



콘솔 전쟁을 통해 본 생체신호를 활용한 게임 인터랙션 감성 기술 동향

임익수 (KAIST), 우탁 (경희대학교)

1. 미래를 여는 콘솔 전쟁의 시작

7년 만에 등장한 새로운 게임콘솔에 전 세계의 게임유저들의 관심이 집중되고 있다. 지난해 닌텐도의 Wii U의 등장과 함께 시작된 차세대 콘솔 경쟁은 소니(Sony)의 플레이스테이션4(Playstation 4)과 마이크로소프트(Microsoft)의 엑스박스 원(Xbox One)의 출시로 3파전이 되면서 더욱 치열한 양상을 보이고 있다. 이제 본격적으로 차세대 콘솔의 왕좌를 가리는 콘솔전쟁(Console Wars)이 시작된 것이다.

콘솔 전쟁(Console Wars)이라는 말은 원래 1990년대 게임기 시장 판매량 1위를 놓고 당시 1위인 닌텐도의 슈퍼패미컴(Super Famicom)¹⁾과 새롭게 출시된 세가의 메가 드라이브(Mega Drive)²⁾ 사이에 벌어졌던 치열한 비교경쟁을 의미한다[1]. 세가의 “제네시스는 닌텐도가 할 수 없는 것을 합니다!(Genesis does what nintendon’t)” 라는 광고 문구는 닌텐도를 향한 콘솔 전쟁의 선전포고 할 수 있다. 이후부터 새롭게 출시된 게임콘솔 사이에 판매량 1위를 놓고 벌어지는 경쟁을 콘솔전쟁으로 부르게 되었다.



[그림 1] 콘솔 전쟁에 불을 붙인 세가의 제네시스 광고

1) 북미에서는 SNES(Super Nintendo Entertainment System, 슈퍼 닌텐도 엔터테인먼트 시스템), 한국에서는 현대전자의 슈퍼컴보이로 발매됨.
 2) 북미에서는 Sega Genesis, 한국에서는 삼성전자의 슈퍼알라딘보이로 발매됨.

새롭게 시작된 콘솔 전쟁은 한마디로 지난 콘솔 전쟁에서 압도적인 승리를 거둔 닌텐도가 위 유(Wii U)를 통해 왕좌를 지킬 수 있을지 아니면 마이크로 소프트나 소니가 새롭게 왕좌를 차지 할 수 있을 것인지를 보는 것이라고 할 수 있다. 여기에 전 세계에서 가장 강한 게임 플랫폼인 스팀(Steam)을 서비스 하는 밸브 코퍼레이션(Valve Corporation)까지 스팀머신(Steam Machine)을 통해 콘솔 진출을 예정하고 있어, 이번 차세대기 콘솔전쟁은 유례없는 4파전이 될 가능성이 높아지고 있다.

현재까지의 전쟁 결과를 보면 닌텐도의 위 유 가 시장선점 효과를 누리면서 왕좌의 자리를 지키고 있는 가운데 소니가 그 뒤를 바짝 추격하는 모습을 보여주고 있다. 평균 5년 이상 길게 진행되는 콘솔 전쟁의 특성상 현재의 결과만으로 이번 전쟁의 승자를 속단하기는 이르다.

Console	2010	2011	2012	2013	Lifetime
Wii U	-	-	2,247,216	2,241,455	4,488,671
	-	-	100.0%	34.7%	51.6%
PS4	-	-	-	2,379,547	2,379,547
	-	-	-	36.8%	27.3%
XBOX ONE	-	-	-	1,836,387	1,836,387
	-	-	-	28.4%	21.1%
Total	-	-	2,247,216	6,457,389	8,704,605

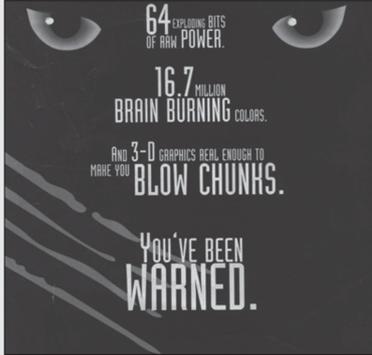
[그림 2] 8세대 비디오 게임 콘솔 판매량 (2013년 12.17일 기준, 출처 : vgchartz.com) [2]

2. 비트에서 체감으로 게임기술 패러다임의 변화

전쟁은 과학기술을 엄청나게 발전시키는 것처럼 콘솔 전쟁도 경쟁을 통해 게임 기술의 발전을 이끈다. 뿐만 아니라 콘솔전쟁의 결과는 게임기술이 추구하는 방향을 변화시키기도 한다. 지난 세대 콘솔 전쟁은 닌텐도 위(Wii)의 승리는 기술 발전의 방향을 ‘비트(Bits)’로 대표되는 처리성능 경쟁에서 ‘체감’으로 대표되는 감성으로 변화하게 만들었다.

닌텐도 위(Wii)의 성공 이전까지 콘솔전쟁에서 게임기술의 경쟁은 하드웨어 성능 중심이었다. 특히 그래픽 처리 능력과 사운드를 성능을 중심으로 경쟁하곤 했다. 이러한 경쟁은 게임 콘텐츠의 대부분이 화면 소리등과 같은 시각과 청각에 기반을 두었다는 점에서 효과적인 것으로 여겨져 왔다. 또한 인간의 몰입경험에 있어 80%이상은 시각에 의존하고 있다는 것도 그래픽 성능 중심의 경쟁에 충분한 당위성을 가져다주었다. 그 결과 게임콘솔의 그래픽 처리 성능은 발매 당시의 하이엔드 PC를 뛰어 넘었으며, 게임 콘솔은 최고의 성능을 가진 게임 플랫폼이 되었다. 게임 콘솔을 홍보하는 광고는 콘텐츠보다 [그림3]에서처럼 하드웨어 성능을 강조하였으며, 성능을 강조하는 마케팅이 활발하였다. 심지어 처리성능 경쟁이 시들해진 지난 세대의 콘솔 전쟁에서도 소니는 플레이스테이션을 병렬로 묶어 슈퍼

컴퓨터를 만드는 ‘플레이스테이션 클러스터(Playstation Cluster)’를 추진함으로써 성능 중심의 게임 기술 경쟁을 펼치기도 하였다.



〈Atari Jaguar 광고〉



〈Playstation Cluster〉

[그림 3] 게임콘솔의 성능을 강조하는 마케팅 사례

그래픽 성능 중심의 기술 경쟁은 닌텐도 Wii의 성공을 통해 큰 변화를 맞이하였다. 닌텐도 위(Wii)는 출시 전 발표된 하드웨어 성능이 경쟁 제품에 비해서 많이 낮았기 때문에 가장 먼저 경쟁에서 탈락 할 것으로 예상 되었다. 그러나 콘솔 전쟁 결과 이러한 예측은 빗나가 버렸다. 지난 콘솔 경쟁에서 [그림 4]에서 보이는 것처럼 닌텐도 위(Wii)는 1억대 넘게 팔렸으며, 경쟁제품들 보다 최소 2000~3000만 대가 더 판매 되었다.

Console	2010	2011	2012	2013	Lifetime
PlayStation 3	13,753,964 31.1%	14,610,945 36.6%	12,599,245 43.5%	7,808,339 53.1%	81,166,157 31.0%
Wii	17,257,387 39.0%	11,522,685 28.8%	5,246,228 18.1%	1,770,680 12.0%	100,445,139 38.4%
Xbox 360	13,253,914 29.9%	13,808,365 34.6%	11,097,669 38.3%	5,120,335 34.8%	79,987,448 30.6%
Total	44,265,265	39,941,995	28,943,142	14,699,354	261,598,744

[그림 4] 7세대 비디오 게임 콘솔 판매량 (2013년 12.17일 기준, 출처 : vgchartz.com) [2]

지난 세대의 콘솔전쟁에서 닌텐도 위(Wii)가 승리하는데 가장 큰 역할을 한 것은 가속도센서를 이용해 동작인식을 할 수 있도록 한 게임 컨트롤러 ‘위 리모트(Wii Remote)’ 라고 할 수 있다. 동작 인식이 가능한 게임 컨트롤러는 기존에 게임 패드와 TV를 통해 눈으로만 즐기는 게임에서 누구나 쉽게 몸으로 즐길 수 있는 게임으로 변화 시켰다. 동작 인식을 통해 평상시에 게임을 즐기지 않는 사람까지도 부담 없이 게임을 플레이할 수 있게 만들어 줌으로서, 게임 콘솔 시장에 신규 사용자의 유입과 폭발적인 성장을 가져 왔다. 게임 콘솔 시장에 신규 사용자가 유입되면서 게임 콘텐츠 판매도 폭발적으로 증가하였다. [표 1] 은 전 세계 게임의 누적 판매량이 높은 10대 게임을 보여주는 자료로서, 닌텐도 Wii 기반 게임이 리스트의 절반을 차지하고 있음을 발견할 수 있다. 또한 1위를 차지한 위 스포츠(Wii Sports)의 경우 수십 년간 깨지지 못했던 슈퍼 마리오(Super Mario Bros.)의 누적판매량을 2배 이상 뛰어 넘었다.

[표 1] 전 세계 게임 타이틀 누적 판매량 순위 (2013년 11월 기준, 출처 : vgchartz.com)[3]

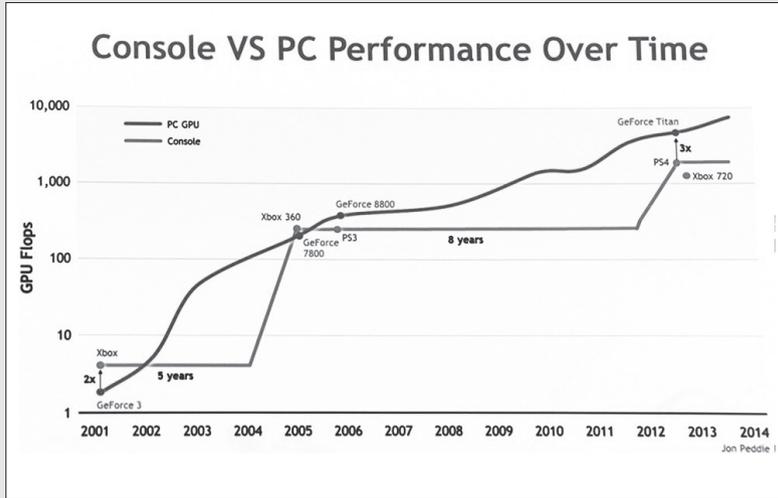
(기준 : 백만 개)

순위	게임	플랫폼	연도	장르	배급사	판매량
1	Wii Sports	Wii	2006	Sports	Nintendo	81.63
2	Super Mario Bros.	NES	1985	Platform	Nintendo	40.24
3	Mario Kart Wii	Wii	2008	Racing	Nintendo	34.06
4	Wii Sports Resort	Wii	2009	Sports	Nintendo	32.03
5	Pokémon	GB	1996	Role-Playing	Nintendo	31.37
6	Tetris	GB	1989	Puzzle	Nintendo	30.26
7	New Super Mario Bros.	DS	2006	Platform	Nintendo	29.24
8	Wii Play	Wii	2006	Misc	Nintendo	28.75
9	Duck Hunt	NES	1984	Shooter	Nintendo	28.31
10	New Super Mario Bros. Wii	Wii	2009	Platform	Nintendo	27.01

지난 콘솔 전쟁에서 누구도 예상하지 못했던 닌텐도 위(Wii)의 승리는 치열한 경쟁을 통해 동작 인식 기반의 게임 기술을 엄청나게 발전 시켰다. 닌텐도와 경쟁하고 새롭게 유입된 사용자를 잡기 위해 소니와 마이크로소프트는 각각 무브(Move)와 키넥트(Kinect)라는 위 리모트(Wii Remote)보다 우수한 성능의 동작인식 게임 컨트롤러를 상용화 하였다. 닌텐도 역시 위 리모트(Wii Remote)와 호환되면서 움직임 측정 정밀도를 향상시켜주는 주변기기인 모션 플러스 (Motion Plus)를 상용화 하여 경쟁사의 이러한 움직임에 대응하였다.

지난 세대 치열하게 체감형 게임 기술 중심의 경쟁은 이번 세대에 출시되는 게임 콘솔의 기술 추구 방향도 변화 시켰다. 이번 세대에 새로 판매되는 게임 콘솔은 [그림 5]에서 보이는 것처럼 모든 제품이

PC보다 낮은 처리 능력을 가지고 있다. 대신 닌텐도 위(Wii)의 동작 인식기술이 콘솔전쟁에 가져다주었던 반향을 뛰어 넘을 수 있는 새로운 감성기술을 찾으려는 시도가 활발하게 일어나고 있다.

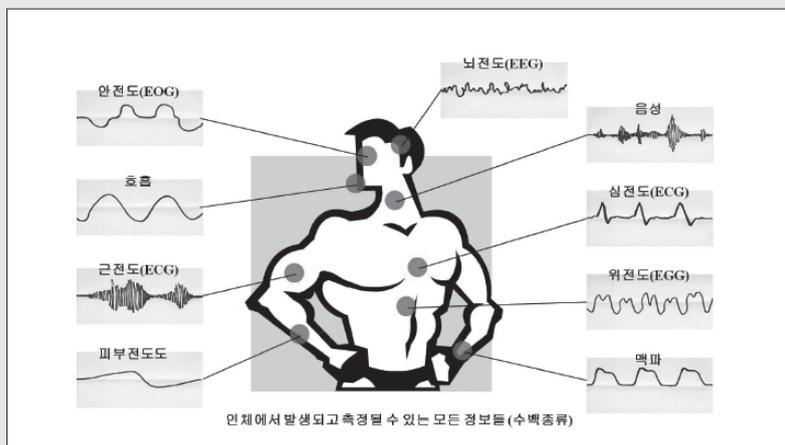


[그림 5] 게임콘솔과 PC 간 성능 변화 그래프 (출처 Nvidia)[4]

3. 생체신호를 활용한 게임 인터랙션 기술 동향

닌텐도 위(Wii)를 통한 게임에서의 동작 인식 기반 게임기술의 성공은 동작인식의 상위 개념인 감성 기술을 주목하게 만들었다. 감성 기술이란 인간의 감성요소를 인지, 분석, 조합, 생성하여 감성적 반응과 교감이 가능한 콘텐츠를 창작, 표현, 전달, 소비할 수 있도록 지원하는 총체적 기술을 의미 한다 [5]. 일반적으로 감성 기술은 감성 측정·평가, 감성추론·인지, 감성인터랙션, 감성제품·서비스 등 4대 핵심 분야로 분류 할 수 있는데, 게임과 관련된 기술은 주로 감성인터랙션과 이를 활용하는 감성 제품·서비스 분야이다[6]. 그중에서도 동작 인식 게임 기술은 감성 인터랙션 분야에 속해있는 ‘고감도 오감센서기반 감성표현 멀티모달 인터페이스’ 라고 할 수 있다.

최근 감성 인터랙션 분야는 기존의 동작인식과 같은 오감센서뿐만 아니라 뇌파, 심전도 등의 생체신호를 결합하여 생체신호 측정기반 사용자-콘텐츠 양방향 인터페이스(Human Machine/Computer Interface: HMI/HCI)로 발전하려는 방향을 취하고 있다. 여기서 생체신호란 근전도 및 뇌파와 같은 인위적으로 발생 가능하고 측정될 수 있는 모든 정보를 의미 하는 것으로서, [그림 6] 과 같은 정보들이 활용되고 있다.



[그림 6] 인터페이스 기술에 사용되는 생체 신호들

새롭게 개발되는 생체신호 기반 감성기술은 인터페이스로의 활용 이외에도 생체신호를 이용한 모니터링 기술로도 개발되어 각종 재활, 건강 검진 등의 의료 및 헬스케어에도 응용될 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 세계적인 고령화 사회의 추세에 인해 의료 및 헬스케어 시장의 급격한 성장이 예상된다는 점에서 기술의 중요성은 점점 높아질 것으로 예상된다[7].

앞으로 개발될 동작인식 기반 게임기술 역시 상위 개념인 감성기술의 변화하는 흐름을 반영하여 생체신호를 이용한 새로운 인터랙션과 콘텐츠를 개발하려는 시도가 활발하게 일어나고 있다. 하지만 아직까지 상업적으로 이용할 만큼 완성도 있는 제품을 생산하지 못하고 있는 형편이다. 본 글에서는 현재 수행되고 있는 다양한 시도 중에서 현재 가장 많이 연구되고 실용화에 가까운 기술은 크게 두 가지를 소개하고자 한다.

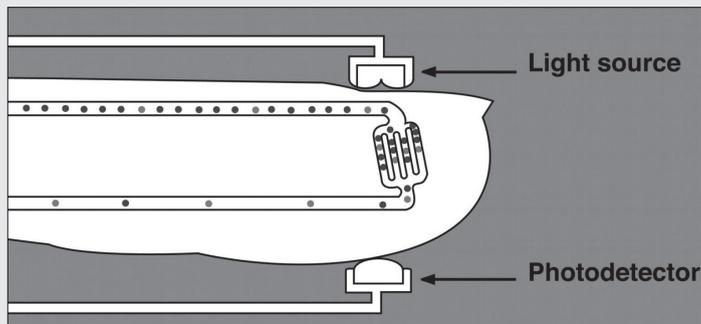
첫 번째로 소개할 생체신호를 활용한 게임 인터랙션은 심박을 활용한 게임 인터페이스와 콘텐츠이다. 심박은 단위시간당 심장박동의 수로 일반적으로 분당 맥의 수(BPM: beats per minute)로 표현된다. 많은 선행 연구에 의하면 심박은 정서반응을 파악하는데 신뢰성과 편의성이 높은 생체신호로 알려져 있다[8]. 일반적으로 심박을 이용해서 정서 파악을 할 때에는 심박이 변화되는 정도를 나타내는 지표인 심박변이도(Heart Rate Variability)를 사용하고 있다.

심박을 이용한 대표적인 게임 기술로 닌텐도가 2009년 E3(Electronic Entertainment EXPO)에서 소개한 ‘위 바이탈리티 센서’(Wii Vitality Sensor)를 들 수 있다. ‘위 바이탈리티 센서’는 심박을 측정하여 게임 콘텐츠와 상호작용할 수 있게 만들어 주는 Wii 게임콘솔의 주변 기기로서, 손가락을 통해 심박과 혈액속의 산소 농도를 측정하는 산소포화도 측정기(Pulse Oximeter)에 기반을 두고 있다.



[그림 7] 심박을 활용하는 위 바이탈리티 센서 © Nintendo 2009

산소 포화도 측정기(Pulse Oximeter)는 헤모글로빈에 포함된 산소의 양에 따라 혈액의 빛 흡수율이 달라진다는 점에 착안하여 [그림 8]과 같이 LED를 손가락 위에서 비추고, 손가락 아랫부분에 측광센서 달아 산소 포화도를 측정하고 있다. 또한 같은 원리로 심장의 박동 시에 발생하는 혈액의 흐름 파동을 측정할 수 있기 때문에 맥박과 심박을 모두 측정 가능하다. 이러한 광학식 심박 측정 방법은 심장 주위에 전극을 달아 측정하는 심전도 방식에 비해 정확도는 떨어지지는 단점을 가지고 있지만, 측정 편의성과 제작 단가에서 이러한 단점을 뛰어넘는다. 즉 가격 대비 성능비가 중요한 선택 요인 중 하나인 게임기술에 있어 가장 적절한 선택이라고 할 수 있는 것이다.



[그림 8] 산소 포화도 측정기(Pulse Oximeter)의 측정원리 (출처: Oximetry.org)

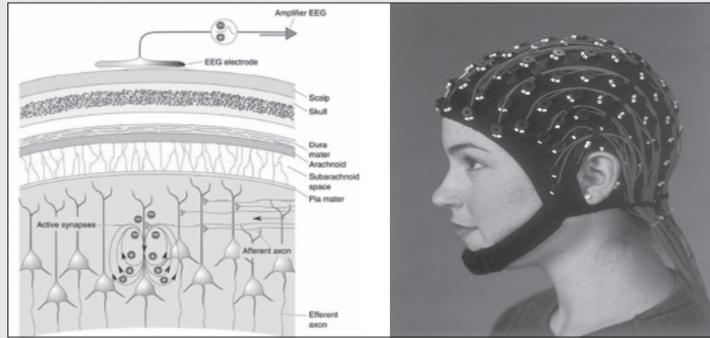
2009년 발표 당시 ‘위 바이탈리티 센서’를 이용하는 게임을 직접적으로 보여주지는 않았지만, 게임 유저의 신체 상황을 분석해 숫자로 정보를 제공해 줌으로서 사용자가 스트레스 관리를 할 수 있는 기능성 게임의 인터페이스로서 활용하겠다고 계획을 발표 하였다. 하지만 2013년에 ‘위 바이탈리티 센서’ 프로젝트의 취소가 공식적으로 발표 되었다. 취소된 이유로는 아직 90%에 머물고 있는 낮은 생체신호 측정 성공률을 들고 있다.

‘위 바이탈리티 센서’와 유사한 게임 인터페이스로 대표적인 게임 개발사인 유비소프트는(Ubisoft)에서 2010년 발표한 ‘이너지(Inergy)’를 들 수 있으며, 닌텐도의 취소 발표와 상관 없이 2014년에 최종적으로 상용할 예정이다.



두 번째로 소개할 생체신호를 활용한 게임 인터랙션은 뇌전도(EEG: electroencephalography)를 이용한 뇌파 게임 인터페이스 및 콘텐츠이다. 뇌전도란 [그림 10]에서처럼 뇌세포 집단의 미세한 전기 활동을 두피에 전극을 부착하여 유도하고, 이를 증폭시켜 기록한 것을 뜻한다[10].

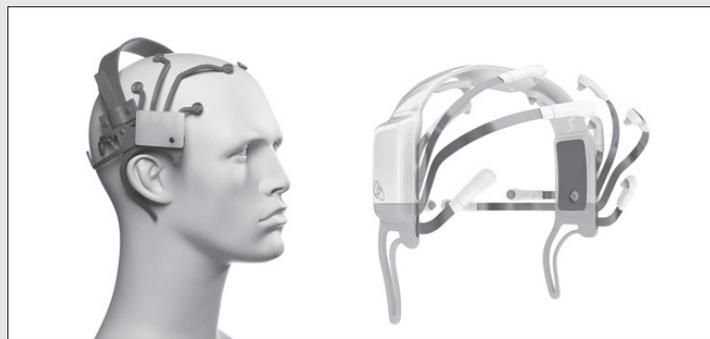
뇌 활동을 측정하는 방법은 크게 두개골을 열고 전극을 넣어 측정하는 침습적인 방법과 두개골 및 구피 외부에서 전극이나 X-ray, MRI 와 같은 의료영상을 통해 측정하는 비침습적 방법으로 나누어진 다. 뇌전도는 다른 방법들에 비해 해상도가 낮고 결과에 잡음이 많아 후처리가 필요하지만 가장 저렴하고 인체에 부담이 없기 때문에 가장 많이 활용 되고 있는 뇌 활동 측정 방법이다. 일반적으로 뇌파라고 불리는 것들은 대부분 뇌전도를 뜻한다.



[그림 10] 뇌전도 측정 원리(좌) 및 뇌파 측정 도구(우) (출처 :Principle of Cognitive neuroscience)

뇌파는 주로 신체 중증의 노약자나 장애인의 인터페이스나, 휠체어등의 재활기기 구동을 위한 명령어 생성기술과 같은 의료 재활목적으로 활용되었으나, 뇌파가 가진 무궁무진한 가능성으로 인해 점차 그 활용 범위를 넓혀가고 있다. 최근에는 뇌 세로 활동이나 자율신경계 변화를 통해 사람의 감정을 측정하고 이를 콘텐츠 개발이나 마케팅 등에 적용하려는 시도가 활발하게 늘어나고 있다. 뇌파를 이용한 게임 인터페이스도 이러한 배경에서 시도 되고 있다.

일반적으로 뇌파를 측정하는 도구는 [그림 10]에서처럼 수십 개의 전극을 두피에 부착하여 신호를 받고 있으나 게임용으로 이용되는 상용화된 뇌파 인터페이스는 이용성과 편의성을 고려하며 [그림 11]에서처럼 1개에서 10개 이하의 전극을 이용해 뇌파 신호를 측정하고 있다.



[그림 11] 게임에서 활용되는 뇌파 측정 인터페이스 EPOC © Emotive 2011

신호 처리에 있어서도 이론적으로는 신호 분석을 통해 공상과학영화에서 제시된 것처럼 사용자가 물리적인 움직임 없이도 의도를 파악하고 사물을 움직이게 하는 것이 가능하게 만들 수 있지만, 실제로

는 많은 잠음과 낮은 해상도, 생체신호 분석의 복잡성으로 잘 알려지고 정형화된 뇌파 신호만 측정하고 이를 통해 이용자의 상태를 모니터링 하는 ‘passive-BCI’에 머물러 있다.

뇌파 신호를 처리하고 분석하는데 주로 사용되는 패턴은 주로 [표 2]와 같다.

[표 2] 신호 분석에 주로 사용되는 뇌파 종류

뇌파 종류	진동수(Hz)	감성 요소 및 특성
델타(Delta)	1~8	‘수면파’ 깊은 수면시에 발생
세타(Theta)	4~7	‘졸음파’ 잠에 빠져들 때 통과하는 뇌파
알파(Alpha)	8~12	‘명상파’ 심신이 안정을 취하고 있을 때 발생
SMR파	12~15	주의, 집중시에 발생, 일의 능률이 최적상태
베타(Beta)	16~30	불안, 긴장의 활동파, 육체 활동이나 운동시 발생
감마(Gamma)	31~50	극도의 흥분과 스트레스시에 발생

이러한 뇌과학 기술의 한계로 뇌파 인터페이스를 활용하는 콘텐츠는 생각만으로 게임 속 아바타를 조작하는 단계에 이르지 못하였고, 현재는 아주 제한된 인터랙션만 수행하고 있다. 현재 뇌파 인터페이스와 게임 콘텐츠 사이에 인터랙션을 정리한 내용은 [표 3] 과 같다. 따라서 뇌파를 이용한 게임기술은 상용화 되었음에도 널리 활용되지 못하고, 주의력 과다행동장애 치료를 위한 의료용 기능성 게임 등에 제한적으로 사용되고 있는 실정이다.

[표 3] 뇌파 인터페이스를 활용하는 게임 인터랙션

조작 요소	게임 인터랙션	연결되는 감성 요소
이동	이동속도의 증감 점프높이의 증감	집중도
행동	조준의 명중률	집중도
	기술의 성공율 적에게 입히는 피해 증감	집중도
상태	캐릭터의 회복율 및 회복속도	이완도/편안함

4. 결론

본 글은 지난 세대 콘솔 전쟁의 결과가 가져온 게임 기술의 변화를 분석하고, 새롭게 도입된 감성 기술 분야를 소개하였다. 또한 미래의 감성기반 게임 기술로서 새롭게 부각되는 생체 신호를 활용하는 사례와 한계점을 살펴보았다.

판매량 1위를 놓고 치열한 경쟁을 펼치는 콘솔 전쟁은 많은 부분에서 게임기술의 발전을 이끌어 왔다. 동작기반 기술의 경쟁이 치열하였던 지난 세대의 콘솔 전쟁은 성능 중심의 경쟁에서 감성기술 경쟁으로 게임기술의 방향성을 변화 시켰다. 게임 기술이 감성 기술로 변화함에 따라 최근 감성 기술이 주목하고 있는 생체신호를 활용한 감성 인터랙션 기술은 주요한 미래 게임기술이 될 가능성이 점차 높아지고 있다. 하지만 앞에서 살펴본 심박과 뇌파를 활용한 게임 인터랙션은 기술의 불완전성과 제한된 활용범위로 인해 상용화되기에 어려운 모습을 보여주고 있다. 따라서 이러한 한계를 적극적으로 극복하기 위한 새로운 아이디어가 적극적으로 요구 되고 있다. 본 글을 통해 게임 연구자들이 생체 신호를 활용한 게임 기술의 기능을 발견하고, 이러한 기술을 이해하는데 도움이 되며 미래를 여는 게임 기술에 도움이 되는 새로운 아이디어와 연구가 나오길 기대한다.

참고문헌

- [1] Kent, S, The Ultimate History of Video Games: from Pong to Pokemon and beyond the story behind the craze that touched our lives and changed the world, 2010: Random House Digital, Inc.
- [2] William D'Angelo, 2013 Year on Year Sales and Market Share Update to December 7th, VGChartz, 2013.
<http://www.vgchartz.com/article/251439/2013-year-on-year-sales-and-market-share-update-to-december-7th/>
- [3] VGChartz, Game Database : Global sales (in millions of units) per game. VGChartz, 2013 <http://www.vgchartz.com/gamedb/>
- [4] Kevin Parrish, Nvidia: Consoles Can No Longer Surpass PC Graphics, tom's Hardware, 2013,9,26.
<http://www.tomshardware.com/news/nvidia-consoles-gpu-graphics-power,24390.html>
- [5] 문화체육관광부, 문화기술(CT) R&D 기본계획 2012 정책자료집, 문화체육관광부, 2008.
- [6] 한국감성과학회, 감성기술 동향조사 및 콘텐츠 산업 접목방안 연구, 문화체육관광부, 2009.
- [7] 김종성, et al., 생체신호 기반 사용자 인터페이스 기술, 2005, 전자통신동향분석.
- [8] 장은혜 정서에 의해 유발된 자율신경계 반응의 일관성 및 정서특정적 반응패턴 충남대학교 대 학원 석사논문 2002
- [9] Ben Gilbert, Nintendo confirms Wii Vitality Sensor's death, says it produced inconsistent results, engadget, 2013,7,5.
<http://www.engadget.com/2013/07/05/nintendo-wii-vitality-sensor-dead/>
- [10] 안민규, 전성찬, "뇌-컴퓨터 인터페이스 시스템의 작동 원리 및 국내외 기술 동향", 정보과학회지 29권 04호, pp.42-53, 2011.

임익수(remix@kaist.ac.kr)
KAIST 문화기술대학원 박사과정

우 탁(two@khu.ac.kr)
경희대학교 예술디자인대학 디지털콘텐츠학과 조교수