

신경공학 3조 최종 기획서



3조

201611008 컴퓨터과학과 오재무

201611136 게임학과 이우형

201611125 게임학과 김정수

201810768 휴먼지능정보공학과 박민재

201810772 휴먼지능정보공학과 박현지

목 차

I. 문제인식

1. what
2. why

II. 대안 제시

1. How
2. For whom
3. Workflow
4. Poisitioning map

III. 대안 선정

1. 측정방법의 용이성
2. 접근성
3. 적합성
4. 최종대안 선정

IV. 최종 대안

1. 데이터 분석 결과
2. 결론

참고문헌

I. 문제인식

1. what

불안하고, 불편한 사회 속에서 일상을 조금 더 쾌적하게 만들어 줄 수 있는 뇌파를 이용한 도어락 시스템을 기획하였다. 안전하고 편안한 휴식처가 되어야 하는 집이라는 공간이 주거침입 범죄에 노출되어 불안함을 주는 현상과 거동이나 손을 사용한 도어락 해제가 주는 불편함에 초점을 두었다. 이러한 문제인식을 통해 아이디어를 구체화시켰다.

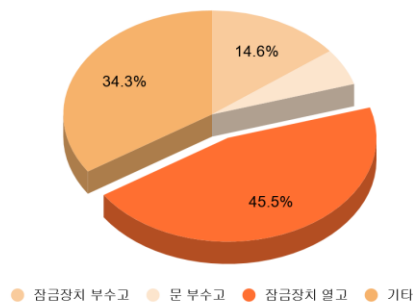
2. why

문제인식을 바탕으로 우리 조는 이번 팀 프로젝트를 통해 사회문제 또는 개인적으로 불편했던 경험들을 공유했고, 이를 뇌파시스템으로 개선해 보는 것을 가장 큰 목표로 설정하였다. 팀원 중 한 명의 가족이 모두 집에 있는 상황에서 주취자가 도어락 해제를 시도하는 경험을 했다는 이야기가 있었고, 이에 포커스를 맞추어 아이디어를 발전시켜보았다.

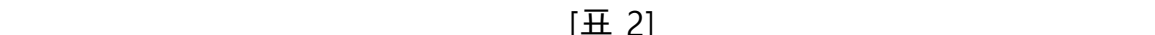
1차적으로 다양한 뉴스 기사들에 대한 정보를 수집했으며, 안전하고 편안한 휴식처인 '집'이 매년 증가하는 주거침입범죄로 인해 누군가에게는 그렇지 못하다는 사실을 인지하였다.

정확한 수치인 통계청 자료 [표 1]을 통해 매년 주거 침입 범죄가 매년 증가한다는 사실과 침입 절도의 절반 가량이 잠금 장치 해제 후 침입하는 범죄라는 사실을 인지하였다. 또한 잠금 장치를 해제할때 사용하는 방법 또한 비밀번호 입력하는 순간을 몰래 촬영하는 것에서, 도어락에 남은 지문을 통해 알아내는 등 다양해지고, 고도화되고 있었다.

2019 침입 절도 통계(출처 : 통계청)



[표 1]



위 [표 2]는 설문 대상자들의 응답을 그래프로 나타낸 것이며, [그림1]은 응답자들의

II. 대안 제시

1. how (5개 제안 설명)

문제에 대한 다섯가지의 대안을 ERD/ERS, ERP, SSVEP를 활용하여 도출하였다.

1.1. ERD/ERS를 활용한 도어락 활성화 시스템

이 단계에서는 많은 사람이 '신원불상자가 도어락을 누르는 혹은 잠금을 해제하려는 시도' 그 자체를 공포스러운 상황으로 인지하는 것에 주목하여 보안시스템(도어락)의 활성화 단계에서 보안성을 강화하는 대안이다. 사용자가 이미 정해진 특정 행동을 상상하였을 때 발생하는 ERD/ERS를 활용해 도어락 활성화 여부를 결정하게 되는 시스템이다.

1.2. ERP를 활용한 비밀번호 입력 시스템(시각 자극)

1.1.이 보안 시스템 활성화와 관련된 대안인 것과 다르게 1.2.는 보안 시스템 자체의 보안성을 강화하기 위한 대안이다. 비밀번호 노출 경로인 "도어락에 남겨진 지문", "비밀번호 입력 순간을 누군가 몰래 촬영" 등의 범죄 행위를 방지하기 위해 P300 스펠러와 유사한 형태로 비밀번호 입력 시스템을 구상했다.

1부터 9 까지 존재하는 숫자 패드가 불규칙적으로 점멸하게되고, 자신이 원하는 숫자에 집중하는 중 해당 숫자가 점멸하면 발생하는 p300을 포착하여 해당 숫자를 입력하는 방식으로 작동된다.

뇌파 데이터를 수집하기 위한 자극 제시 단계에서는 기기와 눈 사이의 거리를 $45\pm 5\text{cm}$, 숫자가 표시된 패널의 크기는 가로세로 2.5cm의 정사각형, 각 패널 사이의 거리는 2cm로 설정한다. 패널의 점멸 속도는 약 0.5초에서 1초 사이의 속도로 설정한다.

예를 들어, 비밀번호가 5238이라고 가정하고 비밀번호 입력하는 과정을 살펴보면 다음과 같다. 입력하고자 하는 숫자 5의 패널에 집중하다가 해당 패널이 점멸하고, 선택집중에 대한 P300이 포착되었다면 5가 입력된다. 같은 방식으로 2, 3, 마지막 숫자인 8까지 입력이 완료되면 잠금이 해제되는 방식이다.

1.3. SSVEP를 활용한 비밀번호 입력 시스템

세 번째 대안은 ssvep를 활용한 모바일 otp 연동 시스템이다. 1.2.와 같이 잠금장치(도어락)의 보안성을 높이기 위한 대안이다.

1회용 비밀번호를 매번 재발급받는 형태인 OTP(one time password) 시스템이 온라인 banking, 게임 등 보안이 중요한 분야에서 널리 사용될 만큼 높은 보안성을 보여준다는 것에 주목해 도어락과 otp, ssvep를 접목시킨 시스템을 구상해보았다.

이 시스템은 도어락 해제를 원하는 사람이 검증된 어플리케이션을 통해 1회성 비밀번호를 발급 받고, 도어락에 존재하는 9개의 광원 중 일회용 비밀번호에 나타난 1회성 인덱스에 해당하는 패드에 집중하는 형태로 잠금을 해제하는 시스템이다.

이때 ssvep를 활용해, 후두엽에 동기화된 주파수를 파악하고, 동기화된 주파수가 1회용 비밀번호가 지목한 광원의 주파수와 일치하는지를 파악하여 해제를 진행한다.

이 시스템은 1차적으로 인증된 사람만이 휴대폰 어플리케이션을 통해 otp를 발급받을 수 있다는 장점이 존재하기 때문에 보다 강화된 보안을 원하는 사용자들의 수요를 충족시킬 수 있을 것으로 예상된다.

1.4. ERP를 활용한 비밀번호 입력 시스템(청각 자극)

네 번째 대안은 시각 장애인, 혹은 신체가 불편한 장애인을 위한 erp를 활용해 청각 자극을 사용하는 잠금해제 시스템이다. 이 대안은 보안의 측면보다는 편의성에 집중해 기획을 진행했다. 대부분의 시각장애인이 이어폰을 착용한다는 점에 주목해 휴대폰 어플과의 연동을 활용해보았다.

사용자가 잠금 해제를 원할 경우 모바일 어플을 통해 비밀번호에 해당하는 단어의 음성이 재생된다. 예를 들어 '사과'라는 단어가 재생된다면, 해당 단어를 반복적으로 재생하고, 사용자에게 단어가 각인이 되었다면 도어락에서는 해당 단어를 포함한 무작위의 단어 배열이 재생되게 된다. 그리고 해당하는 단어가 재생되었을 때 발생하게 되는 p300을 통해 잠금을 해제하는 방식이다.

뇌파 데이터 수집을 위한 자극 제시 단계에서는 특정 두 단어를 20초간 2초 간격으로 반복 제시한 후, key단어와 일반 단어를 구분하는 형태로 진행될 것이다.

1.5. ERD/ERS를 활용한 무인 택배함 잠금해제 시스템

다섯 번째 대안은 앞선 4개의 도어락 시스템과는 별도의 아이디어이다. 현 코로나19 시국과 같이 대면 택배 수령이 어려운 경우, 만일의 범죄 상황을 방지하고자 비대면 택배를 원하는 경우, 배달 수령을 원하지만 택배나 음식물을 조금 더 안전하게 보관하고자 하는 경우를 위한 ERD/ERS를 활용한 물품 수거함 자동 잠금 해제 시스템이다. 스마트폰의 애플리케이션과 연동되어 작동한다.

평소에는 잠금 상태인 수거함을 휴대폰 문자 등을 통해 곧 배달된다는 연락을 받으면, 사용자가 택배를 받는 상상을 한다. 그리고 알파파와 베타파의 상대파워 분석을 통해 동작 시의 뇌파패턴이 관측되면 무인택배함의 잠금을 3분동안 해제시키며, 3분 후에는 다시 잠금 상태로 돌아가게 하는 시스템이다.

2. For whom

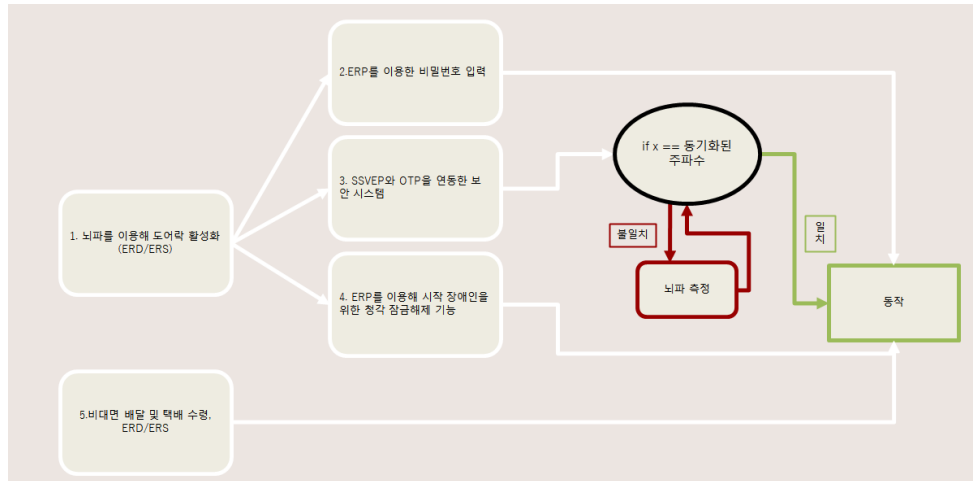
위 다섯 가지의 대안들은 다음과 같은 경우의 사람들을 위한 시스템이다.

- 2.1. 보안 장치에 대한 신뢰가 낮은, 또는 보안 장치의 분실 훼손, 비밀번호 노출을 원치 않는 경우
- 2.2. 직업적, 신체적 특성으로 생체인식 보안 시스템의 사용이 어려운 경우
- 2.3. 시각 혹은 신체가 불편한 경우
- 2.4. 물품의 비대면 수령을 원하면서, 도난 혹은 분실 위험을 방지하고자 하는 경우

더 나아가, 제품이 시중에 판매되었을 때 예상해본 주 고객층에 대한 정리이다.

2.1, 2.2는 보안성을 중시하는 경우이므로, 다섯 가지 대안 중 보안에 치중한 1.1과 1.2의 조합, 1.1과 1.3을 조합한 시스템의 주 고객층이 될 것이다. 2.3은 보안성만큼이나 편의성 또한 중요하게 고려해야하기 때문에, 1.1과 1.4을 조합한 시스템의 주 고객층으로 확보할 수 있을 것이다. 2.4의 경우 안전과 편리함을 둘 다 챙길 수 있는 물품 수령 시스템인 1.5 대안의 주 고객층이 될 것이다.

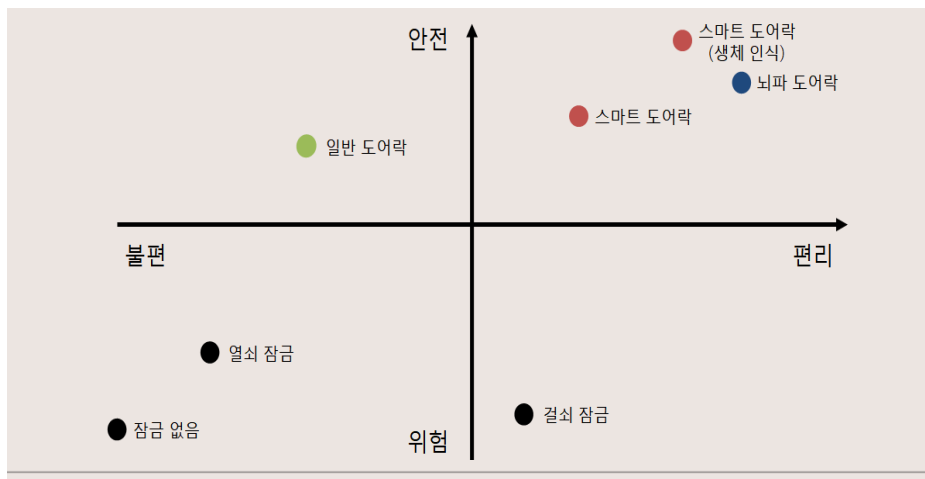
3. Work Flow



[그림2]

[그림2]는 앞서 제안한 5가지 대안의 work flow를 한 눈에 볼 수 있게 나타낸 것이다.

4. Positioning Map



[그림3]

[그림3]은 현재 시중에 판매되고 있는 잠금장치 종류들과 우리 조가 제시한 도어락 간의 상호 관계를 positioning map으로 나타내본 것이다. x축은 편리성, y축은 안전성을 나타낸다. 생체 인식을 포함한 스마트 도어락이 현재까지 가장 안전한 잠금 장치이지만, 편리성 측면에서 생체 인식을 사용할 수 없는 사람들이 존재하기에 우리 조의 뇌파 도어락보다 낮게 측정하였다. 또한 일반 스마트폰과 연동하는 스마트 도어락의 경우 일반 도어락과 크게 다르진 않지만, 스마트폰을 통한 잠금 해제가 가능하기에 편의성이 좋은 위치에 있다고 판단하였다.

Ⅲ. 대안 선정

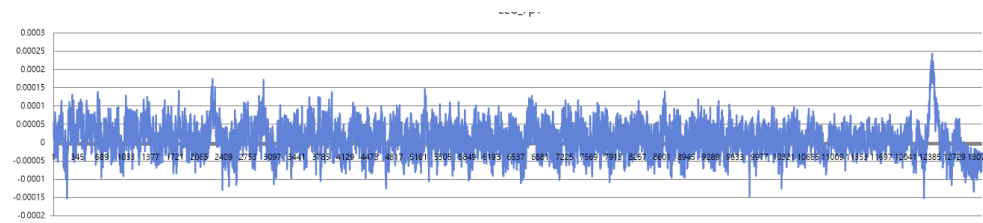
5개의 대안을 실험을 통해 측정방법의 용이성, 접근성, 적합성을 통해 분석해 보았고, 최종대안을 선정했다.

1. 측정방법의 용이성

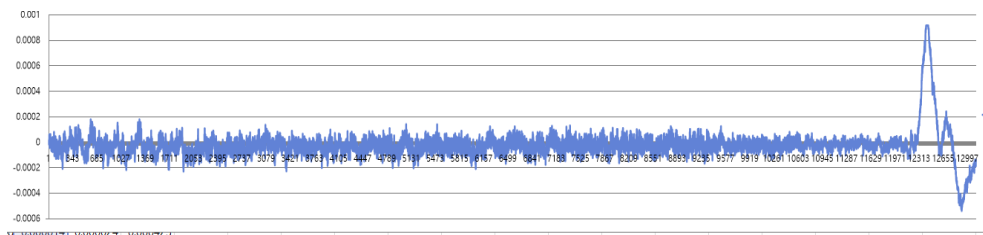
1.1.erd/ers를 이용한 대안

erd/ers는 동작 상상과 동작 실행 시에 발생하는 뇌파를 포착하는 것이다. 이에 맞춰서 간단한 실험을 진행하였다. 실험은 동작 상상과 동작 실행 두 가지로 진행했는데 내용은 다음과 같다.

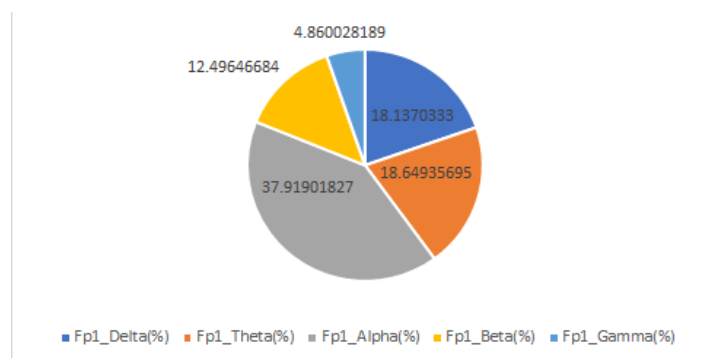
- 동작실행: 손뼉치기, 발 구르기
- 동작상상: 문을 여는 상상, 택배를 받는 상상



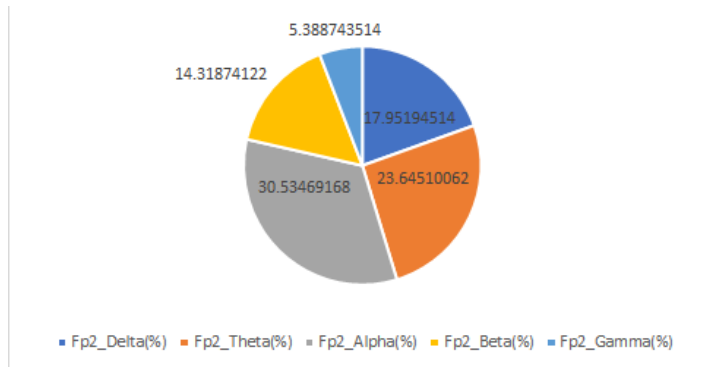
[그래프1]



[그래프2]



[그래프3]

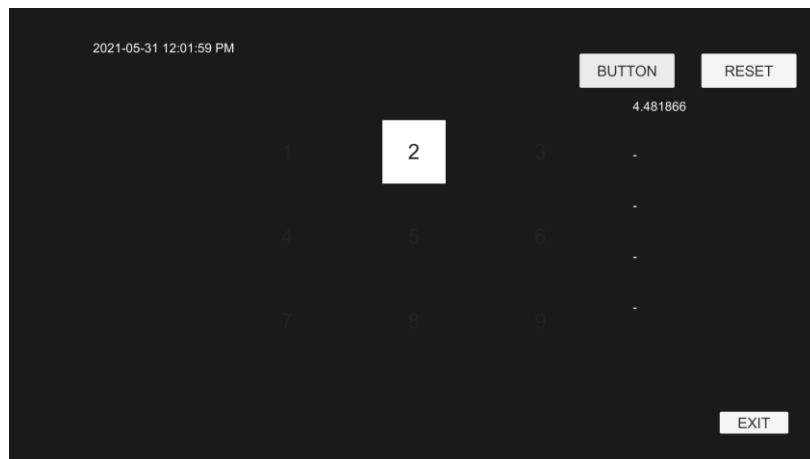


[그래프4]

[그래프1]는 팀원 모두가 동작을 실행했을 때 나타난 뇌파기전의 평균이며, [그래프2]는 팀원 모두가 동작을 상상했을 때 나타난 뇌파기전의 평균이다. 그래프에서 알 수 있듯이 동작의 상상과 실행만으로는 뇌파의 뚜렷한 변화를 측정할 수 없었다. [그래프3]은 자극을 주지 않았을 때의 상태파워의 평균이며, [그래프4]는 자극 시점에서의 상대파워의 평균을 나타낸 것이다. 자극 시점의 전, 후로 알파파는 약 7% 감소하였고, 세타파는 약6% 증가하였다. 이는 동작을 상상하거나 실행했다고 판단하기에 아쉬운 수치를 보인다.

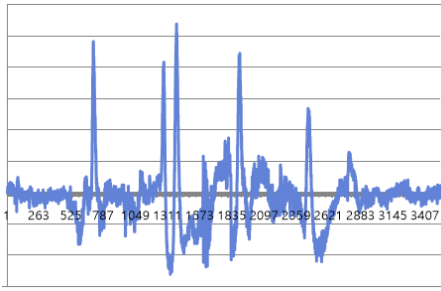
1.2. erp를 이용한 대안

1.2.1. 시각자극

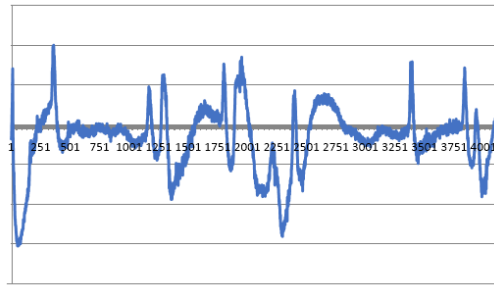


[그림4]ERP 측정을 위한 패널

[그림4]는 ERP 측정을 위해 제작한 패널이다. 패널은 가로세로 2.5cm 크기의 정사각형이며 각 패널들의 간격은 2cm로 설정하였다. 또한, 패널은 1에서 9까지 순차적으로 0.4초 간격으로 깜빡이게 설정하였다.



[그래프5]

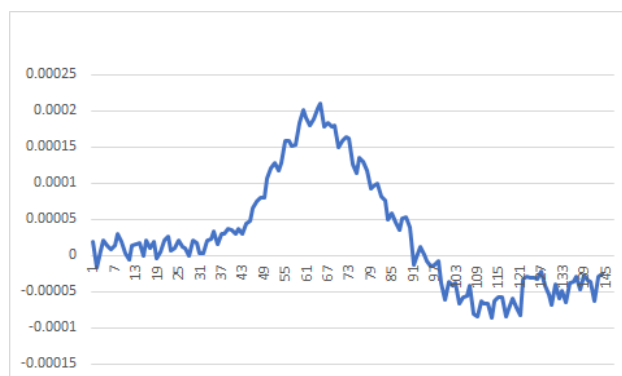


[그래프6]

위 [그래프5]와 [그래프6]은 제작한 패널을 이용해 시각자극 테스트를 진행한 결과이다. 노이즈가 같이 측정되었지만 다른 대안들의 테스트에 비해 peak이 잘 측정된 것을 확인하였다.

1.2.2. 청각자극

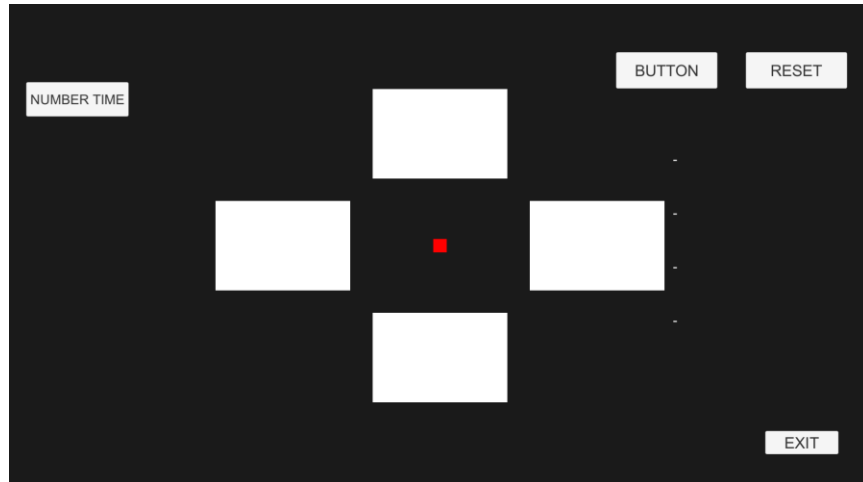
다음은 청각자극에 대한 측정 용이성이다. 청각자극에 대한 뇌파 변화를 확인하기 위해 간단한 실험을 진행했다. 원하는 자극을 strawberry로 설정하고 mango와 반복하여 제시했다. 원하지 않는 자극인 mango에서는 안정적인 뇌파를 유지하고 있는지, 원하는 자극인 strawberry에서는 뇌파의 변화가 검출되는지 확인해보았다.



[그래프7]

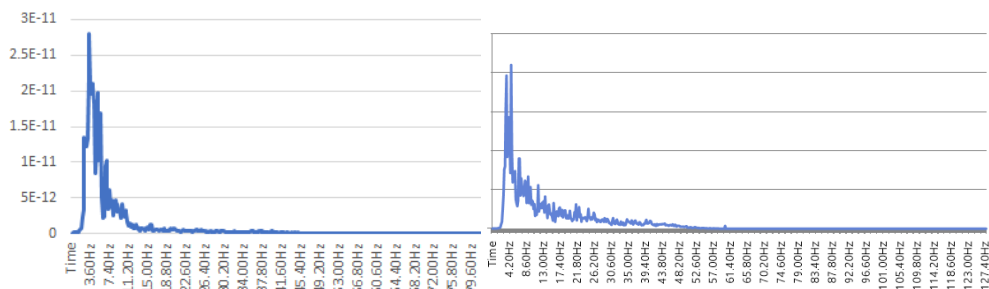
[그래프7]은 원하는 자극 strawberry이 제시 되었을 때의 시점을 중심으로 0.2초 전과 1초 후에 뇌파의 변화를 4회 측정 한 뒤, 평균을 낸 것이다. erd/ers, ssvep와 비교하였을 때 눈에 보이게 peak이 검출됨을 알 수 있다.

1.3. SSVEP를 이용한 대안



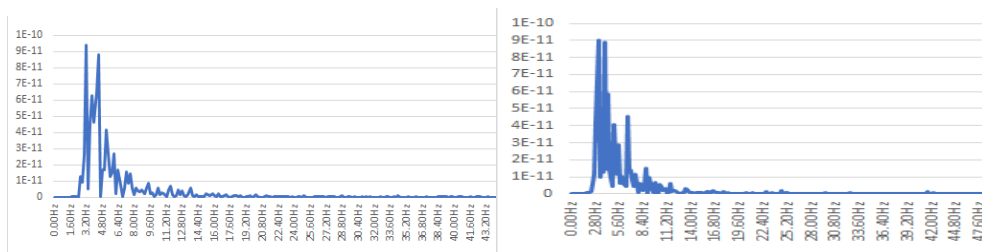
[그림4]SSVEP 측정을 위한 패널

위 그림4는 SSVEP를 측정하기 위해 제작한 패널이다. 좌우의 패널은 7Hz, 위 아래 패널은 9Hz의 주파수로 테스트를 진행하였다. 아래의 그래프는 5명 팀원들의 테스트를 진행한 결과이다.



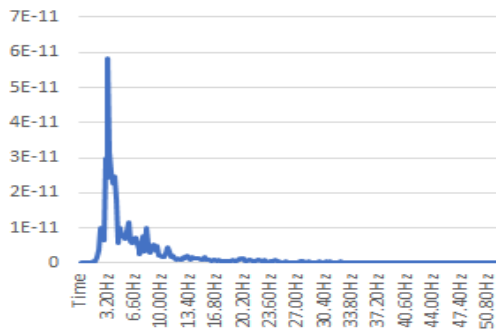
[그래프8] 팀원1

[그래프9] 팀원2



[그래프10] 팀원3

[그래프11] 팀원4



[그래프12] 팀원5

팀원1은 3.6 Hz, 팀원2는 4.2Hz, 팀원3은 1.6Hz, 팀원4는 2.8Hz, 팀원5는 3.2Hz의 주파수 대역으로 측정 되었다. 제작한 패널과 주파수가 일치하지 않음을 알 수 있었다. 이는 MAVE 기기 특성상 전극이 전두엽에 위치하고 있기 때문에 측정이 잘 되지 않은 것이라 판단된다.

2. 접근성

접근성 면에서 기획하고자 했던 기술은 누구나 사용이 가능하지만 특히 생체 인식 시스템의 사용이 불가능한 분들, 손의 사용이 불편한 중증 장애인 분들을 대상으로 보안성과 편의성을 제공하기 위함이다.

대안 Ⅱ.1.1의 경우 약속된 행동에서 나오는 뇌파를 바탕으로 도어락을 활성화 하기 때문에 접근성은 용이하다 판단하였다.

대안 Ⅱ.1.2도 마찬가지로 손의 사용 없이 오직 시각적 자극으로 비밀번호를 입력하기 때문에 접근성이 용이하다 판단하였다. 그러나 시각적 자극이기 때문에 시각 장애인을 위한 방안은 될 수 없다.

대안 Ⅱ.1.3은 휴대폰의 사용이 자유로운 사람을 대상에게는 더욱 보안성을 높이는 방안이 될 수 있으나 손이 불편한 중증 장애인 분들에게는 오히려 접근성을 낮출 수 있다 판단하였다. 그리고 2.1.2와 마찬가지로 시각장애인을 위한 방안은 될 수 없다.

대안 Ⅱ.1.4는 시각 장애인 분들에게 도어락 인증 과정에서 좋은 방안이 될 수 있으나 이 방법 역시 개인 휴대폰의 OTP어플 사용을 동반한 대안이기 때문에 휴대폰의 사용이

자유로워야 한다. 이는 시각 장애인 분들에게 있어 터치식 개인 휴대폰을 사용한다는 과정에서 접근성이 떨어질 수 있다 판단하였다.

대안 Ⅱ.1.5은 손의 사용 없이 약속된 행동의 뇌파를 이용하기 때문에 접근성에 있어서 용이하다 판단하였다.

3. 적합성

적합성은 목표 부합 여부를 나타낸다. 적합성 측면에서 기획하고자 했던 기술은 도어락의 사용이 불편한 장애인을 대상으로 보안성을 높이하고자 하는 것이었다.

대안 Ⅱ.1.1의 경우 인증 단계에서의 보안성을 높이는 방안이 아니기에 처음의 기획과 방향이 다르다고 판단하였다.

대안 Ⅱ.1.2의 경우 뇌파를 이용하고 개인 비밀번호의 노출을 차단한다는 점에서 기획 목표와 적합하다 판단하였다.

대안 Ⅱ.1.3의 경우 뇌파를 이용하여 인증 단계의 보안을 높이는 방안으로 기획 목표와는 적합하다 판단하였다.

대안 Ⅱ.1.4의 경우 뇌파를 이용하고 비밀번호의 노출을 차단한다는 점에서 기획 목표와 적합하다 판단하였다.

대안 Ⅱ.1.5의 경우 택배원이나 개인 물품에 관련한 범죄를 예방할 수 있겠지만 이는 전적으로 사용자가 집안에 있다는 것을 전제로 하고 도어락 인증 단계에서의 보안과는 거리가 멀기때문에 기획 목표에 부합하지 않다고 판단하였다.

4. 최종 대안 선정

	1번 대안	2번 대안	3번 대안	4번 대안	5번 대안
측정 용이성	3	5	1	5	3
접근성	5	3	3	1	5
적합성	3	5	5	5	1
합계	11	13	9	11	9

1.2와 1.3에서 5가지 대안의 접근성과 적합성을 판단해 보았다. 측정 용이성 면에서는 erp를 이용한 2번과 4번이 높은 점수를 획득했다. 접근성 면에서는 1번, 2번, 5번 대안이 높은 점수를, 적합성 면에서는 2번, 3번, 4번 대안이 높은 점수를 획득했다. 따라서 이 내용을 바탕으로 측정 용이성, 접근성, 적합성 모든 측면에서 높은 점수를 보인 2번 대안을 최종 대안으로 선정하였다.

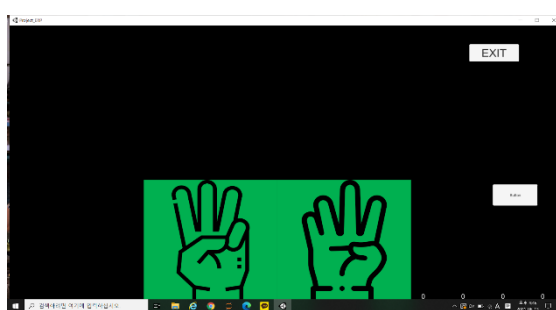
4.1. 최종 대안의 방법론 정리

4.1.1. 패널

패널은 총 두 레이어로 구성되어 있으며 입력가능한 숫자는 1,2,3,4, 총 4가지이다.



[그림5]



[그림6]

[그림 5], [그림6]은 패널의 첫 번째 레이어이다. 4개의 숫자를 2개씩 나눠 행으로 구분하여 점멸하는 방식이다. 뇌의 특성을 고려하여 배경의 색을 추가하였다. 모든 레이어의 점멸 속도는 0.6초 간격으로 진행된다.

두 번째 레이어도 행으로 구분하였으며 마찬가지로 상하로 점멸하는 방식이다.

4.1.2. 알고리즘 (Classification)

Logistic Regression을 이용한 Classification을 구현하였다. 또한 패널 구현 난이도와 정확도를 높이기 위해서 2* 2가 아닌 상하 두 가지에서 하나를 고르도록 하였다. 그리고 N200의 최소값과 P300의 최대값을 이용해 0(false) 와1(true)값을 구분하도록 설정하였다. predic함수에는 sigmoid함수로 구현하였다.

4.1.3. 분석 방법

‘ERP 를 이용한 Word 와 Icon 의 인지적 차이 분석’, ‘ERP분석을 위한 기저방식과 정점방식 비교 분석 연구’ 논문을 참고하여 EEG 신호는 500Hz 로 수집되었으며, Butterworth band pass filter(0.5-30Hz)를 거쳐 노이즈를 제거한 뒤, 분석에 사용하였다. 분석은 자극 시점에서 1초 후의 데이터를 추출한 뒤 파형 확인 후 erp의 파형으로 보이는 것들만 다시 선별하였다. 250ms~350ms 구간 중 최댓값을 P300, 150ms~250ms 구간 중 최솟값을 N200으로 정하여 분석을 진행한다.

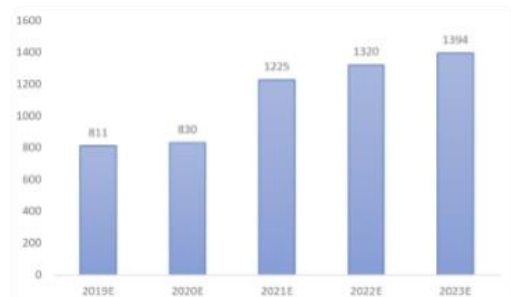
IV. 결론

최종 선정한 대안의 이름으로 ‘뇌파 도어락’이라는 명칭을 부여했다. 다음은 도어락의 시장조사 결과와 뇌파 도어락의 전망이다.

2.1. 도어락 시장 규모



[그림 9]



위 [그림 9]는 미국의 도어락 시장 규모 추이 그래프이고 [그림 10]은 중국의 도어락 시장 규모 추이 그래프이다. 그래프를 보면 두 그래프 모두 우상향 그래프의 모습을 보이며 성장하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 이는 도어락의 수요도 증가하고 있다는 것을 보여준다. 그렇기 때문에 보안성 측면에서 강화된 뇌파 도어락은 도어락 시장에서의 발전가능성이 있다고 보여진다.

2.2. 최종 결론

ERP를 활용한 뇌파 도어락은 기존의 도어락 방식보다 보안성을 강화시켜 잠금장치에 대한 불안함을 감소시킬 수 있다. 또한 지문인식을 사용하지 못하거나 손의 사용이 어려운 사람들에게도 대안이 될 수 있다.

뇌파기기는 현재의 애플워치처럼 패션 악세사리로 발전할 가능성이 있을 것이라 예상하고 그렇기 때문에 뇌파 도어락은 잠재가능성이 많다. 또한 스마트 도어락과 결합한다면 더 좋은 기능을 추가적으로 가질 수 있을 것이라 예상한다.

참고문헌

노수진, 김송이, 이정년 & 황민철(2012), ERP분석을 위한 기저방식과 정점방식 비교 분석 연구, 한국감성과학회 추계학술대회, 32-33

김송이, 황민철, 이정년, 차예술 & 김종화(2012), ERP 를 이용한 Word 와 Icon 의 인지적 차이 분석, 한국HCI학회, 81-83