

3-Tier 클라이언트/서버 모델 기반 스마트 뇌파케어시스템의 개발

안민희¹, 박병운^{1*}, 양해술²

¹서울불교대학원대학교 심신통합치유학과 뇌과학전공, ²호서대학교 벤처전문대학원 정보경영학과

Development of Smart Brain-Wave Care System based on 3-Tier Client/Server Model

Min-Hee Ahn¹, Pyong-Woon Park^{1*} and Hae-Sool Yang²

¹Dept. of Mind-Body Healing, Seoul University of Buddhism

²Division of Information Management, Hoseo Univ. Graduate School of Venture

요약 뇌파연구는 비교적 안전하게 뇌상태에 관한 다양한 정보를 제공한다. 상담자나 피검자는 뇌파의 측정, 분석, 관리 등 일련의 과정에 대해 편리하게 사용자 TCO를 절감할 수 있어야 하고, 원하는 정보에 실시간 접근이 가능해야 한다. 기존 환경이 전문가의 판단에 따른 수작업 형태였다면, 본 논문이 제안한 시스템은 3-Tier 클라이언트/서버 IT기술 및 BQT를 포함하는 뇌파기술을 융합하고 최적화시킨 스마트 뇌파케어시스템이다. 이 시스템은 편리한 웹 인터페이스를 통해 전 과정을 완전히 자동화하여 실시간서비스를 실현하였다. 본 연구로 개발된 이 시스템은 현재, 필드에서 서비스를 진행하고 있으며, DB에 수집된 자료는 연구자들에게 임상연구의 용도로 제공되고 있다.

Abstract The brain-wave research provides relatively various information for brain condition in safety. The counselor or measuree will must easily reduce user TCO about the series of process for the measurement, analysis, and management of brain-wave, and can access to the desired information in real time. While the traditional method for brain-wave process was processed manually by the judgment of a specialist. In this paper the developed system is smart brain-wave care system based on optimizing and combining the 3-Tier client/server by IT with brain-wave technology including BQT. This system was developed in the real-time service with a completely automated process by the conveniently web interface. Our system currently gave a service at the field, and the collected data on DB were provided to researchers for the use of clinical research.

Key Words : Realtime Brain-wave Care System, Automated BQT Analyzer, 3-Tier Client/Server System

1. 서론

최근 경향으로서, 고도문명 속에서 현대인들의 정신 건강에 관한 관심이 지속적으로 증가하고 있다. 업무 스트레스, 불규칙한 식사, 부족한 수면 등으로 인해 필연적으로 뇌 기능에 크고 작은 트러블이 생기기 때문이다. 이럴 경우에 환경, 정신, 생물학적 측면에서 개인의 질병 위험성이 증가되며[1], 여러 만성질환과도 관련이 높아, 각종 질병의 직·간접적인 요인으로 여겨지고 있다[2].

뇌 연구에서 사용되는 가장 기본적인 방법은 뇌파를 측정, 분석, 진단하는 일련의 과정이라 하겠는데, 그 시작

은 신경의 전기적 특성에 착안한 한스 베르거에 의해 1929년에 최초의 EEG로 기록하면서 부터이다[3,4]. 근래에는 신진대사와의 밀접한 관련성을, 또한 최근에는 뇌기능 최적화에 의한 능력·건강 극대화를 연구 중이며 다양한 기법들이 개발되고 있다[5]. 최신의 연구로서, 좌우뇌의 파장대별 뇌파를 종합해 두뇌 기능을 평가할 수 있는 뇌기능지수검사 BQ 테스트(이하 BQT로 칭함)가 소개되었다[6].

꾸준한 발전에도 불구하고, 뇌 상태에 대한 실시간 대응 한계, 전문가 양성의 어려움, 뇌파자료의 전산화나 통계분석의 불편함과 같은, 첨단 IT시대와 동떨어진 수동

*교신저자 : 박병운(corthal@naver.com)

접수일 09년 7월 23일 수정일 (1차 09년 08월 7일, 2차 09년 08월 26일)

게재확정일 09년 09월 16일

적인 환경의 한계는 뇌 과학의 발전을 저해하는 주된 요인이다. 그래서 뇌파케어시스템의 진화 방향을 웹 기반의 온라인 스마트 시스템으로 판단하고, 뇌파연구의 전 과정을 자동화 및 간소화시키고, 실시간 응답능력을 확보하면, 시간과 비용의 양 측면에서 큰 이득이 될 것으로 보인다.

본 연구에서 뇌과학 분야와 IT 분야를 융합하기 위하여 기존의 웹 기반 클라이언트/서버 시스템을 도입하되, 자동화된 처리에 적합하도록 시스템을 개선 및 최적화하는 개발을 수행했다. 이로써, 사용자 TCO를 절감시킨 대증적인 서비스의 실용화가 가능해졌다.

2. 관련 연구 및 기술

2.1 신경계, 뇌파, 뇌전도(EEG)

20세기 초에 뉴런을 발견하면서 본격화된 뇌 연구의 초기에는 미소전극을 뉴런에 꽂아 전기현상을 관측했다. 하지만 뇌 개방의 부담으로 인체실험이 불가능하여, 비침습 계측기술이 등장하게 되었다. EEG(뇌전도), MEG, PET, fMRI, SPECT, NIRS 등이 대표적이고, 특히 EEG는 비침습 무자극 구조로 가장 안전하고 저렴한 계측장치다 [7].

EEG는 뉴런의 시냅스후전압의 일정한 총합으로 정의 되는데, 전도성 매질에 싸인 세포가 발생시킨 전류는 두 피에까지 형성되어 옴의 법칙에 따라 전위가 나타난다. 뉴런의 흥분과 전도는 뉴런 막의 이온통로(Na⁺, K⁺, Ca⁺)에 의존한다. 뇌가 정보처리를 할 때, 수많은 뉴런들이 동시에 흥분하므로, 미약한 단일 뉴런들의 전류가 모여 꽤 큰 전류를 형성하며, 주위의 전도성 매질(뇌막, 두개골, 두피)로 흘러 머리표면에도 전류를 형성한다. 따라서 두피에 전극을 부착하여 적절히 증폭하면 뇌전위를 측정할 수 있다. 전위는 보통 수 십 μ V, 주파수는 0.1~60Hz 정도이다[8].

2.2 뇌파의 측정과 데이터 수집

EEG는 전극의 수로 종류가 나뉜다. 여기서 간편한 2 채널의 뉴로하모니M을 채용했는데, 대뇌 기능의 평가도 구로서, 전전두엽에서 좌(Fp1)·우(Fp2)뇌를 동시 측정하며 단 쌍극유도의 혼합으로 작동한다[9,10]. 전두부(Frontal lobe)는 다른 곳보다 전극부착이 용이하여 측정에 적합하다. 특히, 전전두엽(Prefrontal lobe)은 인지, 사고, 창의성에 중요한 기능을 가지고 있어 학습행동과 관련한 뇌 기능의 중심역할을 하는 부위이자, 신경세포들의

시너지 효과에 의해 전체 뇌의 활성상태가 이 부위에 반영될 수 있다[11]. 이 시계열 원시뇌파는 시각적으로 판독하므로 구별이 어려워, 고속 푸리에 변환(이하 FFT)을 주로 쓴다. 뇌파는 파장별로 고유한 특징이 있어, 주파수로 구분하면 해석이 명확한데, 일반적으로 δ , θ , α , β , γ 파가 있다.

2.3 뇌파분석과 뇌기능지수검사

종래에는 주로 주파수 세기에 의한 파워 스펙트럼 분석을 하였다. 정량적이긴 하지만, 각 뇌기능에 대해 기준치가 달라 비교가 어렵고 수치의 의미파악이 까다롭다.

그래서 정규화를 통해 일반인도 알기 쉽도록 지수화한 것이 BQT이다. 8개의 주 지수와 세부항목 등 총 54개 지수로 구성되어 있으며, 기존의 IQ·적성·인성검사 같은 설문/문제풀이 방식의 간접 분석과 달리, 뇌파를 통해 뇌의 발달, 활성, 균형, 주의집중, 휴식, 학습능력 등을 직접 산출한다. 뇌의 시각정보 반응도와 뇌의 상태 전환 유연성 순서로 2단계 측정 후, 각 파장대별로 분석하여 뇌의 기능 상태를 반영한다[6]. 뇌파와 뇌기능에 대한 선행연구들을 고찰한 결과 BQT는 단순히 각 파장대별 활성도를 살펴보는 것보다 더 유용한 지표가 될 수 있을 것으로 보인다.

2.4 클라이언트/서버 시스템

네트워크로 연결된 개별 컴퓨터들의 집합체를 분산시스템이라 한다[12]. 예로써, 분산파일공유시스템, 전자메일, 클라이언트/서버 시스템(이하 C/S) 등이 있다[13,14].

C/S는 서비스의 수급에 따라 클라이언트와 서버를 구분하지만, H/W 상의 기능과 역할이 명확히 분리된 것은 아니다[15]. 사용자 인터페이스(이하 UI)인 프레젠테이션 로직, 어플리케이션(이하 어플) 로직, 데이터베이스(이하 DB)로 구성된다. 종류는 2계층(2-Tier) 및 3계층구조(이하 각각 2TC/S, 3TC/S)가 있다[16,17,18]. 근래에 들어서는 2TC/S의 단점들로 인해 3TC/S로 교체되는 추세이다.

3TC/S는 어플 로직을 C/S에서 완전 분리하여 중간계층(Application Server, 이하 APPS)에 별도 위치시켜 유연성 높은 확장구조를 추구한다. 두 종류가 있는데, 순수형은 어플만 단순 분리된 구조이며, 중재형은 미들웨어를 APPS에 두어, 복수 개의 C/S 연결을 중재한다. 이질적인 분산 환½구조일관된 접근엔 위능하며, 로직이 분산되어 클라이언트 수의 증가에 따른 성능저하를 해결할 수 있다[19]. 다만 복잡한 구조로 인해 HW/SW 개발비가 높다.

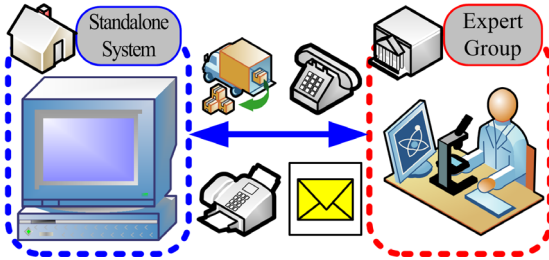
미들웨어는 분산 환경 상의 어플 간에 자유로운 데이터 전송을 지원하는, 3TC/S 구축의 필수기술이다[20]. 개

발기간·비용의 단축, 신속한 환경변화 대처, 다양한 H/W에서 쉬운 오픈시스템 구축이 가능하다[13,21]. 발전순서는, 통신 중심의 RPC, DCE, Netware, DB 중심의 ODBC, IDAPI, CLI, Glue, 트랜잭션 중심의 Tuxedo, Encina, CICS, 그리고 객체지향 중심의 CORBA, COM/DCOM이 있다. 현재와 같이 OS 및 네트워크가 서로 상이한 이중의 환경체계에 가장 적합한 것이 객체지향 미들웨어이다.

3. 스마트 뇌파케어시스템 설계방법

시스템의 작동원리를 계층별로 논의하였다. 전체적인 개요를 설명하고 나서, 구체적인 구조를 설명했다.

3.1 전체적인 개념구조



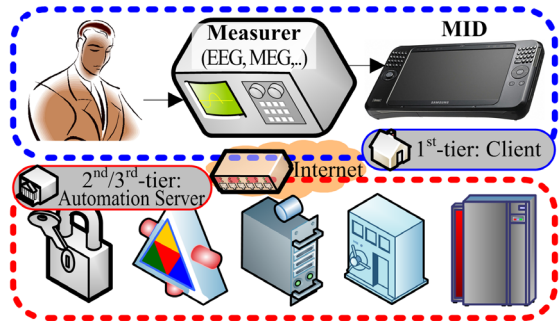
[그림 1] 기존의 수동적 뇌파처리의 절차

3.1.1 도입된 개념

헬스케어를 포함한 웹 기반의 IT기술의 도입에 따른 주요한 이슈로서, 뇌파의 실시간 취급이 가능하도록 기존 기술을 최적화하고 유기적으로 융합하는 방법을 개발하였다. 뇌파의 아날로그 생체신호로서의 비결정적(non deterministic) 변화특성으로 인해 디지털 기술을 원형 그대로 적용해서는 소기의 목적을 달성할 수 없기 때문이다.

또한, 실시간 뇌파분석을 위해서는 복잡한 원시뇌파를 가공, 변환, 해석하는 과정을 완전 자동화하는 방법을 고안했다. 뿐만 아니라, 클라이언트 계층(이하 CLNT)에서 측정된 데이터가 APPS에 이송되고, 뇌파분석기에게 제공되는, 이동 과정도 자동화하였다. 분석기의 결과를 CLNT에 전달하는 과정도 마찬가지로 자동화하였다.

3.1.2 전체 시스템 개요



[그림 2] 전체 시스템의 개요

기존 환경인 그림 1과 본 시스템인 그림 6를 비교해보면, 3TC/S의 적용으로, 전체 시스템이 능동적인 처리환경으로 변화되었다. 뇌파측정은 피검자가 위치한 CLNT에서 수행하는데, 여기서의 자동화 포커스는 여러 단계에 걸친 측정 모드의 수행과 단계별로 산출되는 원시뇌파 데이터의 수집 과정이다. 또, 결과확인도 CLNT에서 할 것이므로, 결과를 화면이나 프린터 등에 출력하는 과정도 자동화에 포함했다. 덧붙여 뇌파 측정의 시작시점부터 자동화를 하는 것이 가능토록 했다. 따라서 사용자는 로그인 이후로, 측정과정을 단지 원클릭으로 진행시킬 수 있게 되었다.

분석을 위한 데이터의 이송에는, 기존의 물리적 혹은 이메일 등은 수작업이 개입하여 많은 불편과 시간이 소요되므로, 본 연구에서는 보안처리를 포함하여 전체과정을 일원화하는 방법을 도입했다. CLNT은 패키징된 뇌파 데이터를 APPS에 전송하고, 분석을 요청한 후, 실시간으로 결과를 받아올 수 있게 되었다. 여기에 적용된 통신 프로토콜은 차후 상술하겠지만, 전 과정이 투명하게 진행되며, 또한 매우 신속하게 결과를 획득하게 되어서, 결국 실시간 뇌파정보를 얻는 것이 가능해 졌다는 것이다.

뇌파정보의 보관 및 조회는 개인, 그룹, 더 큰 규모의 집단특성을 연구하는데 중요한 요구사항이다. 그래서 뇌파 분석 자료를 체계적으로 유지관리하기 위해 재가공하여 DBMS(DB 관리서버)에 보관하게 했다. 재가공이 필요한 이유는 DB에서 요구되는 적절한 포맷형식을 맞춰야 하는데다, 신속한 검색을 가능케 하려는 이유도 있다. 또 통계연구를 위하여, 모집단의 특성을 온전하게 반영하는 표본 집단을 구성 할 때에도 중요한 의미를 지닌다.

3.2 개념의 구체화

3.2.1 클라이언트(CLNT)와 어플서버(APPS)의 연결 뇌파측정을 위해 CLNT에서 웹 브라우저를 통해 웹서

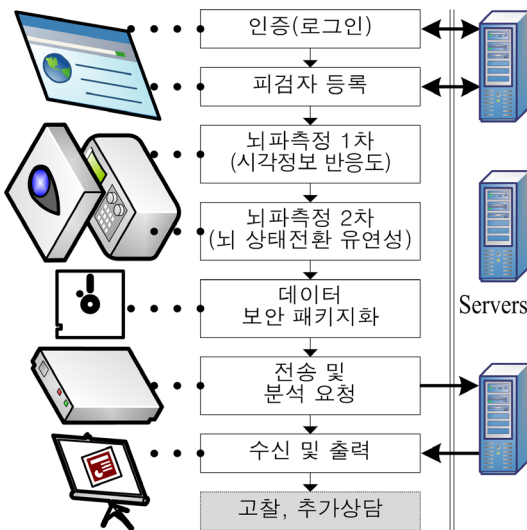
버에 접속하게 했다. 로그인을 거쳐 인증을 받으면, 그림 3의 상단에 보듯, 클라이언트 컴포넌트에 의해 뇌파측정 어플이 자동적으로 호출되게 하였다. 마찬가지로, 분석결과를 확인할 때도 자동으로 뷰어가 호출되는데, 이러한 과정은 모두 HTTP 프로토콜에 기초한다. 알려진 대로, 이 프로토콜은 connectionless 방식으로 작동된다.

EEG를 통해 수집된 원시뇌파 데이터는 서버에 전송되는데, 이때 HTTP 이외의 데이터 통신 프로토콜, 즉 connection-oriented 통신을 수행했다. 뇌파데이터는 전송 중간에 소실되어서는 안 되기 때문이다. 또한 보안을 위해 필수적으로 암호화 과정을 수행했다. 분석결과 전달도 마찬가지이다. 따라서 CLNT와 서버 간에는 두 가지 프로토콜을 함께 사용하여 통신되도록 구성하였다.

3.2.2 어플서버(APPS)와 DBMS의 연결

그림 3의 중간에 보듯이, 각 로직 서버들은 미들웨어(편의상 화살표로만 도시)에 의해 DBMS에 접속하게 되어있다. 보안서버, ABQTAS, BTMS는 웹서버에 속한 스크립트 엔진이나 DB 드라이버 컴포넌트를 통해서 DBMS에 접근하고 필요한 데이터를 읽거나 쓴다. 추가로, 별도의 미들웨어인 BDCS가 뇌파데이터와 관련된 CLNT/DBMS간 연결을 수행한다. BDCS는 뇌파처리와 관련된 로직, 즉 ABQTAS와 BTMS를 구동시키는 능력도 있는데, 이는 웹서버가 예외상황에 놓였을 때라도 대 CLNT 서비스가 차질 없이 수행되게끔 설계했기 때문이다.

3.2.3 클라이언트(CLNT)의 구조

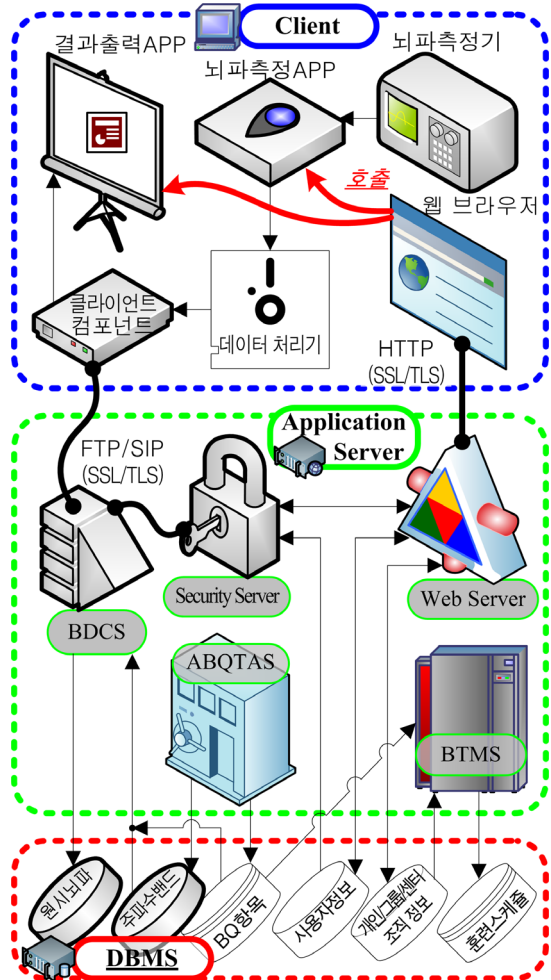


[그림 3] 클라이언트(CLNT)의 수행 시퀀스

그림 3의 상단이 CLNT의 구성인데 웹 브라우저에 의한 UI를 갖추었다. 덧붙여, EEG와 연동하여 사용자 피부 상에서 뇌파정보를 수집했다. 뇌파측정 및 데이터의 전송, 그리고 분석결과와 수신에 관한 모든 절차가 웹 브라우저 및 컴포넌트에 의해 자동으로 진행되는 구조인데, 이 수행 시퀀스가 그림 7에 기술되어 있으며, 각 단계의 수행과 관련된 CLNT의 개별 구성요소와의 연관성이 함께 도시되어 있다. 사용자(피검자나 혹은 상담자)가 웹 브라우저를 통해 본 시스템의 함께 도시되었고 로그인 등의 인증절차와 등록절차를 거치고 나면, 이후의 과정은 자동으로 수행되므로, 피검자는 측정 동안 자세만 잘 유지해 주면 된다.

3.2.4 어플 서버(APPS)의 구조

3.2.4.1 웹서버



[그림 4] 3TC/S 기반 스마트 뇌파처리시스템 상세구조

웹서버는 CLNT와 UI를 포함하는 프레젠테이션용 정보제공을 수행한다. 일반적인 홈페이지 UI를 가지는데, 로그인이 필수적이다. 아울러 뇌파를 측정하는 상담자나 사용자에게 대한 정보로써, 개인, 그룹, 그리고 더 큰 규모인 센터 등의 조직체에 관한 정보를 모두 다루도록 설계하였다.

뇌파측정을 시작하고, 분석하며, 결과제공 등의 절차도 내부의 동적인 상호작용 처리 방법(CGI, Script 등)을 사용했다. 뇌파를 측정하고 분석하는 것이 뇌파처리시스템의 전부는 아니다. 이와 같은 기반 기능을 통합하는 보다 큰 서비스는 특정 사용자 개인 혹은 그룹에 관해, 일정한 기간 동안 뇌파를 측정, 분석, 그리고 훈련하도록 진행 및 운영하는 것이다. 즉, 뇌파관리를 수행하는 기능을 갖추고 있다. 덧붙여 수집된 데이터를 보다 유용하게 활용할 수 있도록 임상정보의 구축이 필요한데, 그런 이유로 통계자료를 구성하고 제공하는 서비스도 구현되었다.

3.2.4.2 보안/인증 서버

웹서버나 DBMS를 통한 사적인 정보는 당사자에게만 접근이 허가되어야 하므로 공개키를 가진 CLNT만 접속되도록 하였다. 또, 통신상에서 송수신될 데이터들은 반드시 누출을 억제해야 하므로, 크랙이나 도청과 같은 상황에서도 정보가 공개되지 않도록 데이터 자체를 암호화했다.

그림 3의 APPS 내부에는 웹서버와 BDCS 등 CLNT와 접속하는 모든 경로가 보안/인증 서버를 경유하게 되어 있다. 이를 위해 공개키/암호키 기반의 RSA 와 SSL을 채용했는데, CLNT는 보안/인증 서버에서 적법한 절차에 따라 공개키를 부여받고 접속하게 되며, 모든 데이터는 암호 처리되어 송수신되게 했다. 한편, 데이터를 압축하는 것도 좋은 암호화의 대안이 됨을 고려하였다.

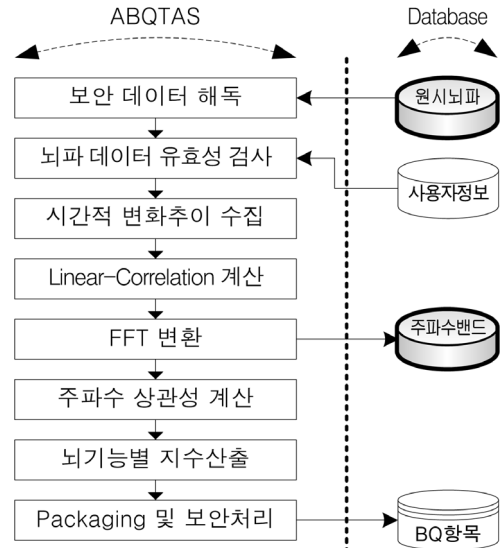
3.2.4.3 뇌파데이터 컴포넌트 서버(BDCS)

그림 3 중간의 BDCS는 SSL기반의 통신을 수행하여 CLNT 데이터관련 요청을 처리하고 있다. 클라이언트 컴포넌트는 BDCS를 통해서 ABQTAS, BTMS, DBMS와 연결하여 데이터에 관한 송수신 및 처리작업을 한다. 웹서버를 통하지 않고도 뇌파정보에 접근이 가능하도록 확장된 채널을 수립하기 위해 BDCS가 필요하여 개발하였다.

3.2.4.4 자동 BQT 분석 서버

그림 3의 ABQTAS(Automated BQT Analysis Server)는 BQT에 근간을 두고 있다. 한마디로, 자동화된 BQT 분석 시스템인 것이다. 2장에서 설명한 BQT는 뇌파에 기

초해서 뇌 상태를 지수화한 뇌기능 분석 모델이다. BQT를 산출하는 수학적 모델은 앞서 개발된 것이나, 이를 완전히 자동화하여 스마트 시스템의 서브-시스템으로서 실시간으로 구동시키는 것은 별개의 문제인 것이다.



[그림 5] 자동 BQT 분석 서버의 구조 및 시퀀스

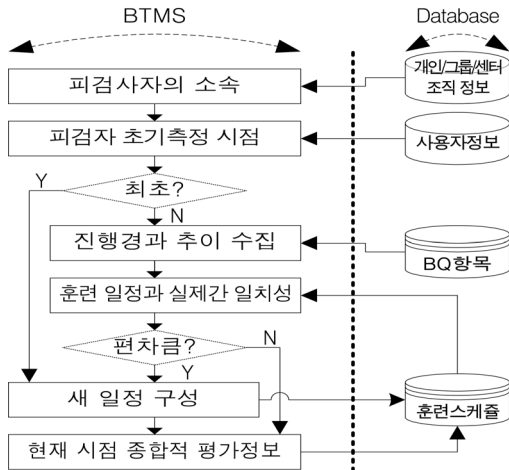
그림 5를 보면, ABQTA의 자동화 과정을 도시하고 있는데, 분석서버가 CLNT에서 수신된 데이터의 보안코드를 해제하고, 순수한 뇌파 데이터를 추출하여 이를 가공하는 일련의 시퀀스를 설명하고 있다. 원시뇌파로부터 시간과 주파수 영역의 정보를 산출하고 여기서 BQ 지수를 획득하는 구체적인 수학적 모델은 본 논문의 범위를 벗어나므로 언급을 생략하겠다. 최종 산출된 정보를 DB와 CLNT에서 사용하기 적합하도록 패키지 및 보안 처리하여 DB에 저장하는 방식으로 전체 과정을 구성하였다.

DB와의 연계를 살펴보면, 암호화 및 압축된 데이터와 그 유효성을 검토하기 위해 해당 피검자와 측정자의 정보에 접근하는 것을 고려했다. 반대로, 계산과 분석에 의해 구성된 주파수대역 및 BQ 지수 항목은 DB에 저장했다.

3.2.4.5 뇌파훈련 관리 서버

그림 3의 BTMS는 BQT 정보에 기초하여 뇌파의 상태를 관리하도록 설계되었다. BTM이란 뇌파 훈련 관리(Brainwave Training Management)를 뜻하는데, 단순히 뇌파검사가 전부가 아니라, 훈련을 통해 개선되도록 관리해야 비로소 뇌파케어라는 것이 의미가 있기 때문이다. 만약 단지 어떤 사람의 현재 뇌 상태만을 판독하고 싶을 때

는 ABQTAS의 일회성 결과로도 충분할 것이다. 그러나 뇌 기능을 향상시키는 것이 더 큰 의미가 있으므로, 필히 일정한 계획에 따라 훈련을 수행하고 그 경과를 관리하게 했다. 뇌파를 다룬다는 것은 단지 현재의 상태만을 분석하는 것이 끝이 아니라, 부족하거나, 약해지거나, 문제가 있는 것을 해결하는 단계까지가 모두 포함되기 때문이다.



[그림 6] 뇌파훈련 관리 서버의 구동 시퀀스

그림 6에는 관리 서버가 개인 혹은 그룹을 대상으로 수행하는 뇌파 훈련의 스케줄링과 점검, 그리고 경과에 따른 추세 검토의 과정을 기술하고 있다. 만약 사용자가 일정을 충실히 지키지 못했거나, 그렇지 않더라도 훈련경과 상의 뇌기능 향상이 기대에 미치지 못할 경우, 새로운 일정을 구성하게 되어 있다. 또 이런 스케줄링이나 훈련 경과에 대한 종합적인 평가내용을 DB에 저장하게 했다.

3.2.5 DBMS의 구조

[표 1] DBMS의 구조

DB 이름	구성 성분(테이블)	연동 서버*
사용자 정보	개인신상 정보, 아이디, 암호	W/S/A/B/D
조직정보	개인/그룹/센터 구성원, 관리, 운영정보	W/B
원시뇌파	보안, 압축, 파일정보, 접근정보	D/A
주파수 밴드	보안, 압축, 파일정보, 접근정보	A/B/D
BQT 항목	54 가지 각 지수항목	A/B/D
훈련 스케줄	훈련조직의 일정, 상담자의 의견	B/W

*W(웹서버), S(보안서버), A(ABQTAS), B(BTMS), D(뇌파처리 요구수행 드라이버)

그림 3의 3번째 블록의 영역으로 뇌파데이터 관리 서비스를 수행하는 서버이다. DBMS는 크게 6가지의 DB 성분을 관리한다. 표 1에 이 내용이 기술되어 있다.

DB 중에서 원시뇌파와 주파수 밴드는 데이터의 양이 많아서 DB 자체에 보관을 하는 것이 효율적이지 못하므로, 별도의 스토리지에 보관을 했고, DB에는 이 장소에 대한 접근 정보만 유지시켰다. 이와 같은 분산 DB의 장점은 스토리지에 대한 서버의 부담을 최소화 할 수 있다는 점인데, 스토리지는 서버의 로컬 영역이 될 수도 있고, 웹 하드와 같은 별도의 장소를 활용하는 것도 고려했다.

센터는 피검자를 관찰하며 다수의 그룹을 관리하는 뇌파관리 의 가장 큰 주체이다. 상담자를 갖추고 사용자에게 인적 서비스를 제공할 수 있다. 참고로, 세 번째 열은 각 DB를 작성하거나 사용하는 서버를 단축 표기한 것이다.

4. 시스템의 구현과 적용

3장의 개념을 실제로 구현한 결과물을 설명했다. 구현에 도입된 여러 도구들과 구현 시의 논제도 다루었다.

4.1 클라이언트(1st-tier, CLNT)의 구현

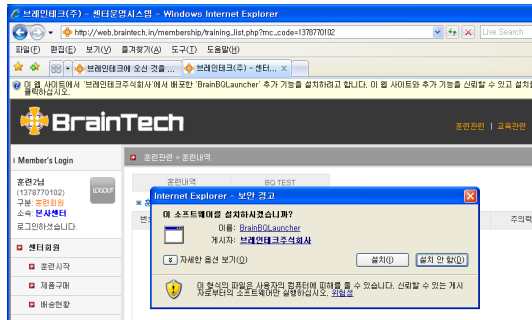
CLNT에서 구동하는 웹 컴포넌트와 어플들의 개발환경은 표 2와 같다. 마지막 항목에서는 개발 결과물이 실제 구동하기 위해 요구되는 사용자 환경을 언급했다.

2.2의 내용대로, 채택한 EEG는 한국정신과학연구소에서 개발했는데, 잘 알려진 그라스(Grass Neurodata Amplifier System)에 대해 좌우 θ, α, β 파 항목에서 상관 계수 .916 ($P < .001$)의 신뢰성을 가지고 있는 2채널 EEG이다[9,10].

[표 2] 클라이언트 컴포넌트 및 어플 개발환경

하드웨어	펜티엄 D925 3.0G / MM 1G
운영체제	Windows XP SP3
컴파일러	Visual Studio 2008
컴포넌트 구조	ActiveX 컨트롤, OCX
어플	MFC 응용 S/W, EXE
뇌파측정기기(EEG)	NeuroHarmony M
목표 환경	Windows 2k/XP/Vista, IE 6.0 ↑

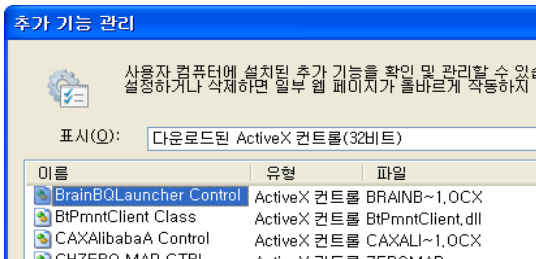
4.1.1 웹 브라우저



[그림 7] 뇌파케어 홈페이지 및 ActiveX 컨트롤 설치 확인 창

본 시스템은 인터넷 익스플로러(이하 IE)를 기준으로 삼았다. 국내 사용자가 두텁다는 판단에 따른 것이다. 프레젠테이션 로직은 자바 스크립트, XML, XPath(XML Path Language)에 의해 구동되도록 작성되었다.

4.1.2 클라이언트 컴포넌트와 콘텐츠

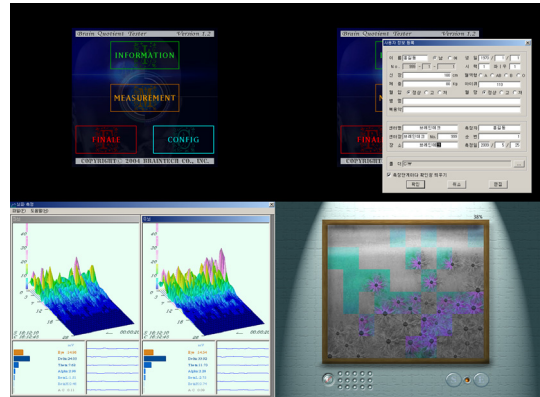


[그림 8] CLNT(IE7)에 설치된 ActiveX 컨트롤 컴포넌트

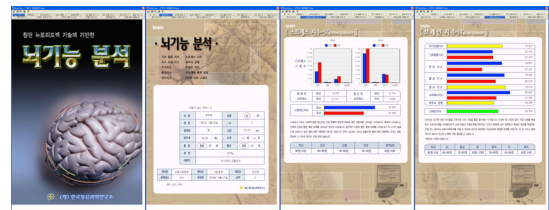
IE에서 구동하도록 API와 컴포넌트는 ActiveX 컨트롤을 중심으로 개발하였다. 어플의 설치와 데이터 송수신을 위해 COM 라이브러리인 IPHlpApi 와 ShLwAPI 를 사용하며, 배포 및 실행을 위해 사전에 준비된 SPC와 pvk파일을 써서 cab파일에 디지털 서명을 하였다.

4.1.3 뇌파측정 및 분석결과 어플

어플의 주된 업무를 EEG를 구동해서 원시뇌파 데이터를 수집하여 로컬 스토리지에 저장하는 일, 그리고 분석결과를 화면이나 프린터에 출력하는 일로 구분했다. 간단해 보이지만, EEG 하드웨어와의 안정적인 연결을 확립하기 위해서 시스템 드라이버의 제어를 포함하여 예외 처리 등 디테일한 고려를 하였다. 따라서 시스템 프로그래밍과 관련된 표준 API 와 UI를 위한 MFC를 함께 사용하였다.



[그림 9] 자동 호출된 BQT 뇌파측정APP의 구동화면



[그림 10] 자동 호출된 BQT 결과출력APP의 구동화면

4.2 어플서버(2nd-tier, APPS)의 구현

[표 3] 어플 서버 개발환경

하드웨어	Pentium D925 3.0G / MM 1G
운영체제/커널	Gentoo 2008.0/Linux 2.6.29
소스 관리	vim 7.2.182, CVS 1.12.12
테스트 플랫폼	Apache2 2.2.11
SDK	JSDK 2.0, J2SE 1.4
컴파일러/인터프리터	GCC 4.4.0 / Python 2.6

이 계층의 환경은 리눅스 서버이며, 초기 개발 및 유지비용이 최소 수준이며, 안정성과 신뢰도가 높다. 표 3에 서버 개발 환경을 예시했는데, 젠투 리눅스를 활용하여 최적화된 데스크 탑 개발 환경을 갖추었다. 또 서버 업로드 전, 테스트를 위해 자체적인 소규모의 웹 및 인증 서버를 갖췄다. 아파치 서버의 장점은 구축비용이 거의 들지 않고, 시스템의 규모에 맞게 정교한 설치 세팅이 가능하다.

4.2.1 웹서버

표 4에 데비안 리눅스와 아파치 플랫폼에 의해 구축된 웹서버 환경을 기술하였다.

[표 4] 어플 서버 구현환경

하드웨어	XEONx2 3.0G / MM 4G
운영체제	Debian GNU/Linux lenny 5.0
커널	Linux 2.6.26
플랫폼	Apache2 2.2.9
언어	XML
스크립트	PHP, JSP, Python
보안/인증	OpenSSL, ModSecurity, SELinux, ExecShield

4.2.2 보안/인증 서버

3.2.4.2에서 논의한 SSL 기반의 보안/인증 시스템을 구축했다. 핵심도구는 OpenSSL이며, 표 4의 마지막에 추가 도구들이 나와 있다. OpenSSL은 메시지 축약, 파일암호/해독, 디지털 인증서명, 랜덤 넘버를 지원하는 대표적인 보안 통신 오픈 API이다[22]. ModSecurity는 웹 공격에 대한 침입탐지 및 방지기능을 수행하며 아파치 서버에 모듈형태로 결합되는데 DSO방식으로 설치하였다[23]. SELinux는 커널에 의무 접근 제어를 구현한 커널수준의 보안 프레임워크이며[24], ExecShield는 스택/버퍼/함수 포인터 오버플로우, 그리고 데이터 구조를 덮어쓰거나 그 구조에 코드를 집어넣는 exploit에 대한 방어기능으로써, 실행권한을 가진 S/W에 대한 보안기능을 담당한다[25].

[표 5] BDCS의 데이터 수신 로그내역

```
>>> Uploading 'sip:/211.234.105.x/_BFN113_7_090521103451_'
--2009-05-13 17:26:03-- Connected to 164.50.238.x:113
FTP/SIP request sent, awaiting response... OK
Length: 531905 (519K)
Saving to: '/abqtas/req113/_BFN113_7_090521103451_'
  OK ..... 9% 50.4K 9s
 50K ..... 19% 210K 5s
  ~ ~ ~ ~ ~
500K ..... 100% 136K=3.0s
2009-05-13 17:26:06 (173 KB/s) - '/abqtas/req113/_BFN113_7_090521103451_' saved [531905/531905]
* _BFN113_7_090521103451_ RMD160 SHA1 SHA256 size ... OK
```

[표 6] BDCS가 수신한 데이터의 매니페스트

```
-----BEGIN PGP SIGNED MESSAGE-----
Hash: SHA1
PUTCMDCM_ANALYSIS_OP_7656 RMD160 ~ ~ ~ ~ ~
PUTBFN_BFN113_7_090521103451_531905 RMD160 a3314543c
11c23664b7c07a0e73ee53730cd7024 SHA1 fbf2a53e8ec1868bdd
ad7ad8037adbbe9a350e7f SHA256 d483c547357dd4b6de0ad7bc
44ec77330caf9ecf97af41a52e49f76af8567709
PUTBFN_BFN113_11_ ~ ~ ~ ~ ~
-----BEGIN PGP SIGNATURE-----
Version: GnuPG v2.0.11 (GNU/Linux)
iEYEARECAAYFAkoZ1V0ACgkQCRZPQkWLroQ1IACE2k~...~8C
OX8An3SQcHnGpIQjhVue0fV084ZB8vgH
=jpOI
-----END PGP SIGNATURE-----
```

4.2.3 BDCS

여러 로직서버들과의 연동 및 웹서버와 독립된 구동을 위해, 코어와 인터페이스로 분리된 이중 구조로 설계했다. 코어는 신속한 작성이 용이한 Python로, 인터페이스는 웹서버용 서버 컴포넌트 및 리눅스 데몬을 모두 지원하기 위해 CakePHP로 개발했다. 특히 데이터 전송에는 신뢰성을 높이기 위해 표 6처럼 충돌 회피가 가능한 RMD160, SHA1, SHA256 메시지축약형 매니페스트를 구성하였다.

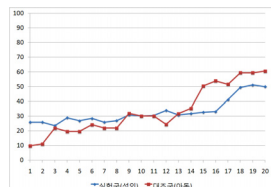
4.2.4 ABQTAS

[표 7] ABQTAS의 수행 시 로그내역

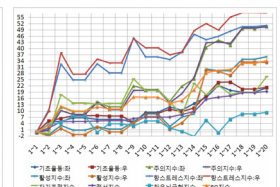
```
1242304485: Started ABQTAS on: May 14, 2009 17:34:45
1242304494: >>> running BrainAnalyzer following:
Client Name Age SD for  $\alpha$ -wave(90sec)
113 김** 38 2.76803 : 3.63396
113 김** 14 1.61582 : 1.81073
113 김** 34 1.32566 : 1.71792
1242304517: >>> Repackage & store transaction to DB
1242304517: *** Cleaning up, exiting successfully.
1242304623: *** terminating.
-----
1242403087: Started ABQTAS on: May 14, 2009 21:24:47
1242403098: >>> running BrainAnalyzer following:
Client Name Age SD for  $\alpha$ -wave(90sec)
243 노** 13 3.18721 : 1.26274
243 문** 8 4.84170 : 4.46584
... ..
```

복잡한 수학연산의 신속한 수행을 위해 소스는 c++로, 컴파일은 g++로, 디버깅은 gdb에 의해 수행되었다. 외부 인터페이스는 파이썬 스크립트를 통해 BDCS와 연동한다. DBMS의 연결도 마찬가지로. 표 7은 수행과정인데, 로그에 저장된 자동적인 호출과 처리된 내역이다.

4.2.5 BTMS



[그림 11] 20세션 동안의 주의지수 추이 그래프(예)



[그림 12] 20세션 동안의 전체 지수 추이 그래프(예)

역시 리눅스 상에서 수행되며, 여타의 작성 및 테스트는 ABQTAS와 같다. 그림 11,12는 DBMS에 저장된 그룹 A와 B의 20세션 동안의 추이를 자동으로 엑셀 그래프로 생성하여 웹 브라우저 상에 도시한 내용이다.

4.3 DBMS(3rd-tier)의 구현

표 3의 개발환경을 그대로 사용한다. 표 8의 환경에 3.2.5의 6가지 DB를 구축했다. 비용절감을 위해서 MySQL을 적용한 SQL 방식의 DB를 사용하였다.

[표 8] 뇌파처리용 컴포넌트 응용 서버 구현환경

하드웨어	XEONx2 3.6G / MM 4G
운영체제	RHEL 5.3 (Tikanga)
커널	Linux 2.6.18
DBMS	MySQL 5.0.76
로직 서버	Compiled binary(ELF)
보조 컨트롤	Python script

5. 결과 평가

[표 9] 본 시스템 구축 전후의 뇌파케어 환경변화 비교

비교내역(1회당)	기존 환경	본 시스템
측정환경(공간)	임상연구실/병원검사실	개인컴퓨터
데이터 관리	이메일/이동식저장소	원격 DBMS
분석방식	전문가에 의한 원시뇌파의 시각적 해석	자동분석기 (ABQTAS)
소요시간	1주일 이상(예약포함)	수초(실시간)

본 시스템은 기존의 기술을 IT기술과 융합하여 시공간적 제약을 극복하였다. 다만, 비교해 볼만한 동종의 기존 시스템이 거의 전무한 관계로, 일반적인 기존 환경과 비교하는 것으로 성능평가 및 타당성 검토를 같음하였다. 표 9에서 보듯, 본 시스템이 기존 환경의 한계를 극복하고 대중적인 서비스가 가능하다는 결론을 얻었으며, 이미 실제로 뇌파케어서비스를 개시하였고, 2009년 8월 현재 약 7천여 건의 자료가 DB에 축적되어 있음이 확인되었다.

6. 결론 및 향후계획

뇌파관리라고 하는 개념은 비록 종래부터 존재했지만, 21세기의 핵심 연구 분야인 뇌 과학의 연구와 뇌파케어 서비스를 위해 시스템차원의 혁신적 개선이 요구되어 왔다. 그리고 BQT는 뇌기능을 객관적으로 검토 가능케 하는 지표를 제공함으로써, 부족한 전문가를 대체하고, 만에 하나라도 있을 해석의 주관성을 배제하였으므로, 현재까지 임상연구 등에 활용되어 왔다. 이는 뇌 상태 진단을

위한 대중적인 의료서비스의 초석이 준비되었다는 뜻이다.

한편, 3TC/S는 2TC/S의 개선버전으로, 비즈니스용 대규모 스마트 서비스에 적합하다. 본 논문에서는 첨단 뇌파케어서비스를 위해 BQT 분석기술과 중재형 3TC/S를 융합하여 측정, 분석, 훈련, 일정관리 및 뇌파와 관련된 각종 데이터 관리 등의 요구를 전자동화시킨 시스템을 개발하였다. 현재 뇌파케어서비스를 진행 중인 본 시스템에 수집된 자료는 여러 연구자들의 임상연구에 제공되고 있다.

제한점으로, BTMS는 뇌파훈련을 위한 절차와 일정, 성과조사 등의 관리적 기능을 수행하나, CLNT에서 사용자를 자동으로 훈련시켜 주지는 않는다. 뇌파훈련은 뇌과학의 한 분야로서 뉴로피드백과 관련된 개념이며, 본 시스템과의 결합은 추후 연구과제이다. 또한, 유비쿼터스 뇌헬스케어에도 가능할 것으로 사료되는 바, 유비쿼터스 시스템으로써의 성능을 보장하는 등, 향후 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 이명근, 이명선, 박경옥, “병원 근무자들의 스트레스 증상에 영향을 미치는 요인”, 대한산업의학회지, 9(1), pp61-74, 1997.
- [2] 진영수, “국내건강 체력증진센터의 현황분석과 전망”, 한국체육학과 연구원, 스포츠 과학, pp54, 1994.
- [3] Berger, H, “On the electroencephalogram of man”, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, suppl 28, 1929.
- [4] Bruce J. FISCO, M.D, “Fisco & Spelmann's EEG Primer”, Elsevier, 3rd Ed, 1999.
- [5] 박병운, “뇌파해석기법”, 한국정신과학연구소, 2005.
- [6] 박병운, “뇌파 밴드별 상호 연관성에 따른 뇌기능 최적화 연구”, 정신과학회 학술대회논문집, 103-108, 2005.
- [7] 배병훈, “사람의 뇌기능 비침습 측정을 위한 새로운 측정기 개발 신경전기전도 프로브”, 한국과학기술원 박사학위논문, 1999.
- [8] Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, “Neuroscience: Exploring The Brain”, Lippincott Williams & Wilkins, 3rd Ed.
- [9] 김용진, 김학현, 박재근, 채희경, 박미아, 강경미, 조선희, 민윤기, “문제풀이 활동에서 뇌파측정에 의한 두뇌 기능 상태의 평가”, 한국생물교육학회지 28(3): 291-301, 2000.

- [10] 이홍재, 박은혜, 박창범, 김현택, “시각적 공간과제의 수행성적과 사건관련 뇌전위에 미치는 뇌파 biofeedback의 효과”, 고려대 심리학과, 2000.
- [11] Simonov, P. V, “Brain mechanisms of emotions”. Neurosci. Behav. Physiol., 27 (4), 405-413, 1997.
- [12] J. Won-Ki Hong, “Distributed System”, Fall, 1996.
- [13] Robert Drfail, Dan Harkey, Jeri Edwards, “The Essential Client/Server Survival Guide”, WILEY, 1996.
- [14] Dawna Travis Dewire, “Client/Server Computing”, 1996.
- [15] “What is Client/Server?”,
http://wenet.net/~jtmalone/what_cs.html.
- [16] Neil Jenkins, Tim Evans, Ellen Gottsdienner, Lee Huang, Paul Hipsley, Vinay Nadig, Michael Richards, Cbares Wood, “Client/Server”, UNLEASED, SAMS, 1996.
- [17] POSDATA, “2-tier and 3-tier Client/Server Computing”, 1996.
- [18] John Gallagher Syracuse University, “The Critical Choice of Client Server Architecture”,
<http://web.syr.edu/~jmgallau/cccsa.html>.
- [19] John Gallagher, “The Critical Choice of Client Server Architecture”, 1996,
<http://web.syr.edu/~jmgallau/cccsa.html>.
- [20] Microsoft, “Understanding Middleware”,
http://203.30.174.83/home/jirubak_paper/middleware/middleware.html.
- [21] David E.Y. Sarna and George J. Febish, “Implementing Client/Server Solutions”,
<http://www.objectsoftcorp.com/>.
- [22] Kenneth Ballard, “OpenSSL API를 이용한 보안 프로그래밍, Part 1: API의 개요”, MediNotes Corp. 2007.
- [23] 한국정보보호진흥원, “ModSecurity를 활용한 아파치 웹서버 보안 강화 가이드”, 2008.
- [24] M. Tim Jones, “보안 강화 리눅스(SELinux) 분석, 아키텍처와 구현”, Emulex Corp., 2008.
- [25] [Announcement] Exec Shield,
<http://neworder.box.sk/newsread.php?newsid=13007>

안 민 희(Min-Hee Ahn)

[정회원]



- 1998년 2월 : 부산대 컴퓨터공학과(석사)
- 2000년 2월 : 부산대 동 대학원 박사수로
- 2005년 3월 ~ 현재 : 서울불교대학원대학교 심신통합치유학과 뇌과학전공 박사과정
- 2004년 4월 ~ 현재 : (재)한국정신과학연구소 시스템개발부장
- 2004년 4월 ~ 현재 : 브레인테크(주) 시스템개발부장

<관심분야>

뇌과학, 뉴로피드백 훈련, EEG, ERP, HW/SW 동시설계, ERP

박 병 운(Pyong-Woon Park)

[정회원]



- 1985년 8월 : 美 인디애나대 물리학과(석사)
- 1990년 7월 : 美 인디애나대 물리학과(이학박사)
- 1991년 7월 ~ 1994년 9월 : ETRI RTD개발팀장
- 1996년 9월 ~ 현재 : (재)한국정신과학연구소 소장
- 2008년 3월 ~ 2009년 2월 : 서울불교대학원대학교 심신통합치유학과 뇌과학전공 교수
- 2009년 3월 ~ 현재 : 차의과학대학교 바이오산업융합학부 뇌과학 교수

<관심분야>

뇌과학, 신경과학, 뇌기능분석기술, 뉴로피드백, ERP

양 해 술(Hae-Sool Yang)

[정회원]



- 1978년 2월 : 성균관대 정보처리학과(석사)
- 1991년 3월 : 日本 오사카대학 정보공학과 S/W공학 전공(공학박사)
- 1980년 3월 ~ 1995년 5월 : 강원대 전자계산학과 교수
- 1995년 5월 ~ 2002년 12월 : 한국S/W품질연구소 소장
- 1999년 11월 ~ 현재 : 호서대 벤처전문대학원 교수

<관심분야>

소프트웨어공학(특히, S/W 품질보증과 평가, 품질감리), 프로젝트관리, CBD기반기술, IT품질경영