



뇌 건강을 위한 웨어러블 브레인 헬스케어 기술



이수지
와이브레인



김병직
와이브레인



이기원
와이브레인



김성훈
와이브레인

I. 서론

똑같은 상황도 사람에 따라 받아들이는 뇌의 상태가 다르다. 한 강연장의 예를 들어보자. 졸린 사람의 뇌파는 느리게 움직인다. 뇌파는 뇌 세포들의 전기적 연산 작용에 의해 나타나는 신호인데, 졸린 상태에서는 뇌의 연산이 느려지고 처리할 정보량도 줄어들기 때문에 느려지는 것이다. 이 경우 강연이 끝나고 돌아서면 그 내용이 기억나지 않는다. 뇌에서 해당 시간 동안 저장된 정보가 거의 없기 때문이다. 반면 강연에 집중해 있는 사람의 뇌파는 빠르게 움직인다. 뇌의 연산이 빨라지고 순간적으로 처리하는 정보량도 늘어난다. 이 경우 강연의 순간순간이 슬로우 모션처럼 디테일하게 뇌에 저장된다.

나이에 따라서도 같은 현상이 일어난다. 어려서는 왕성한 뇌 활동과 다양한 새로운 경험에 대한 호기심으로 뇌파가 빠르게 움직이고 모든 순간들이 상세하게 기억된다. 반면 나이가 들수록 뇌의 활동이 줄어들고 신선한 경험이 줄어들어 뇌파가 점점 느려진다. 많은 것들이 돌아서면 잊혀지며 뇌에 남아 있는 정보양이 줄어들기 때문에 시간이 점점 빨리 간다고 느끼게 된다.

이런 현상이 극단적으로 나타나는 질병이 있다. 바로 치매다. 치매는 뇌 기능의 손상으로 인한 퇴행성 변화로 기억력을 비롯한 뇌의 전반적인 인지 기능이 떨어지는 병이다.^[1] 치매 환자의 뇌파는 일반인보다 훨씬 느리게 움직인다.^[2] 뇌의 활동이 현저하게 줄어들고 최소한의 생활을 위한 정보 처리도 어려워진다. 따라서 상황을 인지하거나 기억하는데 어려움을 겪고, 본인이 누구인지 잊게 된다. 자아와의 단절, 주변 사람들과의 단절을 통해 인생을 송두리째 바꾸는 것이 치매의 가장 무서운 점이다.

치매의 사회경제적 비용은 다른 병과 비교할 수 없을 정도로 크다.

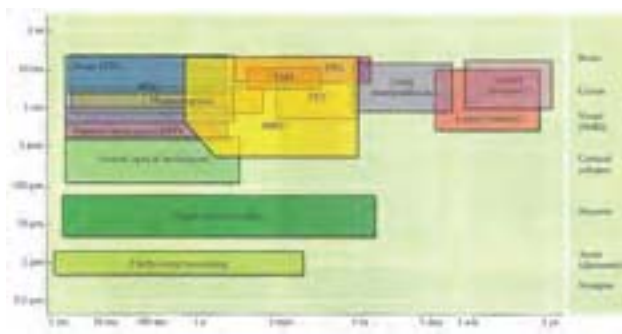


주요 사망 원인인 암, 뇌혈관, 심혈관 질환을 모두 합한 것보다 더 큰 직·간접 비용이 들며 대한민국에서 치매 관련해서만 1년에 8조 7천억원의 비용이 지출된다.^[3] 치매 환자를 돌보느라 빈곤층으로 전락하는 가정도 급격히 늘고 있다.^[4] 안타깝게도 급속한 고령화로 인해 치매 환자의 수는 빠르게 늘고 있고, 2050년 세계적으로 1억 명에 달할 것으로 예측된다.^[5]

이런 상황에도 불구하고 적절한 치료 솔루션은 아직 등장하지 않고 있는 실정이다. 현재까지 증상 경감의 차원에서는 어느 정도 성공을 거두었다고 볼 수 있으나, 반대로 질병의 경과를 변화시키는 근본적인 치료에는 실패를 겪고 있다.^[6] 치매의 전조 증상으로 건망증, 경도인지장애라고 불리는 증상을 겪는 환자들도 치매 환자의 3배나 있으나 이들을 위한 약을 비롯한 예방 및 치료 방법이 부족한 실정이다.

II. 뇌 건강을 위한 Neuroimaging, Neuromodulation 기술

약물치료로 대변되는 현대 의학의 한계를 뛰어넘기 위하여, 뇌에 대한 깊고 집중적인 탐구가 지속적으로 이루어지고 있는 추세다. 특히 뇌과학에 대한 사회적 관심이 최근 수년간 큰 폭으로 증가하였고, 뉴욕타임즈에서는 작년 초 '화학의 다음 개척지는 뇌' 라는 주제로 뇌과학에 대한 특집 기사를 기획했다. 대중의 관심을 반영하는 이러한 현상에 기대어 보지 않아도, 이미 유럽연합과 미국과 같은 과학계의 선구자들은 뇌에 대한 대규모 탐사를 진행 중이다.



〈그림 1〉 시공간적 분해능의 차이^[7]

2013년 1월 개시된 유럽연합의 Human brain project는 컴퓨터 모델링을 통해 뇌에 대한 구체적인 그림을 그리려는 거대한 시도이다. 3개월뒤, 미국에서도 Brain(Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies) Initiative 을 발표하였고, 오바마 대통령은 “우리는 현재 수억 광년 떨어져 있는 우주의 신비를 밝혀내고 있고, 원자보다 작은 소립자까지 알고 있으나 양쪽 귀 사이 3파운드 정도의 뇌의 신비는 아직 모르고 있다.”며 대중의 관심을 고조시켰다. 양 쪽 모두 10년 이상의 장기적인 시간과 수천억달러의 예산이 소모되는 천문학적인 액수의 프로젝트이며, 오늘날에도 여전히 미지의 세계인 뇌를 이해하고 그 기능을 향상시키는 것을 목표로 한다.

본고에서는 증가하는 뇌 질환의 진단과 치료와 관련된 Neuroimaging 및 Neuromodulation 기술에 대한 이해를 돕고자 한다. 뇌의 활동을 탐사하기 위한 인류 노력의 결실로, 현대에는 각종 신호를 이용한 뇌 활동 측정기술들이 개발되어왔다. Neuroimaging, 즉 ‘뇌 영상기술’을 통칭으로 하는 본 기술은 시간적, 공간적 제약에 의해 그림 1과 같은 구분 기준을 갖는다.^[7] 그림 1에서 볼 수 있듯, 뇌 분석 기술은 시간해상도와 공간해상도의 두 가지 대표적 특성을 갖는다. 하나의 기술이 시간, 공간 분해능이 모두 매우 뛰어나 뇌에서 일어나는 모든 현상을 설명해줄 수는 없다. 현재까지 밝혀진 뇌 과학의 산물들은 서로 다른 장점을 가진 여러 가지 기술들이 상호 보완적으로 발전한 결과다.

대표적으로 사용하고 있는 뇌 영상 기술 중 하나는 PET (Positron emission tomography; 양전자 단층촬영)이다. 이는 양전자를 방출하는 방사성 의약품을 인체에 투여하고 생리, 화학적, 기능적 신진대사를 측정하는 방식을 이용한다. 현재 각종 암을 진단하는 데 주로 활용되며, 암에 대한 감별 진단 및 평가, 치료 효과 판정등에 유용하게 쓰인다. 뇌 이미징 기술로 대표되는 또다른 기술은 fMRI (Functional magnetic resonance imaging; 자기공명영상)로 강한 자기장안에 놓인 신체의 혈류량이 간접적으로 측정하는 방식이다. 이러한 기술들은 높은 공간 해상도를 이용해 뇌의 구조적 생김새를 샅샅이 보여줄



수 있지만, 1초동안에도 수백 번 신호를 바꾸는 뉴런단위의 세밀한 반응은 측정할 수 없다.

반면, 구조적으로 면밀한 관찰은 힘들지만 세포 단위 활동의 미세한 시간을 측정할 수 있는 기술은 EEG (Electroencephalography; 뇌전도)와 MEG (Magnetoencephalography; 뇌자도)로 대표되는 신경생리학 기술이다. 뇌 세포들의 전기적, 자기적 특성을 탐지하여 뇌 활동을 측정하는 이러한 기술들은 뇌 과학의 역사에서 상대적으로 오래전부터 발전해 온 기술이다. 반면에, 과거 보조기술의 부재로 뇌파만으로 뇌의 활동을 분석하는데 한계가 있었다면, 최근에는 다른 방식의 기술들이 발전하면서 뇌파 분석이 가진 고유의 이점이 드러나고 있다. 특히 소형화 기술이 접목 가능한 EEG의 경우, 전자 및 생체공학의 비약적 기술발전과 가격 경쟁력, 사용의 편리함 등을 이점으로 근래에 그 장점이 재조명 되고 있다.

이러한 이해를 바탕으로 뇌의 기능을 조절하는 신경조절학 (Neuromodulation)에 대한 관심이 급부상하였다. 신경장애로 인한 질병 및 전통적 신경 장애의 치료에 대해서만 다루던 이 학문은 최근에 보다 가벼운 질병인 경미한 우울감, 주의력결핍 행동장애 등에 대해서도 접근을 시도하고 있다.

위와 같은 증상의 치료를 위해 가장 많이 사용되는 기술 중 하나가 경두개직류자극술 (tDCS)로, 소형화 기술 및 바이오 센서 기술의 발달로 보다 간편한 사용이 가능해지며 오늘날 각광받고 있다. 경두개직류자극술은 뇌의 특정 부위에 직류 전기자극을 가하여 뇌의 기능을 향상시키는 것을 목표로 한다. 이로 인해, 기존의 약물치료에서 효과가 미미했던 뇌졸중, 파킨슨병, 우울증 및 다양한 신경·정신과적 질병 치료에 대한 연구가 뇌를 직접 자극하는 Neuromodulation 을 중심으로 지속적으로 증가추세에 있다. 또한 이러한 시도는 환자군을 넘어 일반인을 대상으로도 활발히 이루어지고 있으며, 특히 경두개직류자극술이 일반인의 학습 및 기억, 집중력, 작업기억 등의 인지능력을 향상시킨다는 연구가 계속해서 보고되고 있다.

III. 초기 Wearable Brain Healthcare 기술의 한계

현재 Wearable Brain Healthcare 시장은 아주 초기 단계로써 Wearable 수준의 소형화가 가능한 Neuroimaging 기술인 EEG 기술을 기반으로 실제 소형화에 성공한 기업들의 Wearable EEG device 상용화가 제한적으로 진행되고 있는 추세이다.

Neurosky의 Mindwave,^[8] Interaxon의 Muse,^[9] Melon의 Melon^[10] 등 대부분의 제품은 헤어밴드 형태의 기기를 통해 EEG를 측정하여 집중도, 명상도 등을 App으로 보여주는 Healthcare 기능과 게임에 반영하여 캐릭터를 조종할 수 있는 단순한 형태의 BCI (Brain Computer Interface) 기능을 제공하며, 수면 중의 EEG 패턴을 측정하여 수면의 질을 측정할 수 있는 Zeo의 Sleep Manager^[11] 등 일부 제품도 출시된 바 있다.

가장 대표적인 제품인 NeuroSky의 Mindwave는 처음

으로 일반인이 저가에 구매 가능한 상용 Wearable EEG device로써 전두엽 부분에 단일 채널 EEG 모니터링이 가능한 제품이다. NeuroSky Mindwave는 개발자들을 위해 상용 iOS, Android, 데스크탑에서 운용 가능한 SDK(Software

Development Kit)를 제공하여 다양한 응용을 가능케 한다. 예를 들면, 사용자의 뇌파를 모니터링하여 뇌 상태에 따른 전등의 불빛의 변화를 주는 등의 방법이 가능하다. 이러한 방법은 BCI 분야 등에서 많은 소프트웨어 개발자와 연구자들에게 활용되고 있다.

2011 출시된 Zeo Sleep Manager는 수면 중의 뇌파 패턴을 분석하여 수면의 단계별 심도, 시간 등을 통해 수면의 질을 측정할 수 있는 기기로서 병원용 수면다원검사에 상응하는 수준의 높은 정확도를 갖고 있었다. 하지만 수면의 질을 알려줄 뿐, 이를 개선할 수 있는 실질적인 효능이 없는 한계가 있다.

IV. 향후 Brain Healthcare

기존의 약물치료에서 효과가 미미했던 뇌졸중, 파킨슨병, 우울증 및 다양한 신경·정신과적 질병 치료에 대한 연구가 뇌를 직접 자극하는 Neuromodulation 을 중심으로 지속적으로 증가추세



Device의 전망

이와 같이 기존 Wearable Brain Healthcare의 한계인 효용 가치의 부재를 보완하기 위해서는 1) tDCS와 같은 직접적인 효능을 줄 수 있는 Neuromodulation 기술, 2) 편의성을 극대화 해 사용량을 증가 시킬 수 있는 Bio-Electronics와 같은 소형화 기술, 그리고 3) 대규모 임상 데이터가 처리되어 효능과 서비스 수준을 높일 수 있는 플랫폼 기술의 융합이 필요하다.

1. Neuromodulation 기술을 이용한 실질적인 효능의 제공

최근 뇌 질환 개선, 뇌 기능 향상이라는 직접적인 효능을 제공할 수 있는 기술들의 임상 및 상용화가 서서히 시작되고 있는 것으로 보인다.

Soterix^[12]는 Neuromodulation을 전통적인 의료기기의 형태로 개발하는 회사로써, 미국에서 자사의 기기를 이용하여 우울증 치료, 통증 완화에 대한 임상을 진행하고 있다. Thync^[13]라는 업체는 일반인을 위한 Wearable Brain Healthcare 기기를 개발하는 것으로 알려져 있다. 일반인 대상의 대규모 임상을 통해 Energy, Relax 두 가지 상태로 즉각적으로 기분을 전환

Wearable Brain Healthcare의 한계인 효용 가치의 부재를 보완하기 위해서는 1) tDCS와 같은 직접적인 효능을 줄 수 있는 Neuromodulation 기술, 2) 편의성을 극대화 해 사용량을 증가 시킬 수 있는 Bio-Electronics와 같은 소형화 기술, 그리고 3) 대규모 임상 데이터가 처리되어 효능과 서비스 수준을 높일 수 있는 플랫폼 기술의 융합이 필요하다.

시킬 수 있는 기술을 보유하고 있으며 130억의 대규모 투자를 받은 것으로도 유명하다.

한국의 Ybrain^[14]은 치매 및 치매의 전단계인 경도인지 장애의 증상을 완화하는 Yband <그림 2>의 임상을 진행 중이다. Yband는 매일 30분 사용하여 특정 뇌 기능을 활성화하고 모든 사용 기록이 자동으로 관리되는 세계 최초의 Wearable Medical Device이다. Ybrain의 기술은 Neuroimaging과 Neuromodulation을 결합하여 뇌 상태를 분석하고 뇌 기능을 동시에 조절할 수 있는 특징이 있다. 최근에는 우울증을 비롯한 다양한 뇌 질환의 조절을 목표로 임상시험을 확대하고 있다고 알려져 있다.

세 회사 모두 최근 3년 내에 투자, 임상, 상용화 추진

이 이루어져 Neuromodulation 기술을 기반으로 한 새로운 시장이 형성될 것으로 보이며 기존 Neuroimaging에서 부족했던 효용 가치에 대한 부분을 상당부분 보완할 수 있을 것으로 기대된다.

2. Wearable을 넘어 Bio-Electronics로

비침습적 뇌파 측정 및 사용자 활동 시간 만성/급성 뇌질환의 발병 여부, 예측, 예후를 위한 상시 모니터링의 필요가 증가하고 있으나, 최근 등장하고 있는 생체 신호 측정 제품들은 활동이 불편하고 몸의 다양한 움직임에 반응을 할 수 없는 한계가 있다. 예를 들어, 현재 널리 쓰이는 뇌파측정 장치는 습식전극이므로 탈부착 시간이 길고, 측정 후 반드시 머리를 감아야하는 등 하드웨어 플랫폼의 수많은 한계점이 있다. 신호의 크기가 매우 작은 생체신호의 효율적 측정을 위해 피부와 접촉면을 늘리고, 전극과 피부사이의 계면 임피던스를 최소화 하려는 노력이 지속적으로 시도되고 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위한 방법으로 최근에는 생체에서 영감을 얻어 위와 같은 전자기기에 적용하는, 즉, 기존의 사출식 웨어러블 디바이스가 아닌 아주 얇고 탄력있는 박막을 기반으로 피부 굴곡 및 다양한 움직임에 따라 기기 자체적으로 피부와 맞춰 3차원적으로 휘어지고 늘어날 수



<그림 2> 경도인지장애의 증상 완화를 위한 YBand



〈그림 3〉 뇌파 측정을 위한 피부형 전자기기 (epidermal electronics)^[16]

있는 마이크로(micro-) 단위의 전극 크기를 가진 피부 부착형 헬스케어 전자기기에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 한 예로, 미국 일리노이 주립대학 John Rogers 교수팀은 미세전자제어기술(MEMS/NEMS)을 응용하여 ECG, EMG 등의 생체신호를 비침습적으로 측정하고, 온도 센서, 변형센서 등 다양한 센서를 피부형 전자기기^[15]의 형태로 구현하는 하드웨어 플랫폼을 제시하였고, 동일한 방법으로 효율적 뇌파 측정을 위한 전극 구조 〈그림 3〉 또한 구현하였다.^[16]

미세전자제어기술(MEMS/NEMS)은 기존에 존재하던 반도체 공정을 응용할 수 있어 양산 생산성에 장점을 보이며, 실제로 여러 회사에서 이러한 모델을 양산하기 위하여 다양한 시도를 하고 있다.^{〈그림 4〉}

이러한 발전으로 볼 때, 두뇌 웨어러블 디바이스의 궁극적 목표인 실시간 신호 측정 및 진단/치료를 위해, 생체에서 영감을 얻어 제작된 최소 침습 및 주변 환경에 영



〈그림 4〉 미국 MC10의 재택 진단 (Home Diagnosis) 피부형 전자기기^[17]

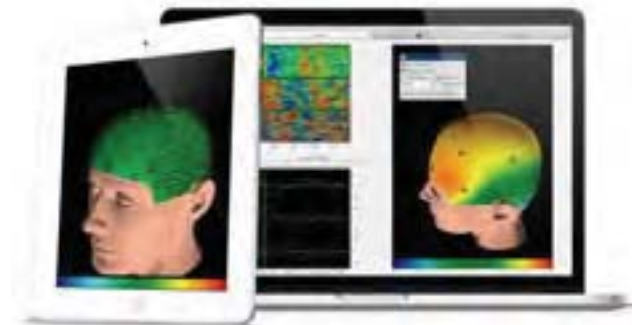
향을 가장 적게 받는 피부 부착형 바이오-일렉트로닉스가 가까운 미래에 생체신호 측정방법에 대한 중요한 기준을 제시할 것으로 예상된다.

3. 더 큰 효능과 더 정확한 진단을 위한

소프트웨어 및 플랫폼

Neuroimaging 또는 Neuromodulation 기술의 상용화와 관련하여 뇌 활동을 더 정확히 분석하고 더 큰 효용을 제공할 수 있는 EEGLab,^[18] OpenViBE,^[19] 그리고 OpenViBE기반의 NeuroRT,^[20] YBrain의 Neurople 플랫폼 등의 소프트웨어 플랫폼 기술 또한 다양하게 개발되고 있다. 본고에서는 실제 디바이스와 연동하여 개발되고 있는 NeuroRT와 YBrain의 Neurople을 중심으로 소개한다.

프랑스의 INRIA를 중심으로 개발된 OpenViBE^[19]는 다양한 두뇌-컴퓨터-인터페이스(BCI)를 사용하여 뇌파 처리 알고리즘 설계 테스트하기 위한 소프트웨어이다. OpenViBE는 위의 그림에서와 같이 실시간으로 뇌파를 수집, 필터링, 처리, 분류, 시각화 할 수 있는 도구



(a) Android 용 NeuroRT Archway



(b) Mensia NeuroRT Server 포함한 전체 아키텍처

〈그림 5〉 Mensiatech가 개발한 OpenViBE기반의 (a) Android 용 NeuroRT Archway, (b) Mensia NeuroRT Server 포함한 전체 아키텍처^[20]

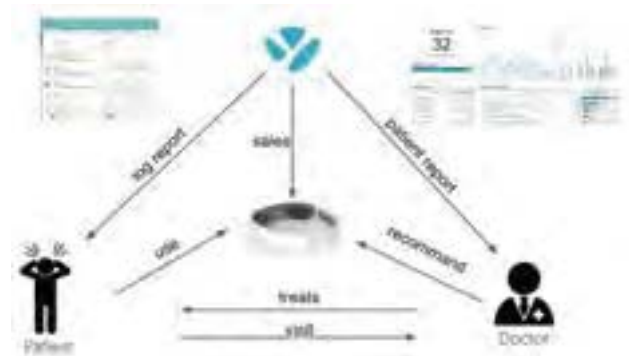


로서 프로그래머부터 의사와 같은 프로그래밍에 친숙하지 않은 사용자까지 활용 가능한 소프트웨어이다. 특히, OpenViBE는 15가지 이상의 다양한 상용화된 BCI EEG 기기들과 호환 가능하며, lua기반 스크립트 언어 지원, Matlab연동 등이 지원된다. Mensia NeuroRT^[20]는 OpenViBE를 기반으로 상용화 시킨 제품으로서 OpenViBE와 유사한 형태에 추가적으로 고급 상용 라이브러리를 제공한다. 더불어, Mensia는 안드로이드에서 EEG분석 서비스를 실시간으로 제공하기 위하여 Android용 모듈인 NeuroRT Archway <그림 5(a)>와 NeuroRT 서버 <그림 5(b)>를 개발하였다.

앞서 소개한 YBrain은 웨어러블 EEG/tDCS를 사용하여, 뇌파를 쉽게 분석할 수 있는 플랫폼을 개발 중에 있다. 뇌 자극 기기 YBand는 별도의 모바일 단말이 없이 동작 가능한 하지만 필요시 의사가 환자의 정상적인 착용 상황 등을 확인하기 위하여 안드로이드 혹은 데스크탑 컴퓨터와 연동 가능하다. 이러한 특징을 기반으로 YBand는 10곳 이상의 국내 대표 의료 기관들과 함께 다양한 임상시험 및 연구를 진행 중이다

현재 개발 중인 YBrain의 EEG/tDCS 장치는 기존의 웨어러블 뇌기기와 달리 뇌 자극과 동시에 EEG 뇌파를 읽어 들일 수 있다. 따라서, EEG신호의 분석 결과에 따른 개인에 최적화된 뇌 자극이 가능하다. 특히, YBrain의 EEG/tDCS장치는 NeuroRT Archway와 연동이 가능하여 추후 개인화 된 뇌자극/분석 기능도 수행 가능할 것으로 예상된다.

YBrain은 웨어러블 뇌기기 뿐만 아니라 2016년 2분기 출시를 목표로 소프트웨어 플랫폼도 함께 개발 중에 있다. YBrain의 소프트웨어 플랫폼이 제공하는 서비스는 뇌 기능 개선을 위한 YBand 관리 서비스와 뇌파 분석 서비스 둘로 나뉜다. 전자의 경우는 <그림 6>에서 볼 수 있듯 YBand의 안전한 사용을 위하여 환자의 YBand 사용 이력을 기록하고 환자의 병원 방문 시나 원격 의료 시 의사가 환자의 YBand의 사용 상황을 지속적으로 체크할 수 있도록 하는 보조기능을 제공한다. 후자의 뇌파 분석 서비스는 의사가 환자의 뇌기기를 활용 중인 환자의 EEG데이터를 수집하여 뇌 상태의 변화를 파악하는 데 도움을 주기 위한



<그림 6> YBrain의 YBand 관리 서비스 플랫폼 사용자 흐름도

보조 수단으로 제공한다. 예를 들어, 경도인지장애 환자의 경우 의사가 YBrain에서 제공하는 EEG 분석 서비스를 활용하여 경도인지장애에서 치매로의 진행 상태를 확률적으로 수치화 내용을 확인하고 의사가 최종적으로 진단을 하는데 보조 수단으로 도움을 줄 것으로 예상된다.

V. 결론 및 향후 전망

급속한 고령화에 따라 뇌 질환과 뇌 건강의 중요성이 대두되고 있는 가운데 전 세계적인 Wearable Brain Healthcare 시장에서 소형화된 Neuroimaging 기술을 시작으로 새로운 제품들이 속속 등장하고 있다. 본 고에서는 증가하는 뇌 질환의 진단과 치료와 관련된 Neuroimaging 및 Neuromodulation 기술에 대해서 살펴보고 있으며 상용화 관련하여 초기 시장 진입에서 효용 가치의 한계를 드러내고 있는 Neuroimaging 기기들의 문제점을 살펴보았다. 향후 Wearable Brain Healthcare 시장에서는 높은 효용 가치의 제공을 위해 실질적인 효능을 갖는 Neuromodulation 기술, 편의성을 극대화 해 사용량을 증가시킬 수 있는 Bio-Electronics와 같은 소형화 기술, 그리고 대규모 임상 데이터가 처리되어 효능과 서비스 수준을 높일 수 있는 플랫폼 기술이 반드시 필요한 것으로 생각된다. 향후 이 기술들의 상용화를 통해 모든 사람들의 뇌를 건강하게 관리할 수 있는 세상이 오기를 기대한다.



참고 문헌

- [1] 뇌미인, 나덕렬 지음, 위즈덤스타일, 2012년
- [2] Besthorn C, et al, Discrimination of Alzheimer's disease and normal aging by EEG data, Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1997 Aug;103(2):241-8.
- [3] World Alzheimer Report, Alzheimer Disease International, 2009
- [4] SBS 뉴스, http://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1001391752
- [5] Demensia : a public health priority, 2012
- [6] 이강수, 서호석, 알츠하이머 치매 치료제: 현위치와 향후 전망, 대한정신약물학회지 2012;23;131-135
- [7] Huettel, Scott A., Allen W. Song, and Gregory McCarthy. Functional magnetic resonance imaging. Vol. 1. Sunderland: Sinauer Associates, 2004.
- [8] NeuroSky, <http://www.neurosky.com>
- [9] Muse, <http://www.choosemuse.com>
- [10] Melon, <http://www.thinkmelon.com/>
- [11] Zeo, http://en.wikipedia.org/wiki/Zeo,_Inc.
- [12] Soterix Medical, <http://soterixmedical.com/>
- [13] Thync, <http://www.thync.com/>
- [14] YBrain, <http://ybrain.com/>
- [15] D.-H, Kim et al. Science 333, 838 (2011)
- [16] J.J.S.N. et al. PNAS vol,112 no. 13, 3920-3925(2015)
- [17] MC10, <http://www.mc10inc.com>
- [18] Delorme A & Makeig S, EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics. Journal of Neuroscience Methods 134:9-21 (2004)
- [19] OpenVIBE, <http://openvibe.inria.fr/>
- [20] Mensiatech, <http://www.mensiatech.com/>



이수지

- 2012년 2월 KAIST 학사
- 2012년 9월 ~ 2014년 8월 서울대학교 석사
- 2014년 8월 ~ 현재 와이브레인

〈관심분야〉

Brain cognitive science, Human Computer Interaction, Pathological brain mechanism, Neuromodulation



김병직

- 2014년 5월 Univ. of Illi, Urbana-Champ. 학사
- 2015년 1월 ~ 현재 와이브레인

〈관심분야〉

Unusual format electronics for biomedical application-flexible and stretchable electronics



이기원

- 2005년 2월 KAIST 학사
- 2007년 2월 KAIST 석사
- 2012년 2월 KAIST 박사
- 2012, 2013 세계인명사전 등재
- 2013년 2월 ~ 현재 와이브레인

〈관심분야〉

Wearable Medical Device, Bio-compatible Materials



김성훈

- 2006년 2월 강원대학교 학사
- 2008년 2월 강원대학교 석사
- 2013년 2월 KAIST 박사
- 2013년 3월 ~ 2014년 7월 KAIST 연구조교수 및
Associate Research Director at AutoID Lab
KAIST
- 2014년 8월 ~ 현재 와이브레인

〈관심분야〉

Distributed Real-time Embedded Systems, Mobile computing, Wireless Networks