

# 모바일 환경에서의 컴퓨터 기반 적응적 검사(CAT) 시스템 구현에 대한 연구

김명관\*, 권형준\*, 이시화\*  
\*서울보건대학 컴퓨터정보과  
e-mail:binsum@sh.ac.kr

## A Study on the Implementation of CAT System Based on Mobile Environment

Myung-Gwan Kim\*, Hyung-Joon Kwon\*, Si-Hwa Lee\*  
\*Dept of Computer Information, Seoul Health College

### 요 약

CAT(Computerized Adaptive Testing)는 일반적인 지필 검사와는 다르게 짧은 시간에 최소한의 문항으로 수험자의 학습 성취도를 판단하는 방법이다. 기존에 제안된 PC기반 CAT 시스템을 활용하기 위해서는 시간과 장소의 제약이 존재했다. 최근에 모바일 기기의 수요가 증가하고 무선인터넷의 발전이 이루어지며 모바일 교육에 대한 활발한 연구가 진행되고 있는 추세에 맞추어 본 연구에서는 모바일 기기의 하나인 PDA를 기반으로 한 CAT 시스템을 구현하고 실행해 보았다. 그 결과, 언제 어디서나 효율적으로 수험자의 학습 성취도 측정이 가능하게 되었다.

### 1. 서론

학습의 결과를 측정하기 위해 사용 되어온 가장 오래 되고 보편적인 방법 중의 하나는 교육 및 각종 자격증 평가를 제작하여 지필검사로 실시하는 것이다. 오늘날에는 급속한 컴퓨터의 발달로 이러한 검사를 제작하여 실생활에 적용할 수 있도록 컴퓨터를 활용하는 새로운 기법들이 많이 연구, 개발 되고 있다[1]. CAT도 그것의 한 일종이며, SPRT와 EXSPRT-R이 합격과 불합격을 판정하는 대표적인 CAT 검증법이다 [2]. 현재 김영환 등의 국내 전문가들은 수준별 교과 과정의 운영과 열린 교육체제의 원활한 지원을 목적으로 SPRT의 기반을 둔 Kim's-SPRT(K-SPRT)를 PC용으로 제작한 바 있다[3]. 그러나 최근 유선 인터넷 환경에서 제공되고 있는 다양한 콘텐츠가 무선 인터넷 환경으로 이동하고 있으며, 이에 따라 성능이 PC와 유사하면서도 크기와 무게가 크게 줄어든 개인 휴대용 단말기(PDA)의 수요가 증가하고 있는 오늘날, 기존 PC기반 학습 보다 향상된 학습이 급속도로 확산되고 있으며, 무선인터넷 서비스가 본격화되는 2005년 상반기에는 일반화 될 것으로 전망하고 있다[4]. 본

논문에서는 학습 성취도 측정에 있어 SPRT와 EXSPRT-R를 PDA에 적용하여 시스템을 구현하고 PC를 이용한 CAT 시스템과의 장, 단점과 문제점, 그리고 앞으로 나아갈 방향에 대해 살펴보았다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 CAT의 개념

CAT(Computerized Adaptive Testing)는 컴퓨터의 연산을 최대한 활용, 기존의 지필검사의 단점을 극복하기 위하여 각종 시험이나 학습 시에 수험자의 수준에 적절한 난이도를 판단하여 문항을 제시, 짧은 시간과 적은 수의 문항으로 정확하게 수험자를 측정할 수 있는 개별적 검사 방법으로서 “컴퓨터 기반 적응적 검사” 라고 한다[5].

#### 2.1.1 SPRT의 개념 및 특징

CAT의 한 종류인 SPRT는 비교적 단순하면서도 결과 오차가 정확하여 쉽게 사용할 수 있는 검증 방법으로서 예를 들어 수험자가 한 문항에 대해 응답을

종료할 때마다 (수식 1)과 같이 매번 사후 확률비 (PR : Posterior Probability Ratio)를 계산한다.

$$PR = \frac{(PomPm)^r(1-Pm)^w}{(PonPn)^r(1-Pn)^w}$$

(수식 1) SPRT 사후 확률비 계산 공식

여기서 Pom과 Pon은 상대적으로 합격 및 불합격의 사전 확률치이며 Pm은 합격자라는 가설 하에 정답을 선택할 확률이며, Pn는 불합격자라는 가설 하에서 정답을 선택할 확률, r과 w는 관찰된 정답, 오답 수를 나타낸다. 이렇게 계산된 사후 확률비가 법칙 S1:  $PR \geq (1-\beta)/\alpha$  이면 더 이상의 관찰을 중단하고, '합격'이라는 가설을 채택하며, 법칙 S2 :  $PR \leq \beta/(1-\alpha)$  이면, 더 이상의 관찰을 중단하고 '불합격'이라는 가설을 채택한다. 그리고 법칙 S3 :  $\beta/(1-\alpha) < PR < (1-\beta)/\alpha$  이면, 다른 문항을 무작위로 선택하고 학습자에게 문제 풀이를 계속 실시하는 순차적 확률비 검증법이다.  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 각각 합격자를 불합격자로 판단할 오차와 그 반대의 경우로서, 0.025가 가장 적합한 수치이다[2]. 이 검증법은 Wald(1947)에 의해 처음 소개된 후 Frick(1990)에 의해서 CAT 영역에 본격 도입되었으며 국내에서도 웹 기반 SPRT형 CAT까지 적용 영역이 확대되고 있다.

### 2.1.2 EXSPRT-R의 개념 및 특징

앞에서 언급한 SPRT 모델은 순차적으로 측정하는 검증법으로서 각 문항들의 난이도가 틀리다면 학습자의 능력을 평가하기 매우 어렵다는 단점을 가지고 있다. EXSPRT-R은 각각의 문항에 대하여 합격자와 불합격자가 맞출 확률과 못 맞출 확률이 미리 수집된 능력 정보 테이블을 이용한 전문가 시스템 (Expert System)을 기반으로 SPRT 단점을 보완한 검증법으로서 합격자와 불합격자를 판정하는 과정에 있어서 문항의 난이도를 고려한다는 점에서 학습 효과가 뛰어나다[2]. (수식 2)는 EXSPRT-R의 사후 확률비(LR) 계산 공식이다.

$$LR = \frac{Pom * P(Ci|M)}{Pon * P(Ci|N)} \quad LR = \frac{Pom * P(\sim Ci|M)}{Pon * P(\sim Ci|N)}$$

(수식 2) EXSPRT-R의 사후 확률비 계산 공식

왼쪽 수식은 정답시의 계산법이고 오른쪽 수식은

오답시의 계산법이다. Pom과 Pon은 각각 합격자와 불합격자가 문제를 맞출 사전 확률로서 초기값은 0.5로 주어지고,  $P(Ci|M)$ ,  $P(\sim Ci|M)$ ,  $P(Ci|N)$ ,  $P(\sim Ci|N)$ 은 각각의 문항에 대한 합격자가 맞출 확률과 못 맞출 확률, 불합격자가 맞출 확률과 못 맞출 확률이다. 계산 후의 분모는 Pom, 분자는 Pon이 되어 다음 사후 확률비 계산에 사용된다. 합격과 불합격의 예상은 SPRT의 사후 확률비 판단 법칙과 같다.

## 2.2 자기 주도적 학습

평생교육에서 가장 빈번하게 연구되는 주제인 자기 주도적 학습(Self-Directed Learning)은 다른 사람의 도움이 없이 자신이 학습 활동의 주체가 되어 자신의 학습 욕구를 진단하고, 학습 목표를 정하고, 학습에 필요한 인적, 물적 자원을 탐색하며, 적절한 학습 전략을 선택, 시행하고 학습 결과를 평가하는 등의 자기 자신이 학습의 전반적인 과정을 주도하는 학습 활동이다[6]. 본 연구에서는 PDA에 가장 보편적으로 사용되는 운영체제인 Windows CE를 기반으로 EVC(Embedded Visual C++)를 사용하여 학습 시스템을 구현함으로써 자기 주도적 학습을 언제 어디서든 효율적으로 할 수 있도록 하였다.

## 3. 모바일 환경의 CAT 시스템

### 3.1 모바일 환경에서의 개발 배경

빠르게 변하는 정보통신 기술에 맞추어 교육 분야에서도 새로운 정보통신 기술을 활용하는 다양한 학습법이 요구되고 있다. 최근 정부는 교육 정보화 기반 구축을 위하여 인프라 구축 사업과 함께 다양한 교육 콘텐츠를 개발하여 보급하고 있으며, 특히 휴대폰, PDA, 무선 랜 기술 등의 급격한 발전과 보급이 진행되면서 모바일 통신 환경을 기반으로 하는 모바일 학습 모델이 교육의 질 향상 및 교육 효과의 극대화를 꾀할 수 있을 것으로 기대하고 있어 이에 대한 관심이 높아지고 있다[7].

국내의 모바일 교육 정책의 육성과 더불어, 세계적인 IT 리서치 기관인 Gartner 에서는 모바일 기기의 대표 격인 PDA의 전 세계 출하량이 전년도 대비 6.6%가 증가했으며 매출액은 16.7%로 증가했다고 밝혔다. 이제는 PDA가 개인정보관리에서 벗어나 무선 랜, 멀티미디어 기능을 탑재하면서 보다 다양한 기능을 제공할 수 있게 되었기 때문이다[8]. 최근에는 방송과 통신이 결합된 DMB(Digital Multime-

dia Broadcasting) 서비스의 활성화가 예상되어 모바일 기기의 수요는 더욱 많아 질 것이라 예상된다.

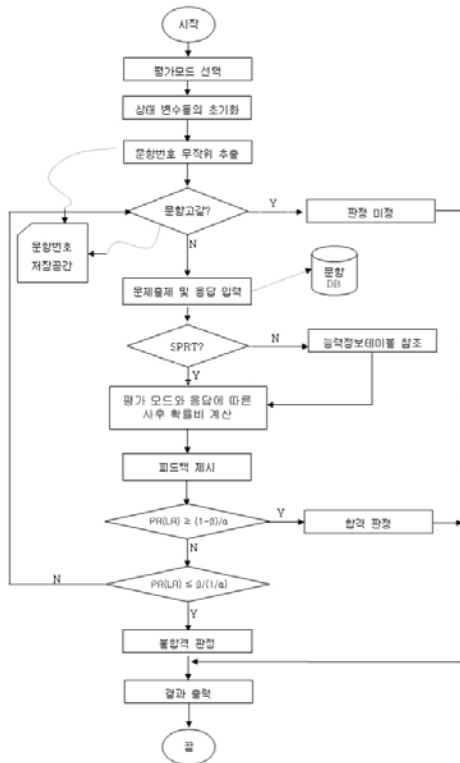
**3.2 개발 목적**

제한적인 교실 환경에서의 컴퓨터를 활용한 교육은 학습자들에게 흥미를 유발하고 의사소통 능력의 신장을 유도할 수는 있지만, 수준에 따른 개별 학습과 상호작용 유도, 개인차를 고려한 평가를 하는데 문제점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 정적인 환경보다 모바일 기기를 이용하는 방안을 생각하고 적합한 콘텐츠와 적용 기술을 선택하여 교사의 역할을 대신해 줄 수 있는 지능형 교육 시스템을 도입한다면 학습의 효과를 높일 수 있다[9].

시간과 장소에 구애받지 않고 손쉽게 정보의 전달과 이용이 가능한 특징을 활용하여 최대한 짧은 시간에 비교적 정확한 결론을 예상하는 CAT 시스템을 모바일에 적용하는 것은 더 높은 학습 효율을 가져다 줄 것이다.

**3.3 시스템의 구성과 흐름**

(그림 1)과 같은 CAT 시스템을 무선인터넷을 통하여 접속하거나 별도의 애플리케이션을 다운받아 PDA에서 실행할 수 있도록 설계함으로써 자기 주도적 학습을 기본으로 자신의 능력을 측정할 수 있다.



(그림 1) CAT System Flow Chart

SPRT는 모든 문항이 수험자가 정답 할 확률을 똑같이 가지지만 EXSPRT-R은 미리 구축된 능력정보데이터에 담긴 확률을 통하여 문항의 난이도에 맞추어 사후 확률비를 계산한다.

**3.4 SPRT, EXSPRT-R 프로그램 알고리즘**

(그림 2)는 EVC 3.0으로 작성된 프로그램의 주요 알고리즘이다. MFC Wizard가 생성하는 부분과 함수의 자세한 내용은 생략하였다.

```

// CatApplicationDlg.cpp

#define dErrora 0.025 // 합격자를 불합격자로 판단할 확률
#define dErrorb 0.025 // 불합격자를 합격자로 판단할 확률
#define iMax_data 500 // 최대 문항 개수
#define dPassed (1-dErrora) / dErrorb // 합격 하한선
#define dFailed dErrora / (1-dErrorb) // 불합격 상한선

int iRand[max_data]; // 추출한 무작위 숫자를 저장할 배열
double dPom=0.5, dPon=0.5; // 합격자와 불합격자의 사전 확률
double dLr=0.0; // 사후 확률비

int iRight=0, iWrong=0; // 맞은 문항 개수, 틀린 문항 개수
int iCount=0; // 출제된 문제 수

// 상태 변수
int iState=0; // 0-준비, 1-진행, 2-끝
int iMode=0; // 0-SPRT, 1-EXSPRT-R

int iAns=0, iChk=0, iNum=0; // 정답, 체크박스 상태, 문항번호 변수

BOOL CatApplication::OnInitDialog() {
    데이터베이스 연결 생성 모듈();
    문항번호를 무작위로 미리 추출하는 모듈(); // 배열에 저장해둠
}

void CatApplication::OnButton1() {
    if(iState==1) { // 진행 상태일 경우
        if(iAns == 체크박스 확인 모듈()) { // 정답을 맞추었을 경우
            정답시 사후확률비 계산 모듈(iMod);
        } else { 오답시 사후확률비 계산 모듈(iMod); } // 정답을 맞추지 못했을 경우
    }

    if(dLr > dPassed) { // 합격 판정
        합격 결과 화면 출력();
        컨트롤 비활성화 모듈();
        // 프로그램의 끝
    } else if(dLr < dFailed) { // 불합격 판정
        불합격 결과 화면 출력();
        컨트롤 비활성화 모듈();
        // 프로그램의 끝
    } else { // 합격도 불합격도 아닌 경우
        if(iState==0) { state = 1; } // 준비 상태라면 진행 상태로 전환

        iNum = 문항번호 추출 모듈(); // 문항이 더 없으면 0을 리턴

        if(iNum != 0) { // 남은 문항이 있는 경우
            iAns = 문제 출제 모듈(iNum); // 정답을 리턴
        } else { // 이곳에 도달하는 경우는 판정 불가
            iState = 2; // 프로그램 종료 모드로 전환
            남은 문항이 없음을 알림();
            판정 불가 결과 출력 모듈();
            컨트롤 비활성화 모듈();
            // 프로그램의 끝
        }
    }
}
    
```

(그림 2) CAT 프로그램 알고리즘

제시된 알고리즘은 수험자가 화면에 출력된 문제를 보고 답안을 체크하여 버튼을 누르면 상태 변수를 이용하여 정답과 오답의 확인 후 그 결과에 따라 사후 확률비를 계산하고, 합격 혹은 불합격을 통지하며 다음 문제를 출제하는 과정이 모두 포함되어 있다. 디스플레이 화면이 작은 모바일 기기의 취약

점을 고려하여 1개의 버튼 컨트롤을 가지고 모든 것을 해결할 수 있도록 작성한 것이다. PDA에 탑재된 OS에 맞추어 원하는 언어로 제작하거나 더 개선된 알고리즘을 개발하는 데에 도움이 될 것이다.

### 3.5 CAT 프로그램 시뮬레이션

(그림 3)은 일본어 자격시험인 JLPT 4급 기출문제를 이용하여 위의 알고리즘을 통해 PDA에 CAT를 적용, EVC로 구현하여 Hewlett Packard iPAQ H5450에서 실행하는 화면이다. 한 문항에 응답을 시도할 때마다 사후 확률비와 정, 오답의 상황을 피드백으로 제시한다.



(그림 3) 프로그램 진행과 결과 화면

## 4. 결론

본 연구에서는 CAT 시스템을 이용한 PC기반 학습의 단점을 파악하여 그 단점을 보완하기 위해 모바일 환경으로 구현함으로써 보다 향상된 자기 주도 학습 시스템을 제시하였다. 실험 결과로서 첫째는, 휴대가 간편한 PDA에 적용함으로써 학습자가 언제, 어디서나, 혹은 이동 중에도 학습을 할 수 있어 기존 PC기반 학습 시스템의 단점인 장소와 시간의 제약을 크게 완화할 수 있었고, 둘째는, 학습자로 하여금 더 많은 학습을 할 수 있는 기회를 제공할 수 있어서 그만큼 더 많은 반복 학습이 유도되어 학습에 대한 성취도를 향상시킬 수 있었다.

이러한 장점들이 있는 반면에 몇 가지 단점을 발견하였는데, 첫째, 휴대를 목적으로 하는 PDA는 디스플레이 화면의 크기에 제한을 받아 지문이 긴 문항은 읽기 편하게 출력하기 어렵다는 점이 발생했다. 둘째, 문항 목록을 업데이트 하기 위해서 데이터

베이스 파일을 학습자가 직접 PDA 로 옮겨야 하는 번거로움이 있었다. 이것은 무선인터넷을 통한 웹 기반의 시스템을 개발하여 서버 측의 관리자가 지속적으로 업데이트를 하면 해결될 수 있는 문제이다. 셋째로, 본 연구에서 예로 든 JLPT의 경우 일본어 폰트가 설치되지 않은 PDA에서는 개별적으로 폰트를 설치해 주어야 했다. 이러한 단점들이 발견되었음에도 효과적인 모바일 교육 방법에 대한 연구가 이루어지는 이유는, 휴대성이 높다는 큰 매력 때문일 것이다.

본 연구에서 예로 든 CAT 시스템을 포함한 자기 주도 학습 시스템들을 모바일 환경에 적용하기 위해서는 임베디드 장비의 적은 리소스와 작은 디스플레이 화면을 고려하여 만든 솔루션이 필요하다. 또한, 하드웨어 기술 개발에의 관심과 적극적인 투자로 지금보다 가독성이 좋은 디스플레이 화면과 빠른 처리속도의 모바일 기기가 개발된다면 학습자들이 보다 쾌적한 환경에서 학습할 수 있게 될 것이다.

### 참고문헌

- [1] 신동욱 “CAT를 활용한 영어 수업 설계와 효과에 관한 연구” 인하대학교 교육대학원 석사학위 논문
- [2] 김영환 외 “컴퓨터 기반 적응적 검사(CAT)의 이론과 실제” 문음사
- [3] 김영환 “컴퓨터 기반 적응적 평가(Computer-based Adaptive Testing)의 제작” 부산대학교 교육학과 연구자료
- [4] 송형석 “PDA 학습 서비스 확산” 한국경제 2004. 10. 17.
- [5] 백소영 “CAT 기법을 적용하여 학습자의 수준별 개별학습을 돕는 문제은행 시스템 설계 및 구현” 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문
- [6] 이재경 “웹 기반 자기 주도적 학습 모형의 개발 및 적용에 관한 연구” 교육공학연구, 제16권 제2호
- [7] 한상용 외 “모바일 컴퓨팅 환경의 교육적 활용 방안 연구” 한국교육학술정보원
- [8] “Preliminary Worldwide PDA Revenue Estimates for 2004” Gartner Dataquest
- [9] 이영석 외 “모바일 영어 학습을 위한 지능형 교육 시스템의 설계” 대한 전자 공학회