

◆특집◆ 바이오메카트로닉스 II

뇌파를 이용한 인간-컴퓨터 인터페이스 기술

황민철*

Brain Computer Interface Technology

Min Cheol Whang*

Key Words : BCI(brain computer interface), interaction, communication, computer

1. 서론

현대는 인간이 기계와 끊임없이 의사소통을 하면서 살아야만 하는 환경에 살고 있다. 인간과 기계간의 의사소통이란 통신개념을 강조한 인터페이스이다. 21세기의 최대의 기술이라고 할 수 있는 컴퓨터는 존재하는 모든 기계를 제어할 수 있는 능력 있는 기기로 발전하였다. 그러므로 컴퓨터를 작동한다면 전 세계에 있는 기계와 환경을 조종할 수 있다고 해도 지나치지 않다.

하지만 인간과 컴퓨터의 의사소통은 서로의 다른 언어체계로 말미암아 중간매체기술이 정의되고 구현되어야만 가능하다. 서로의사를 전달하고 해석하는 기술은 인터페이스 기술이라고 한다. 기계를 조작하는 키보드, 마우스, 조이스틱과 같은 하드웨어 기술과 작업응답을 표현하는 그래픽, 아이콘과 같은 디지털콘텐츠를 디스플레이하는 소프트웨어 기술을 모두 포함하는 기술이다. 이러한 하드웨어와 소프트웨어를 통합하여 사용자가 원하는 작업을 효율적으로 전달하여 컴퓨터로 하여금 그 작업을 하도록 설계 및 구현하는 것이 인터페이스 기술의 목표라고 할 수 있다.

컴퓨터는 CPU와 저장능력이 슈퍼컴퓨터급으로 발전하고 있다. 또한 컴퓨터는 네트워크와 연결이 되면서 잠재적 능력은 수십 수백배로 증가하고 있다. 정보 및 주변기기를 공유하면서 컴퓨터는 인간이 요구하는 어떤 작업도 할 수 있게 되었다해도 과언이 아니다.

네트워크된 컴퓨터는 무선통신 시대가 도래하면서 개념의 변화를 가져왔다. 언제 어디서나 이동하면서 컴퓨터 작업을 할 수 있도록, 컴퓨터 프로세서가 거리나 건축물에 설치되어있는 편재형(ubiquitous)이나 컴퓨터를 옷속에 장치하여 사용하는 착용형(wearable)으로 발전하고 있다. 또한 컴퓨터는 소형화 및 휴대화하도록 작업 중심적 인 모듈 형태로 진분화 되고 있다. 그러므로 컴퓨터는 형태가 없어지고 인간의 실생활에 더욱더 밀착되고 인간 신체 일부처럼 되어 가는 기술적 경향을 보인다.

인간의 생체 시스템이 신체 일부처럼 밀착되어야 하는 기술적 경향은 바이오메카트로닉스의 기반적 기술의 목표가 된다. 센서의 소형화, 신호처리를 위한 소형 프로세서, 생체반응을 탐지를 위한 알고리즘탐재 칩, 신체의 적합한 인베디드 시스템이 필요하기 때문이다.

이러한 컴퓨터 및 바이오메카트로닉스 발달은 인터페이스 기술의 변화를 추구할 수 있게 되었다. 키보드와 마우스를 대체할 만한 음성인터페이스, 펜인터페이스, 트위들러(twiddler)인터페이스, 데이

* 상명대학교 소프트웨어학부
Tel. 02-2287-5293, Fax. 02-379-2777
Email whang@smu.ac.kr
HCI(Human Computer Interface), BCI(Brain Computer Interface), 인간공학, 감성공학에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

터그로브(data glove)인터페이스, 제스처어(gesture), 표정인터페이스등이 최근 개발되고 있는 새로운 인터페이스 기술들이다. 이들 인터페이스 기술 중에 최근 새로운 주목을 받는 것이 뇌 인터페이스이다. 컴퓨터를 인간의 두뇌와 직접 연결하여 컴퓨터와 의사소통하는 것을 말한다.

21세기를 맞이하면서 미국 MIT대학에서 향후 5년간 세상을 변화할 수 신기술 10개중 Brain machine interface(뇌-기계 인터페이스) 기술을 첫 번째로 선정 발표하였다. 이 기술은 생체기술 중에 하나이며 인간의 뇌와 기계를 직접 연결하여 생각되는 대로 기계가 움직이도록 하는 최첨단 인터페이스 기술 및 바이오메카트로닉스 기술이다.

뇌 인터페이스 기술이 주목을 받는 것은 인터페이스의 유연성과 지능성의 특성을 가지고 있기 때문이다. 미래의 컴퓨터는 인간을 좀더 이해하고 반응하는 지능형 컴퓨터로 자리 잡을 것이다. 이러한 컴퓨터와의 인터페이스는 상호반응(Interactive)형이 되어야 한다. 즉 컴퓨터와 사용자가 서로 반응하며 작업이 이루어져야 하는 것이다. 앞서 언급했듯이 일방적인 인터페이스는 작업 지시 후 작업종료까지 사용자의 의도, 의사, 감성, 사용자의 지식 등이 무시되는 것과는 달리 작업 중에도 컴퓨터와의 작업 개입이 가능하게 되는 것이다. 상호반응적인 인터페이스 기술은 뇌 인터페이스를 통하여 컴퓨터의 지능화와 사용자의 유연성을 추구할 수 있다.

뇌에서 계획되며 그것이 음성, 행동으로 전달되어지는 중간 매개체를 제거하고 뇌와 직접 연결하여, 생각만 하여도 컴퓨터가 사용자의 의도를 알고 작업수행을 할 수 있도록 하는 것이 뇌 인터페이스라고 할 수 있다.

2. 뇌-컴퓨터 인터페이스

뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI: Brain Computer Interface)는 인간의 두뇌와 컴퓨터를 직접 연결하여 컴퓨터를 작동하는 인터페이스 기술로 정의하고 있다. 인터페이스 기술은 인간의 뇌에서 구상된 작업을 컴퓨터 알 수 있도록 요청하고 그 결과를 제공 받을 수 있게 하기 위해 발전되어져 왔다. 작업요청은 인간의 손동작에 의해 키보드와 마우스를 조작하여 전달되며, 모니터상의 그래픽과 아이콘, 텍스트가 작업 결과를 제시하여 인간과 컴퓨터의 의사소통이 이루어진다. 이러한 일련의 중간과정이

BCI에서는 사라지게 되고 뇌에서 구상된 작업은 바로 컴퓨터에 전달되고 전달받는 것이다.

BCI의 인터페이스의 미디어(media)는 뇌 활동시 발생하는 두뇌의 뉴런에서 발생하는 신호이다. 이를 뇌파라고 하며 뇌파는 평상시 발생하고 있는 자발뇌파와 자극에 의해 짧은 시간에 유발뇌파가 있다. 자발뇌파는 주파수 도메인에서 주파수별 출현량이 중요하다면 유발뇌파는 시간도메인에서 신호의 진폭의 크기와 시간이 중요하다고 할 수 있다. 지금까지 BCI에 이용하기에 유의미한 주파수밴드는 8-12Hz의 뮤대역과 12-20Hz, 20-30Hz, 13-35Hz의 베타대역이다. 이들 주파수는 주로 동작에 의해 유발된 뇌파이며, 공학적 가치는 동작을 상상만 하여도 동작할 때의 뇌파와 같은 것을 이용하여 동작을 생각하면 컴퓨터에 작동할 수 있도록 하는 것이다. 또한 유발뇌파중 유의미한 변수는 작업 수행후 300msec에서 유발뇌파의 진폭인 P300이다. 표 1은 최근까지 연구된 뇌파변수를 정리한 것이다. 연구자별, 연구방법, 측정위치, 측정점, 분석방법 및 연구결과별로 정리하였다.

뇌파 측정을 위해 센서의 부착위치는 뇌의 모터영역 즉 동작을 관여하는 곳을 대부분 이용한다. 뇌는 그림 1과 같이 감각정보를 인지하는 감각연합피질, 신체동작을 감지하는 일차체감각피질, 운동을 계획하고 지시하는 운동연합피질, 그리고 운동실행을 담당하는 일차운동피질로 나뉘어 각각의 기능을 담당하고 있다.

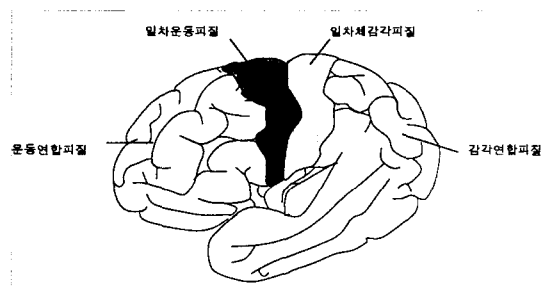


Fig. 1 The structure of cross section of brain

그림 2는 일차운동피질 부위를 수직으로 잘랐을 때의 정면에서 본 그림이다. 뇌의 정수리에서 내려가면서 발목, 무릎, 어깨, 팔, 손, 손가락, 목, 얼굴, 입, 턱, 혀 등의 동작을 관여하는 부위가 정해져 있다. 그러므로 센서의 위치는 어느 신체 부위의

Table 1 BCI를 위한 뇌파변수

Author(s)	Participant(s)	Task(s)	EEG measurement	No. Channel	Electrode locations	Training	Off-line Analysis	On-line Analysis	Accuracy (%)
¹⁾ Hiraiwa, Shimohara & Tokunaga (1990)	1	<ul style="list-style-type: none"> task 1: syllable pronunciation (a, i, e, o, u) task 2: joystick movement (up, down, right, left) 	<ul style="list-style-type: none"> RP 0.5 - 15 Hz measured 30 times 	12	FP1, FP2, F7, F8, C3, C4, T5, T6, O1, O2, FZ, PZ	N	<ul style="list-style-type: none"> averaged NN (back-propagation) 24 input layers (12 ch. x 2 averages (30 RPs each task)) 	<ul style="list-style-type: none"> non-averaged Y 	<ul style="list-style-type: none"> task 1: 16/30 correctly recognized (a: 5/6, i: 2/6, u: 5/6, e: 1/6, o: 3/6) task 2: 23/24 correctly recognized on-line: 10/10
²⁾ Kalcher, Flotzinger, Neuper, Golly & Pfurtscheller (1996)	4 (1F, 3M), all right-handed, 23-27 yrs	<ul style="list-style-type: none"> task 1: limb movement task 2: limb moving imagination (4 limbs) 	<ul style="list-style-type: none"> ERD/ERS For task 1, EEG recorded during movement preparation 	6 (bipolar)	C3/C3', CZ/CZ', C4/C4'	Y	<ul style="list-style-type: none"> LVQ (5.3-35Hz or filtered (10-12 Hz, 20-24 Hz)) 	<ul style="list-style-type: none"> LVQ (5.3-35Hz, 3250-4250ms) 	<ul style="list-style-type: none"> 40 - 60% (online), 40 - 75% (offline)
³⁾ Keirn & Aunon (1990)	5 (1F, 4M), 21-48 yrs	<ul style="list-style-type: none"> multiplication, figure rotation, letter composition, visual counting 	<ul style="list-style-type: none"> Asymmetry ratio 	7 ch	O1, O2, P3, P4, C3, C4	-	<ul style="list-style-type: none"> Bayes quadratic classifier, & W-K method 	-	<ul style="list-style-type: none"> 95 - 98% (2s & single), 82 - 95% (2s & combined), 97 - 99% (0.25s & single) and 82 - 89% (0.25s & combined)
⁴⁾ Keirn & Aunon (1990)	5 (1F, 4M), 21 - 48 yrs	<ul style="list-style-type: none"> multiplication, figure rotation, letter composition, visual counting 	<ul style="list-style-type: none"> Asymmetry ratio 	7 ch	O1, O2, P3, P4, C3, C4	-	<ul style="list-style-type: none"> Bayes quadratic classifier, W-K method, Burg method (spectrum & AR coefficients) 	-	<ul style="list-style-type: none"> 95.5 - 98% (2s & single), 84.7 - 95% (2s & combined), 96 - 98% (0.25s & single) & 82.3 - 89% (0.25s & combined)
⁵⁾ Kühlman (1978)	14 (8 normal & 6 epileptic patients)	<ul style="list-style-type: none"> Hand movement & visual stimulation 	<ul style="list-style-type: none"> α, μ 	8 ch	Cz, C3, F3, P3	-	<ul style="list-style-type: none"> FFT 	-	-
⁶⁾ McFarland et al. (1993)	4	<ul style="list-style-type: none"> cursor movement (up & down) 	<ul style="list-style-type: none"> μ rhythm 	? (bipolar)	anterior and posterior to C3	Y	<ul style="list-style-type: none"> n/a 	<ul style="list-style-type: none"> FFT 	<ul style="list-style-type: none"> 39.1 - 75 (Hit ratio)
⁷⁻⁹⁾ Pfurtscheller et al. (1994)	-	<ul style="list-style-type: none"> Movement of hand, foot, & tongue 	<ul style="list-style-type: none"> ERD/ERS 	56 ch	Post & precentral	-	<ul style="list-style-type: none"> LVQ, Power time estimation, & topographical patterns 	-	<ul style="list-style-type: none"> In 2-class : 75-83% (10-12Hz), 81-82% (38-40Hz) & 87-89% (all band) in 4-class : 51-59% (10-12Hz), 40-49%(38-40Hz), 62-70% (all bands)
¹⁰⁾ Pfurtscheller, Flotzinger, Pregenzer, Wolpaw & McFarland (1996)	3	<ul style="list-style-type: none"> cursor movement (up & down) 	<ul style="list-style-type: none"> ERD 	64 ch	sensorimotor cortex	Y	<ul style="list-style-type: none"> n/a 	<ul style="list-style-type: none"> Power spectra, DSLVQ, ERD maps & time courses 	<ul style="list-style-type: none"> 66.3 - 76.8%
¹¹⁾ Wolpaw, McFarland, Neat & Forneris (1991)	5 (1F, 4 M)	<ul style="list-style-type: none"> cursor movement (up, down) 	<ul style="list-style-type: none"> μ rhythm 	Unipolar	C3 or C4	Y	<ul style="list-style-type: none"> n/a 	<ul style="list-style-type: none"> μ rhythm amplitude 	<ul style="list-style-type: none"> 80-95% (10 - 29 hits/min)
¹²⁾ Wolpaw & McFarland (1994)	5 (2F, 3M)	<ul style="list-style-type: none"> cursor movement (up, down, left, right) 	<ul style="list-style-type: none"> μ rhythm 	2 ch (bipolar)	FC3/CP3, FC4/CP4	Y	<ul style="list-style-type: none"> n/a 	<ul style="list-style-type: none"> FC-CP, FC-CP 	<ul style="list-style-type: none"> 40 - 70%

동작을 원하느냐에 따라 센서의 부착위치가 결정되는 것이다.

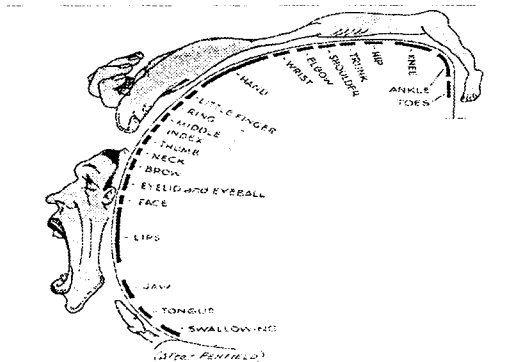


Fig. 2 Control areas of brain for movements of body parts

BCI를 위해 요구되어지는 시스템은 센서, 신호 수집 및 분석을 위한 A/D 보드, 마이크로프로세서, 신호증폭기, 신호처리프로그램, 변수를 통한 동작 예측 알고리즘이 필요하다. 이외에도 뇌파는 노이즈에 민감하므로 노이즈 제거 대책이 강구되어야 한다.

3. 뇌-컴퓨터 인터페이스의 기술동향

BCI기술은 재활치료, 컴퓨터, 게임, 로봇등 다양한 분야에서 개발하고 있고 기술적 수준은 초보적 단계를 탈피하는 단계라고 볼 수 있다. 국내의 미약한 BCI 기술수준을 크게 앞서나가기 시작했다. 이러한 현상은 최근 5-10년 사이에 이루어진 일이다.

Duke대학의 신경학자인 Miguel Nicolelis는 뇌의 뉴런에서 신호를 측정하여 동작으로 변환할 수 있는 로봇개발을 하고 있다. 이것은 뇌의 동작제어 기능을 직접 로봇에 연결하여 로봇의 동작을 할 수 있도록 한 것이다. 뇌-로봇 인터페이스 기술은 기존 로봇시장의 단순한 동작과 반복임무의 초보적 시장을 탈피하는 데에 중요한 역할을 하고 있다. 뇌-로봇 인터페이스 기술은 인간의 지루한 잡무를 지능적으로 대신하는 확실한 시장을 창출할 것이다.

미국 로체스터 대학에서는 리모콘 없이 가정용 음향기기를 제어하는 연구를 하고 있다. 원하는 음향조절과 음향효과를 생각만 하여도 제어가 되는

뇌-가정전자기기 인터페이스 기술의 프로토타입을 구현중이다. 미래에는 앉은자리에서 같은 음악을 다양한 음향을 조절하면서 다양한 음악체험을 할 수 있을 것이다. 또한 음향기기를 생각하는 기계를 발전시킬 전망이다.

또한 이 대학에서는 다양한 뇌 인터페이스 기술을 시도하고 있는 데, 긴급상황에서 브레이크 페달을 작동하는 시스템, 뇌와 컴퓨터를 연결하여 컴퓨터로 작동중인 주변기기를 제어하는 시스템, 실제 물건의 느낌을 모사한 글로브(glove)와 같이 현실세계의 감각을 모사한 도구등이 개발되고 있다. 물론 이러한 기술과 시스템 개발은 초보적 수준을 유지하고 있지만 미래의 인터페이스 기술이 경향을 잘 대변해 주고 있다고 볼 수 있다.

뉴욕 주립대학의 Wolpaw교수의 실험실은 뇌 신호를 이용하여 컴퓨터 커서를 좌우상하를 이동시키려는 연구를 진행하고 있다. 동원된 피 실험자는 일주일부터 한달까지 뇌파를 이용하여 커서를 움직이도록 biofeedback장치 훈련과정을 거치고 난후 커서이동을 가능하게 하였다. 이 연구는 훈련기간이 필요하다는 면에서 실용성이 부족하지만 뇌 신호를 이용한 컴퓨터 커서를 통한 컴퓨터 작동 면에서 의미가 크다.

미국 조지아 주립대학은 신체장애자의 사지를 뇌로 제어하는 인터페이스 기술을 개발 중이다. 손, 발, 입, 머리 등의 동작을 담당하는 뇌의 뉴런위치에 정확히 센서를 부착하여 뇌의 동작명령을 개발된 인공팔에 전달되어 동작할 수 있도록 하는 것이다. 현재 왼손이 두 개골을 열어 뇌를 로봇팔과 연결하여 팔목할 만한 연구성과를 올리고 있다. 미래에는 적어도 신체장애자의 신체적 능력은 더 이상의 신체장애가 아닌 시대가 도래할 것이다.

뇌인터페이스 기술은 신체장애자의 기능회복으로 끝나지 않는다. 미국의 뉴로 컨트롤(Neuro Control)사의 프리핸드(Free Hand)는 마비환자를 위한 것이다. 전기자극 장치를 근육에 부착하여 명령을 내리면 마비부위가 원하는 대로 움직이게 하는 시스템이다. 근육에 전기적 자극을 주도록 명령을 내리는 장치는 컴퓨터이고, 이 컴퓨터는 휠체어에 부착되어 있거나 옷속에 감춰져 있으며 무선으로 근육 속에 이식된 장치에 명령을 보내는 장치이다. 이제는 생각만 해도 팔다리를 움직일 수 있는 기술적 향상을 보게 된 것이다.

최근 미국의 에모리(Emory)대학의 로이 바케이

와 필립 케네디 박사는 볼펜 끝 크기만 한 오목한 유리콘(glass cone)을 개발했다. 이것을 뇌운동 피질(운동을 명령하는 뇌부위)에 이식하여 뇌와 컴퓨터의 교신을 가능할 수 있도록 하고 있다. 이 유리콘은 뇌신경세포의 성장을 자극하는 물질이 포함되어 있다. 신경세포가 유리콘 속으로 성장하고 나면 환자는 여러 신경부위를 움직이는 생각을 반복해서 동작별 뇌파를 유리콘에 연결된 뇌파전극에 전달한다. 뇌파전극은 두피에 부착된 것으로 컴퓨터와 직접 연결되어 있다. 최종적으로 유리콘에서 포착된 뇌활동이 컴퓨터로 전달되는 것이다. 이것은 인간의 생각이 컴퓨터로 전달되며 컴퓨터는 인간의 생각을 읽게 되는 것이다. 현재 이 실험에 참여한 전신마비환자는 컴퓨터를 통해서, “애기가 재미있어”, “나중에 봐”, “배가 고프다”, “목이 마르다” 등의 기본 메시지를 전달할 수 있게 되었다. 이 연구는 궁극적으로 사람이 생각만으로 편지를 쓰고 전자메일을 보내고 주변기기를 제어하고 하는 일을 할 수 있게 하는 것이다. 뇌-컴퓨터 인터페이스의 기술은 더 이상의 공상소설에서 나오는 가상기술이 아닌 것이다. 상당부분이 기술적인 진보가 이루어지고 있는 셈이다.

미국의 브랜다이스 대학(Brandeis University)에서는 비디오 게임을 하는 10대들의 뇌파를 측정하여 뇌의 활성 정도에 따라 간질을 진단하는 시스템을 개발하고 있다. 게임을 하면 게이머의 기억 작용기작(mechanism)을 관찰하면서 간질 발작에 관련 있는 측두엽을 활성정도를 뇌파로 측정하는 것이다. 측두엽은 기억과 관련 있기 때문이다. 간질증세가 있는 10대에게 비디오 게임을 즐기게 하면서 동시에 뇌파를 측정하면 기억과 관련된 뇌의 부위를 찾아서 간질 치료 방법을 개발하는 것이다. 이 시스템은 뇌파를 이용하여 게임을 응용하는 시스템으로 향상시킬 수 있는 가능성을 보여 주고 있으며 발견된 기억관련 작용기작은 게임의 중요한 요소로 이용될 전망이다.

뇌파를 청각이나 시각을 통해 뇌파를 유발하는 훈련을 통해 집중력이나 안락감을 유도하여 교육에 응용하는 시스템이 개발되고 있다. 명상, 클래식 음악, 음악감상등 일정 주파수의 소리를 발생시켜 뇌의 안정파인 알파나 세타파를 유발하여 집중력을 극대화 하거나 스트레스를 해소시키는 시스템을 개발했다. 이것은 신경반응반사(neurofeedback) 요법으로 뇌파 훈련을 시켜 게임에 몰입하게 함으로써

집중력을 향상시키거나 스트레스를 푸는 시스템이다. 국내 게임 상품중 이런 개념을 도입한 게임이 있다. 대양이앤씨의 엠씨스케어, 마이홈 삼육오의 인터넷 뇌파학습기등이 게임을 통한 뇌파 학습기라고 볼 수 있다. 이것은 뇌를 훈련시키기 위해 게임을 이용하는 시스템이다.

뇌파를 이용하여 뇌의 특정 주파수 대역을 감지하여 활성화를 확인하여 게임의 인터페이스 모듈을 구동하여 게임을 진행시키는 게임기를 개발하고 있다. 이것은 신경전달반사(neuroforward)방식으로 뇌파의 신호가 주요한 인터페이스 수단이 되는 것이다. 미국의 East3사가 개발한 3D pong 게임은 가상 현실에서 화면의 방망이로 야구공을 뇌파로 치는 것이나 IBVA에서 개발한 가상현실에서 뇌파를 이용한 게임시스템(그림 3)이 대표적인 사례이다. 국내에서는 창세에서 개발한 뇌파로 화살을 과녁에 맞추는 것도 이에 속한다. 이외에서 게임 캐릭터나 게임에 적용될 슈터(shooter) 구동을 뇌파로 구동하는 연구가 진행중이다.

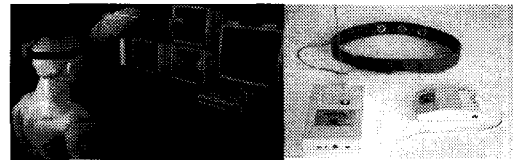


Fig. 3 EEG game system of virtual reality developed by IBVA

4. 뇌-컴퓨터 인터페이스 실용화를 위한 기술적 과제

BCI를 통한 게임인터페이스 측정장비의 소형화 및 휴대화가 선행되어야한다. BCI 게임 인터페이스 시스템은 측정 센서, 데이터 처리보드, 신호처리시스템, 데이터베이스 등의 시스템이 통합화되어야 하며 각각의 구성요소가 소형화가 되어야 한다. 착용형(wearable)이거나 신체 부착형으로 구축되어야 한다. 동시에 사용자가 측정 장비에 대한 착복이나 부착의 부담감이나 짜증을 유발하지 않도록 신체적 합성이 있어야한다. 데이터 처리속도가 신속하여야 한다. 뇌파는 0.1-100Hz의 주파수 대역을 가지고 있으므로 데이터 샘플링과 FFT가 일정량의 데이터가 쌓여야 데이터의 안정성을 보장할 수 있도록 데이터 수집에 시간을 요하는 제한성을 극복할 수 있는

신호처리 기법이 개발되어야 한다.

최근 미국에서는 와이어드 웨어러블즈(Wired Wearables)를 개발하고 있다. 이것은 컴퓨터 선이 옷안으로 마음속으로 연결되는 것이다. 심지어는 우리들의 감각이 증폭되어 컴퓨터에 전달되어 질 수 있게 만드는 것이다. 옷속에 모든 컴퓨터의 장치가 인터페이스의 장치는 뇌로 연결되어 있도록 하는 것이다. 소요되는 컴퓨터 동력은 인간의 육체적인 일이나 힘으로 발생된 동력으로 해야 할 것이다.

BCI의 기술적 애로사항의 중에 중요한 것은 뇌 신호를 측정할 수 있는 전극이다. 기존 전극은 cup 전극형으로 전해물질인 paste를 묻혀서 사용하기 때문에 측정자의 측정 부담감이 있다. 최근 뇌 신호 측정을 위한 PCM(printed circuit micro-electrode)가 제안되고 있다. 이것은 UV에 민감한 유리나 플라스틱 필름(plastic film)으로 마스크(mask)를 만들어서 피부에 직접 부착되는 접합부, 신호를 읽을 수 있는 회로, 와 입출력을 위한 마이크로 프로세서가 내장되도록 하여 뇌 신호를 측정할 수 있는 측정 시스템을 얇은 막으로 쉽게 부착할 수 있도록 하는 시스템을 구현해야 한다.

또한 뇌 신호는 뇌에서 경막, 두개골, 피부를 거치면서 뇌 신호의 왜곡현상을 피할 수 없게된다. 순수한 뇌 신호를 획득하기 위해서는 뇌신호를 포착할 수 있는 전극의 새로운 어레이디자인(array design)이 필요하다. 측정전극을 일정간격을 두어 매트릭스(matrix)형태의 전극을 배치하고 뇌 신호 측정을 향상시킬 수 있도록 해야한다.

전극을 뇌에 직접 이식하는 방안도 강구되어야 한다. 중증 신체장애자 대상으로 뇌신호 측정 전극을 이식하는 시도를 하고 있다. 인체에 전혀 무해하면서 뇌 신호를 외부 컴퓨터와 직접 연결할 수 있는 시스템과 전극재료를 연구하고 있다. 최근 현재 사용하고 있는 테프론(Teflon)을 입힌 스테인레스강 전극대신 몸속에서 오래 견디고 안전한 물질이 개발되어야 한다. 또한 전극이 이식된 사람이 자는 동안이나 특수한 상황에서는 작동하지 않도록 이중안전장치를 만들어야 한다. 최근 PRONG이란 6채널 PCM이 개발되어 청각 장애자에게 청각신경에 이식하여 사용하고 있는 Ineraid Multichannel Cochlear Implant는 뇌-컴퓨터 인터페이스를 한발 앞당기는 중요한 방향성을 제시한다고 해도 과언이 아니다.

뇌신호는 개인마다 다른 특성을 가지고 있다. 유발된 뇌파 또한 같은 동작이나 집중이라 하더라도 개인마다 활성화 정도가 다른 경향을 가지고 있다. 이를 극복하기 위해 철저한 데이터 베이스의 개인화가 필요하다. 개인적 특성이 잘 반영된 변수 변화 경향이 BCI에 적용되어야 할 것이다. 철저히 개인적인 기술, 선호, 지식등이 통합된 개인데이터 베이스 효율적으로 구축되고 운용된다면 BCI 더욱 더 향상되고 현실화 될 것이다.

5. 결론

분명히 BCI는 몇 년전만 해도 꿈의 기술이었다. 최근의 BCI를 통한 게임 인터페이스기술이 현실화되기 시작했다. 그 응용분야는 인간이 컴퓨터화 된 환경에 사는 한 무궁무진한다. BCI인터페이스기술은 초기수준을 벗어나려는 기술적 혁신기를 맞이하기 시작한 것이다. 점차적으로 BCI의 자율성, 유연성, 그리고 흥미성은 컴퓨터산업 및 엔터테인먼트 산업에 전반에 흡수될 전망이다. 인터페이스를 혁신하여 제품의 국제적 경쟁력을 구가하려고 한다면 눈앞에 다가온 BCI 기술을 체계적 개발이 시도해야 할 것이다. 머지않아 생각만으로 컴퓨터를 구동할 수 있는 시대가 곧 도래하기 때문이다.

이를 위한 기술적 애로사항은 바이오패시브가 극복해야 할 기술적 과제이다. 센서의 이식화, 측정시스템의 소형화, 데이터처리속도, 개인화를 데이터 베이스화등이다. 센서는 뇌속에 이식화 되는 것이 진행되고 있으며 칩(chip)화 되고 있다. 이러한 센서는 부착된다는 부담감과 불편함을 최소화 또는 제거하고 있다. 측정 시스템은 착용화(wearable)또한 신체에 부착화할 수 있도록 소형화 하거나 휴대화 하도록 하였다. 소형화 시스템은 좀더 유연하여서 부드러운 섬유나 피부에 적합하도록 디자인하고 있다. 데이터 처리속도도 새로운 신호 처리 기법과 빠른 마이크로 프로세서를 이용하여 속도를 향상시키고 있다. 개인적인 특성은 개인적인 뇌파의 특성을 고려된 데이터가 적절히 관리되고 운용되는 데이터베이스에 의해 파악, 관리, 운용되고 있다. 해결하려는 노력은 세계 각국 BCI 실험실에서 시도되고 있으며 부분적인 성과가 발표되고 있는 실정이다.

인간의 뇌를 정복하는 인터페이스, 이 기술은 게임 뿐 아니라, 문화, 의료, 교육, 스포츠, 완구, 컴

퓨터등 산업전반에 기초기술로 자리 매김을 할 것이며 이를 통한 부가가치 창출은 무한하다고 볼 수 있다. 앞으로 BCI는 국가의 경쟁력 있는 기초 기반 기술을 임을 확신하며 이 기술 개발의 국가적인 규모로 조직적이고 체계적인 연구개발이 이루어져야 한다고 사료된다.

참고문헌

1. Hiraiwa, A., Shimohara, K. & Tokunaga, Y., "EEG topography recognition by neural network," IEEE Engineering in Medicine and Biology, 9(3), pp. 39-42, 1990,
2. Kalcher, J., Flotzinger, D., Neuper, Ch., Golly, S. & Pfurtscheller, G., "Graz brain-computer interface II : towards communication between humans and computers based on online classification of three different EEG patterns," Medical & Biological Engineering & Computing, pp. 34, 382-388, 1996.
3. Keirn, Z. A. & Aunon, J. I., "A new mood of communication between man and his surroundings," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 37 (12), pp. 1209-1214, 1990a.
4. Keirn, Z. A. & Aunon, J. I., "Man-machine communciations through brain-wave processings," IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 9, pp. 55-57, 1990b.
5. Kuhlman, W. N., "Functional topography of the human mu rhythm," Electroencephalography and clinical Neurophysiology, 44, pp. 83-93, 1978.
6. McFarland, D. J., Neat, G. W., Read, R. F. & Wolpaw, J. R., "An EEG- based method for graded cursor control," Psychobiology, 21 (1), pp. 77-81, 1993.
7. Pfurtscheller, G., Flotzinger, D. & Neuper, C., "Differentiation between finger, toe and tongue movement in man based on 40Hz EEG," Electroencephalography and clinical Neurophysiology, 90, pp. 456-460, 1994a.
8. Pfurtscheller, G. & Neuper, C., "Event-related synchronization of mu rhythm in the EEG over the cortical hand area in man," Neuroscience Letters, 174, pp. 93-96, 1994.
9. Pfurtscheller, G., Pregenzer, M. & Neuper, C., "Visualization of sensorimotor areas involved in preparation for hand movement based on classification of μ and central β rhythms in single EEG trials in man," Neuroscience Letters, 181, pp. 43-46, 1994b.
10. Pfurtscheller, G., Flotzinger, D., Pregenzer, M., Wolpaw, J. R. & McFarland, D., "EEG-based brain-computer interface (BCI) : search for optimal electrode positions and frequency components," Medical Progress through Technology, 21, pp. 111-121, 1996a.
11. Wolpaw, J. R., McFarland, D. J., Neat, G. W. & Forneris, C. A., "An EEG-based brain-computer interface for cursor control," Electroencephalography and clinical Neurophysiology, 78, pp. 252-259, 1991.
12. Wolpaw, J. R. & McFarland, D. J., "Multichannel EEG-based brain- computer communication," Electroencephalography and clinical Neurophysiology, 90, pp. 444-449, 1994.