍처, 컴포넌트의 인터페이스, 그리고 컴

포넌트와 컨테이너간의 상호작용을 위한 메커니즘을 정의한다. 이와 같이 컴포넌트 모델은 재 사용할 수 있는 컴포넌트를 지원하기 위한 환경을 정의한다[12]. 이에



<그림 1> CBSD의 프로세스

2.2 페트리 넷

페트리 넷의 일반적인 특성은 다음과 같다[13].

첫째, 시스템의 자료분할 행위와 동시성, 동기성을 따른다.

둘째, 작업수행 분석을 위한 결과를 나타낸다.

셋째, 객체지향 소프트웨어 구조에서 자동적인 행위분석의 의미로 사용된다.

즉, 페트리 넷은 동시성, 분산, 동기성, 병렬성, 결정적과 비결정적을 포함하는 다양한 시스템을 위한 정형적인 명세도구이다. 기본 페트리 넷 구조는 Place와 Transition의 유한집합, arc들의 유한집합, 초기 마킹을 정의하는 토큰의 집합들로 구성된다. arc들은 입력과 출력의 기능을 갖고 있으며, 기능들은 Place에서 Transition으로, Transition에서 Place로의 토큰에 대한 흐름을 나타낸다[14].

페트리 넷은 (P, T, A_i, A_o, m_0) 과 같이 나타낼 수 있다. P는 Place집합, T는 Transition집합, A_i 은 입력 Incidence Matrix, A_o 은 출력 Incidence Matrix를 나타낸다. 또한, m_0 은 초기 마킹을 나타낸다. 이에 따라, Place와 Transition의 입출력 관계는 다음과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} p &= \{t \mid a(t,p) \neq 0, t \in T\}, & p^\bullet &= \{t \mid a(p,t) \neq 0, t \in T\} \\ t &= \{p \mid a(p,t) \neq 0, p \in P\}, & t^\bullet &= \{p \mid a(t,p) \neq 0, p \in P\} \end{aligned}$$

또한, 입력 Place에 대한 Transition의 인에이블 규칙은 다음과 같다.

$$\forall p \in \bullet t, a(p, t) \leq m(p)$$

Transition t 가 인에이블된 후에 대한 점화규칙은 다음과 같다.

$$\forall p \in \bullet t, m'(p) = m(p) - a(p, t)$$

$$\forall p \in t \bullet, m'(p) = m(p) + a(t, p)$$

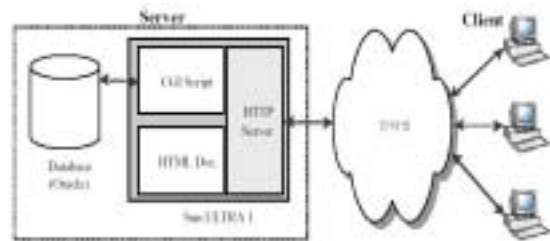
위 식에서, 현재의 마킹 m 은 새로운 마킹 m' 으로 변화되면서 Transition t 이전의 Place 토큰이 연결된 arc수만큼 감소되고, t 이후의 Place 토큰은 연결된 arc수만큼 가산됨을 알 수 있다.

3. 기존의 웹 기반 교육 시스템 개발기법

멀티미디어 기술의 발전과 고성능 컴퓨터의 대중화에 따라 다양한 교육 콘텐츠들이 웹 기반 교육 시스템에 활용되고 있다. 이에 따라, 일방적인 자료탐색 및 제공기능에서 양방향적 멀티미디어 환경을 지원하기 위하여 다양한 자료들을 관리 운영하기 위한 대용량의 데이터베이스가 이용되었다. 이에 따라 동적 콘텐츠를 활용하기 위하여 <그림 2>와 같은 구조로 웹 기반 시스템을 구성하고 있다(이문구, 2000). 즉, 다양한 교육 콘텐츠 정보는 서버 측의 데이터베이스에 저장되어 있으며, 이를 핸들링 하는 CGI가 HTML과 연계하여 인터넷을 통하여 사용자에게 자료를 전송한다. CGI부분은 현재 JSP, ASP, PHP등이 사용되고 있으며, 데이터베이스는 오라클, MS-SQL서버, MySQL, 인포믹스 등이 이용되고 있다. 또한, 개발모델은 각 기능들의 효율적인 운영을 위하여, 3-계층 구조로서 기능에 따라 프리젠테이션 로직, 비즈니스 로직, 데이터 액세스 로직으로 나뉘어[15] 구현된다.

그 결과, 개발자는 사용자의 여러 요구사항을 능동적으로 대응할 수 있도록 시스템을 설계할 수 있었으며, 사용자와 콘텐츠 서버사이의 정보교환을 통한 상호작용으로 인하여, 사용자는 다양한 교육정보들을

접할 수 있었고 이에 따른 학습효과를 높일 수 있었다.



<그림 2> 기존의 웹 기반 시스템 구성

그러나, 이러한 구조는 서버의 부하처리가 힘들고 다양한 콘텐츠의 효율적인 운영이 어렵다.

4. EJB 컴포넌트를 이용한 문제풀이 시스템 설계 및 구현

4.1 컴포넌트를 이용한 웹 기반 교육 시스템

다양한 교육 콘텐츠의 활용 기능에 따라 CGI부분에서 담당하는 비즈니스 로직과 데이터 액세스 로직을 컴포넌트라는 독립단위로 분리할 수 있다. 따라서, 순서적으로 하나로 연결되어 있는 기존의 방식에서 기능에 따라 독립적으로 분리된 컴포넌트들을 시스템 구성에 맞도록 조립하여 전체 시스템을 완성할 수 있다. 또한, 각 컴포넌트들은 독립적으로 수행될 수 있으므로 향후 새로운 시스템의 개발시 이를 재사용할 수 있는 가능성이 높아진다.

이에 따라, 일반적으로 이용할 수 있는 웹 컴포넌트 부분은 EJB를 사용할 수 있으며, EJB의 엔터티 빈에서 데이터베이스를 핸들링할 수 있다. 또한, 프리젠테이션 로직을 담당하는 JSP부분과 서블릿을 사용하며 Resin서버, 아파치 서버 등을 사용할 수 있다.

4.2 문제풀이 시스템 분석 및 설계

본 시스템의 구성을 위한 데이터베이스 다음과 같이 설계하였다. 회원정보는 <표 1>과 같다.

<표 1> 회원정보 데이터베이스

항목	항목 타입	비고
ID	문자 15 자리	회원 ID
PASSWORD	숫자	회원 비밀번호

또한, 문제에 관한 정보는 다음 <표 2>와 같이 설계하였다.

<표 2> 문제 정보 데이터베이스

항목	항목 타입	비고
NUMBER	문자 15 자리	문제 항목 번호
PROB	문자 150 자리	문제
ONE	문자 50 자리	문제의 보기 1번
TWO	문자 50 자리	문제의 보기 2번
THREE	문자 50 자리	문제의 보기 3번
FORE	문자 50 자리	문제의 보기 4번
CORRECT	숫자	정답
DISP	문자 150 자리	정답의 간단한 해설

마지막으로, 문제를 푼 전체 사용자별 전체 정보는 <표 3>와 같다. 이는, 사용자가 코스웨어에 접속하여 문제를 푼 날짜에서 전체 문항 수와 해당날짜에 맞춘 정답 수를 체계적으로 나타낸다.

<표 3> 문제에 관한 사용자별 전체 문제풀이 정보 데이터베이스

항목	항목 타입	비고
ID	문자 50 자리	회원 ID
DAT	문자 50 자리	문제를 푼 날짜
TOT	숫자	해당날짜에서 푼 전체 문항수
CORRECT	숫자	해당날짜에서 푼 정답수

이를 기반으로 다음과 같이 Cloudscape를 이용하여 각 데이터베이스를 생성할 수 있었다.

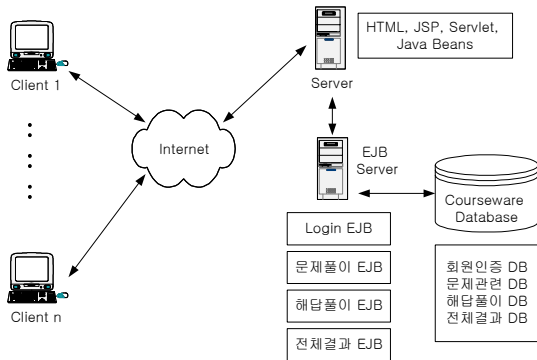
```
CREATE TABLE CUSTOMER (
    ID CHAR(15),
    PASSWORD INT NOT NULL
```

```
);
CREATE TABLE PROBLEM (
    NUMBER CHAR(15),
    PROB CHAR(150),
    ONE CHAR(50),
    TWO CHAR(50),
    THREE CHAR(50),
    FORE CHAR(50),
    CORRECT INT,
    DISP CHAR(150)
```

```
);
CREATE TABLE TOTAL (
    ID CHAR(15),
    DAT CHAR(20),
    TOT INT,
    CORRECT INT
```

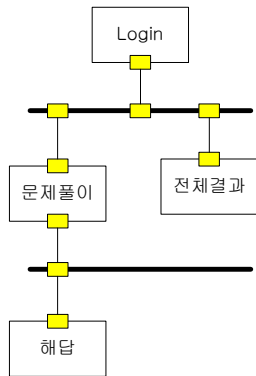
즉, 사용자 정보를 나타내는 Customer 테이블은 ID와 Password를 갖고 있다. 또한, 문제에 관한 Problem 테이블에서, Number는 문제번호, Prob는 질의문제, One은 보기 1번, Two은 보기 2번, Three는 보기 3번, Fore는 보기 4번, Correct는 정답번호, Disp는 정답해설을 나타낸다. Total 테이블은 전체결과에 대한 부분으로서 ID는 사용자 ID, Dat는 날짜, Tot는 해당 날짜에서 풀은 문제 문항수, Correct는 해당 날짜에서 맞춘 정답수를 의미한다.

이에 따라, 전체적인 시스템 구성은 <그림 3>과 같다. 메인 서버에서의 프리젠테이션 로직을 위한 HTML, JSP, 서블릿을 이용하였으며, 컴포넌트를 위한 EJB서버를 별도로 두었다. 데이터베이스는 LoginEJB는 회원인증DB를, 문제풀이EJB는 문제관련DB를, 해답풀이EJB는 해답풀이DB를, 전체결과EJB는 전체결과DB를 핸들링 하도록 한다.



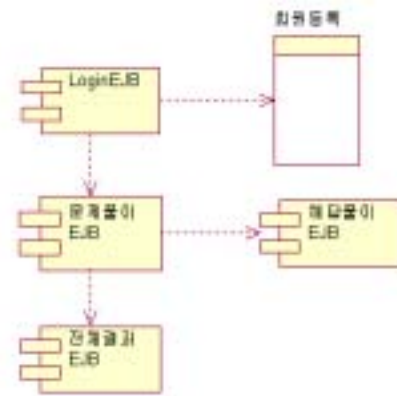
<그림 3> EJB를 활용한 문제풀이 시스템

각 독립 기능단위의 컴포넌트들의 조립합성은 <그림 4>와 같이 구성하였다.



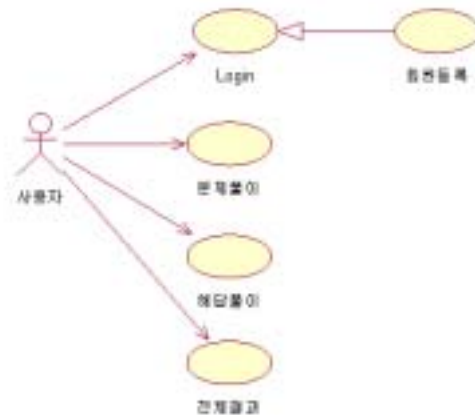
<그림 4> EJB 컴포넌트의 조립, 합성도

즉, 로그인 이후에 문제풀이를 할 수 있으며 해답을 요구할 수 있다. 또한, 전체결과를 요청하여 이를 확인할 수 있다. 이에 대한, 각 컴포넌트 구성은 다음 <그림 5>와 같이 나타낸다.



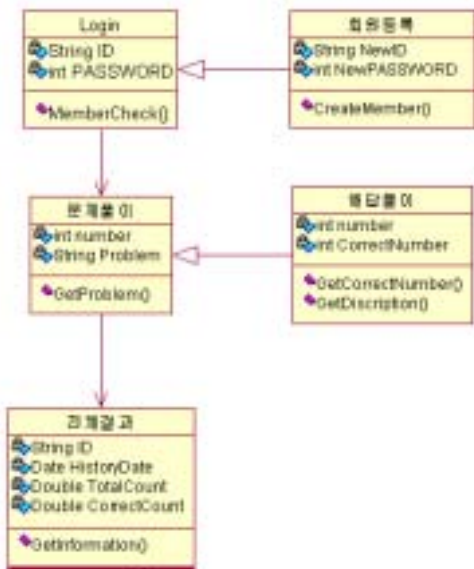
<그림 5> Component Diagram

각 프로세스에 대한 사용자 요구사항은 <그림 6>과 같다.



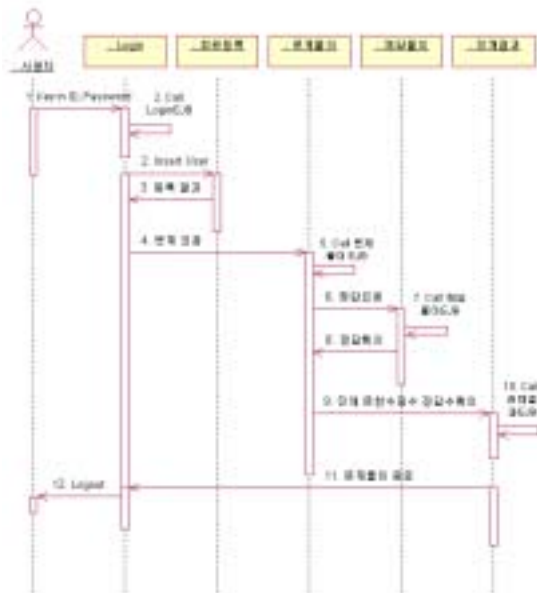
<그림 6> Usecase Diagram

이를 기반으로 한 클래스는 <그림 7>과 같이 구성하였다. 이는, 각 컴포넌트에 있는 리모트 메소드들을 모두 풀어놓은 상태로서 각 컴포넌트내의 소속 클래스들 사이의 관계를 나타낸다.



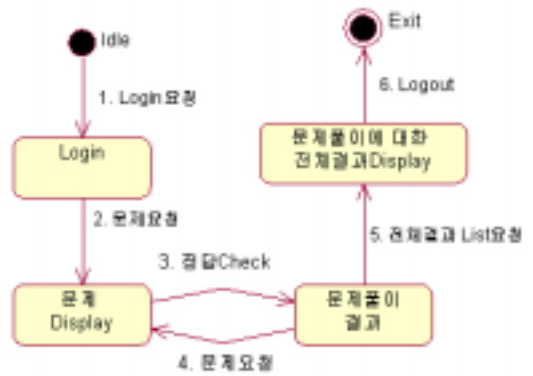
<그림7> Class Diagram

이에 따른 프로세스 순서도는 <그림 8>과 같이 구현하였다.



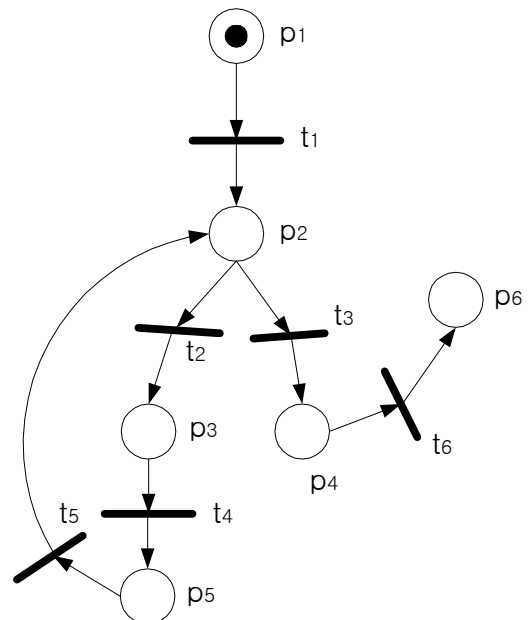
<그림 8> Sequence Diagram

즉, 컴포넌트에 해당하는 Login, 문제풀이, 해답풀이, 전체결과 부분은 각자 자신의 EJB를 호출하도록 하였다. 위 순서에 따라 상태의 흐름을 구성한 부분은 <그림 9>와 같다.



<그림 9> Statechart Diagram

본 시스템의 구성에 있어서 각 단계별 흐름을 정형적으로 파악하기 위하여, <그림 10>과 같이 전체 시스템을 페트리 넷으로 재구성하였다.



<그림 10> 문제풀이 시스템의 페트리 넷

Place p_1 은 Login전의 유희상태를 나타내며, p_2 는 LoginEJB, p_3 는 문제풀이EJB, p_4 는 전체결과EJB, p_5 는 해답풀이EJB, p_6 는 Logout된 Exit상태를 나타낸다. 또한, Transition t_1 은 Login요청 메시지를 나타내며, t_2 는 문제풀이 요청 메시지, t_3 는 전체 결과보기 요청 메시지, t_4 는 정답요청 메시지, t_5 는 다음 문제 요청 메시지, t_6 는 Logout 요청 메시지를 나타낸다.

초기 마킹 $m(p_1)$ 은 $m(p_1)=(1,0,0,0,0,0)$ 이다. 따라서, Place p_1 에 대한 토큰은 $m(p_1)=1$ 이다. p_1 에서 t_1 로의 arc수 $a(p_1,t_1)=1$ 이므로 Transition t_1 에 관한 인에이블 규칙이 성립되며, 점화규칙에 의하여 $m(p_1)=0$ 이 되며 $m(p_2)=1$ 이 된다. Place p_1 에서는 $\{t_2, t_3\} \in p_1$ 이 되므로 Transition t_2 와 t_3 가 동시에 발화하지 못하며 t_2 나 t_3 중 하나가 발화하게 된다. 따라서 Login이후 문제풀이를 요청하든지 아니면 전체결과를 택하게된다. p_5 의 문제풀이까지 끝나게되면 다음 문제요청 메시지인 t_5 가 발화되면서 초기 Login상태로 되돌아간다. 따라서, 각 Place에 위치한 EJB의 흐름경로는 이상 없이 운용될 수 있다.

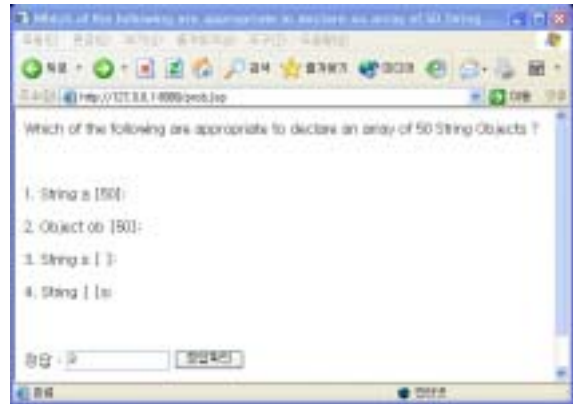
4.3 EJB를 적용한 문제풀이 시스템 구현

위 과정을 통하여 구현된 결과는 다음과 같다. 즉, <그림 11>은 초기 Login화면을 나타낸다.



<그림 11> 초기 Login 화면

Login 이후의 문제풀이 과정은 prob.jsp에서 문제풀이 EJB를 호출함으로써 <그림 12>와 같이 나타난다.



<그림 12> 문제풀이 화면

정답확인을 요청하면 correct.jsp가 해답풀이 EJB를 호출하여 <그림 13>과 같이 나타낸다.



<그림 13> 해답풀이 화면

또한, 전체결과보기는 list.jsp가 전체결과 EJB를 호출하여 <그림 14>와 같이 해당 사용자의 성적표를 나타낸다.

날짜	합점수	평균수
2002/11/10	10	9
2002/12/26	18	17
2003/01/12	22	10

<그림 14> 전체결과 화면

5. 결과 분석 및 결론

CGI와 같은 서버측 언어를 이용하여 기능순서에 의한 전체적인 하나의 연결구조를 갖는 기존의 웹 기반 교육 시스템은 보다 다양해지는 동적 콘텐츠를 효율적으로 지원할 수 없었다. 또한, 각 모듈의 강한 연결성에 의하여 시스템의 수정, 업데이트 등의 유지보수가 어려웠다. 따라서, 이를 보다 효율적으로 개발, 유지보수, 재사용성등을 높인 컴포넌트 기반 개발기법의 적용이 연구 및 도입되고 있다.

이러한 흐름으로, 본 연구에서는 EJB 컴포넌트 기반의 문제풀이 시스템을 구현하였으며, 각 컴포넌트의 흐름을 정형적으로 명세 하고자 페트리 넷을 이용하였다. 각 기능단위를 독립적인 운용이 가능한 EJB컴포넌트로 구현함으로써 CBSD에서 갖는 장점인 시스템 개발의 효율성 및 대응성, 재 사용성을 높일 수 있었다. 또한, 컴포넌트 합성구조에서 필요시 추가 및 삭제가 용이하였다. 즉, 전체결과 컴포넌트가 필요 없을 경우 해당 구조에서 전체결과 EJB부분을 쉽게 삭제할 수 있다.

또한, 페트리 넷을 이용함으로써, 컴포넌트 조립 및 합성 시에 간과하기 쉬운 컴포넌트 사이의 메시지 흐름을 정형적으로 분석할 수 있었으며, 완성된 시스템의 오류율을 줄일 수 있었다.

그러나, 본 시스템은 컴포넌트의 효율적인 운영관리를 위하여 메인 서버와 EJB컴포넌트 서버를 분리하였으나, 이들 사이의 네트워크 부하가 충분히 고려되지 않았다. 또한, 컴포넌트를 이용한 체계적인 웹 기반 교육 시스템을 구축하기 위해서는 다양한 교육 콘텐츠와 이를 핸들링 하는 컴포넌트들을 구체적으로 분류하고, 이를 효과적으로 구현하기 위한 아키텍처기반 컴포넌트 합성기법이 적용되어야한다.

참고문헌

- [1] 이재무(2001), "개인차를 고려한 웹 기반 코스웨어 개발", 한국컴퓨터산업교육학회 논문지 VOL. 02 NO. 12.
- [2] 문교식(2001), "웹 코스웨어의 평가와 개선방안", 한국컴퓨터산업교육학회 논문지 VOL. 02 NO. 3.

[3] 김두규, 이재무(2001), "WWW기반에서 테스트 및 진단을 위한 WBI 시스템의 설계 및 구현", 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제 28 권 제 12 호.

[4] 김영호, 김영곤, 배두환, 김민경, 유병규(2000), "객체지향 개발방법의 체계적인 구성", 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제 27 권 제 5호.

[5] 최은만(2000), "컴포넌트 기반 소프트웨어 개발에서 프로그램 이해 문제", 한국정보과학회 소프트웨어 공학회지 제 13 권 제 3 호.

[6] 이문구(2001), "원격교육을 위한 강의평가시스템", 컴퓨터산업교육학회논문지 Vol. 1, No. 2.

[7] K. Nakabayashi, Y. Koike and M. Maruyama(1995). "An Intelligent Tutoring System on World-Wide Web : Towards an Integrated Learning Environment on a Distributed Hypermedia", Educational Multimedia and Hypermedia, Association for the advancement of computing in education, Charlottesville, VA.

[8] SEI in Carnegie Mellon University(2001), "Component-Based Software Development/COTS Integration", http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/cbsd_body.html

[9] Sun Microsystems Inc(2001), "Enterprise Java Beans Specifications", at URL:<http://java.sun.com>

[10] James L. Peterson(1997), "Petri Nets", ACM Computing Surveys 9(3):223-252, September.

[11] Desmond Francis D'Souza and Alan Cameron Wills(1998), "Object, Component, and Frameworks with UML : The Catalysis Approach", Addison-Wesley Object Technology Series.

[12] Desmond Francis DSouza, Alan Cameron Wills(1999), Objects, component, and frameworks with UML : the Catalysis approach, Addison Wesley Longman, Inc.

[13] David, R. and Alla, H.(1994), "Petri Nets for Modeling of Dynamic Systems: A Survey," Automatica, vol. 30, no. 2, pp. 175-202.

[14] Richard Scott Brink(1996), "A PETRI NET DESIGN, SIMULATION, AND VERIFICATION

TOOL”, College of Engineering, Rochester Institute of Technology Rochester, New York, Sept.

[15] University at Buffalo(2000), "An Enterprise Architecture for Distributed Computing", <http://www.dcc.buffalo.edu/archives/meetings/011097gm1/index.html>, University at Buffalo Web.

저자

한금희



가톨릭대학교 컴퓨터공학부 교수
관심분야 : 프로그래밍 언어론, 컴퓨터
교육

정화영



예원대학교 정보경영학부 교수
관심분야 : 컴퓨터 교육 시스템

김중훈



제주교육대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야 : 전산 이론, 프로그래밍, 컴퓨
터 영재 교육