

가상 진동 렌더링을 통한 모바일 디바이스의 벡터 전달

- Vector Information Transfer through a Mobile Device Using Virtual Vibration Rendering

홍익대학교 컴퓨터공학과

김연욱¹ · 황재호² · 박재영^{1*}

e-mail : kimyeonuk@g.hongik.ac.kr, hjh1305@g.hongik.ac.kr, jypdeca@hongik.ac.kr

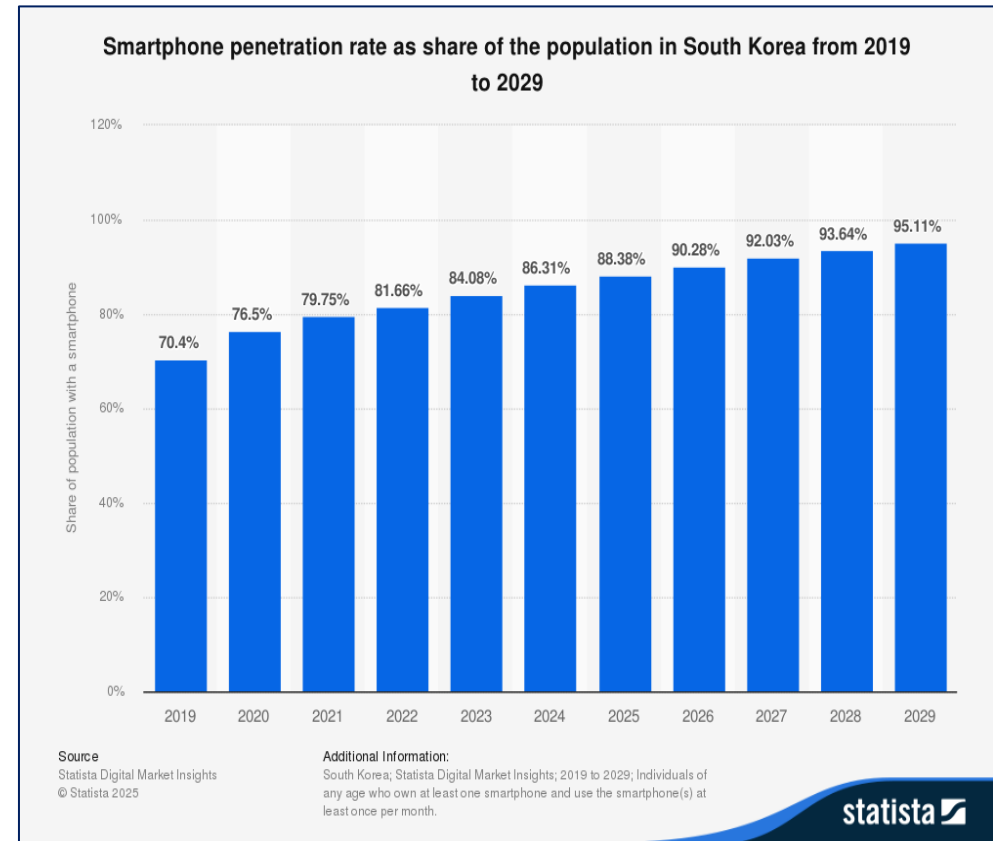


Human-System
Interaction
Research Lab

모바일 디바이스의 보급화

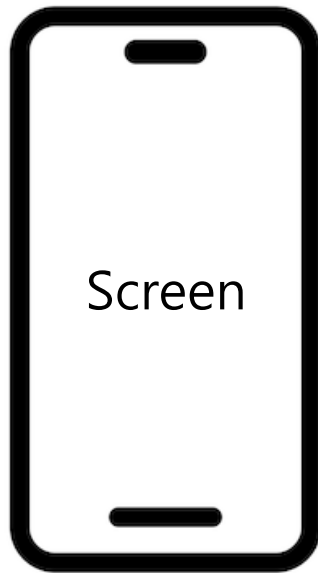


[출처=방송통신위원회 2024.12.30(월) 보도자료]



[출처=statista 2025]

모바일 디바이스 정보 전달 방식

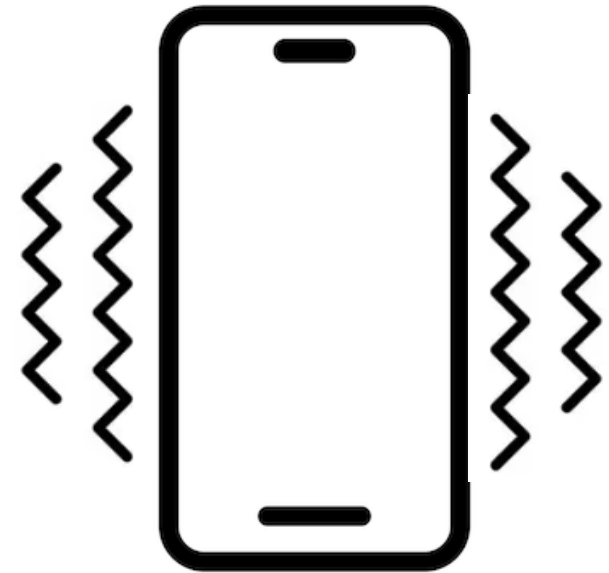


시각 (Visual)



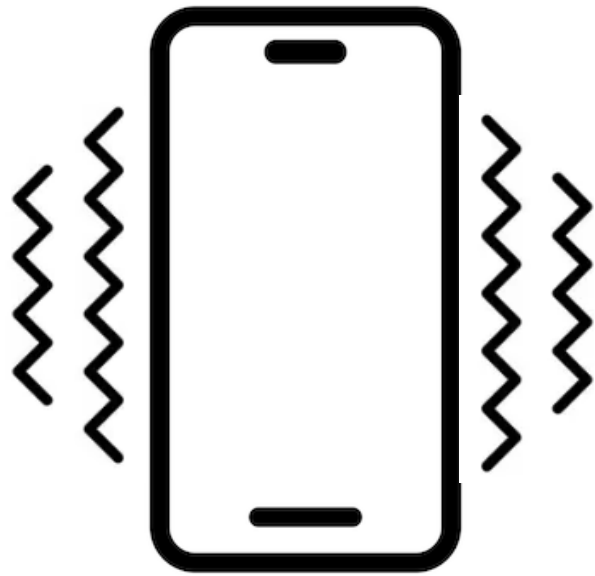
청각 (Auditory)

+



촉각 (Haptic)

촉각 피드백의 역할과 장점



촉각 (Haptic)

- 시각, 청각 정보가 어려운 환경에서 효과적
 - 소음이 심한 곳 / 화면 확인이 어려운 곳
- 몰입감(Immersion) 및 정보전달 효율 상승
 - 가상현실(VR) 및 게임



런닝



수영



VR 콘텐츠

현 모바일 디바이스 촉각 피드백

대부분의 모바일 디바이스는 단일 진동자를 사용 -> 1차원적인 촉각 정보



아이폰



갤럭시



갤럭시 워치



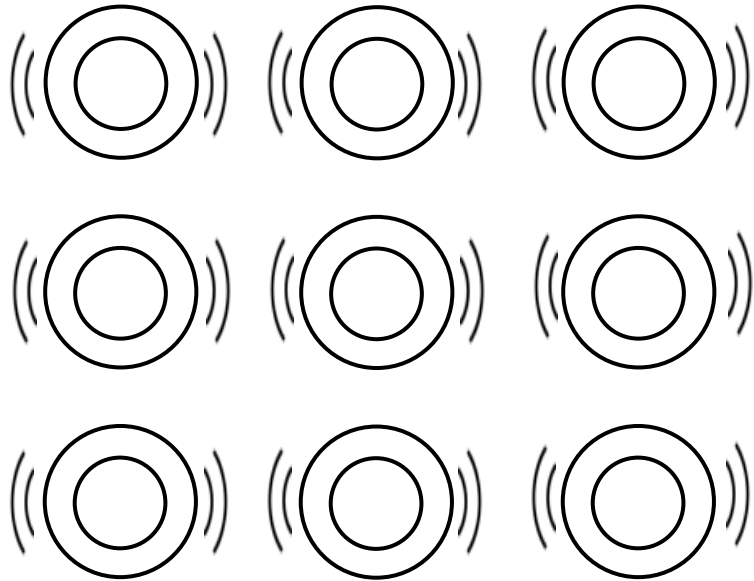
애플 워치



Meta Quest 2 Touch

다중 진동자의 한계와 가상 촉각(Phantom Sensation)

다중 진동자 사용



- 다차원 정보 표현 가능

But, 진동자 수가 증가할 수록

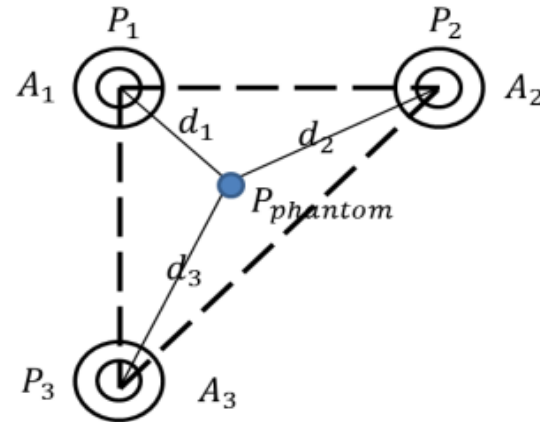
- 비용 **증가**
- 무게 **증가**

다중 진동자의 한계와 가상 촉각(Phantom Sensation)

가상 촉각(Phantom Sensation) 사용



1차원 가상 촉각
(Phantom Sensation)



2차원 가상 촉각
(Phantom Sensation)

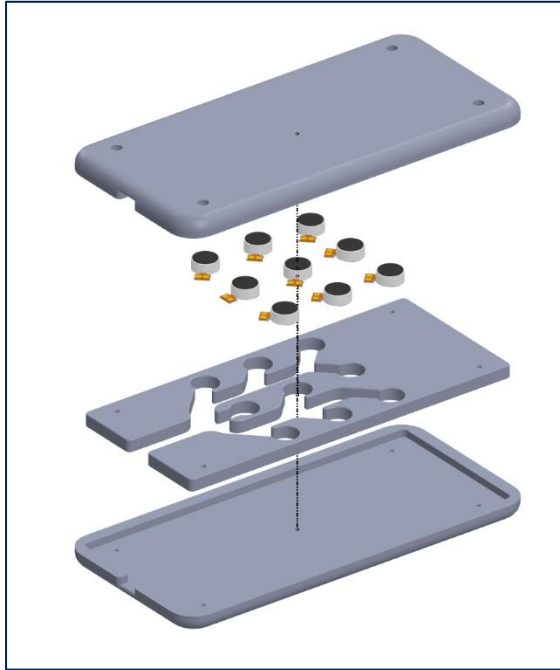


- 다차원 정보 표현 가능
- 비용 감소
- 무게 감소
- 효율적인 정보 전달

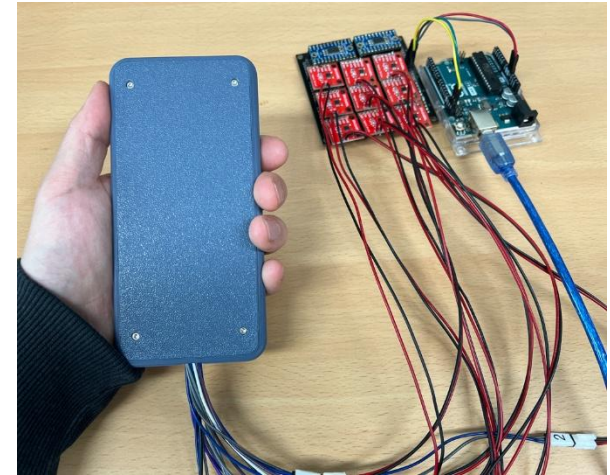
[자료 출처 =

Jaeyoung Park, Jaeha Kim, Yonghwan Oh, Hong Z. Tan, "Rendering Moving Tactile Stroke on the Palm Using a Sparse 2D Array", Lecture Notes in Computer Science, pp.47-56, 2016.,
G.Park,S.Choi,"TactileInformationTransmissionby2DStationaryPhantomSensations", 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18) 논문집,Paper258,10pages,2018.]

모바일 디바이스 구성 및 설계

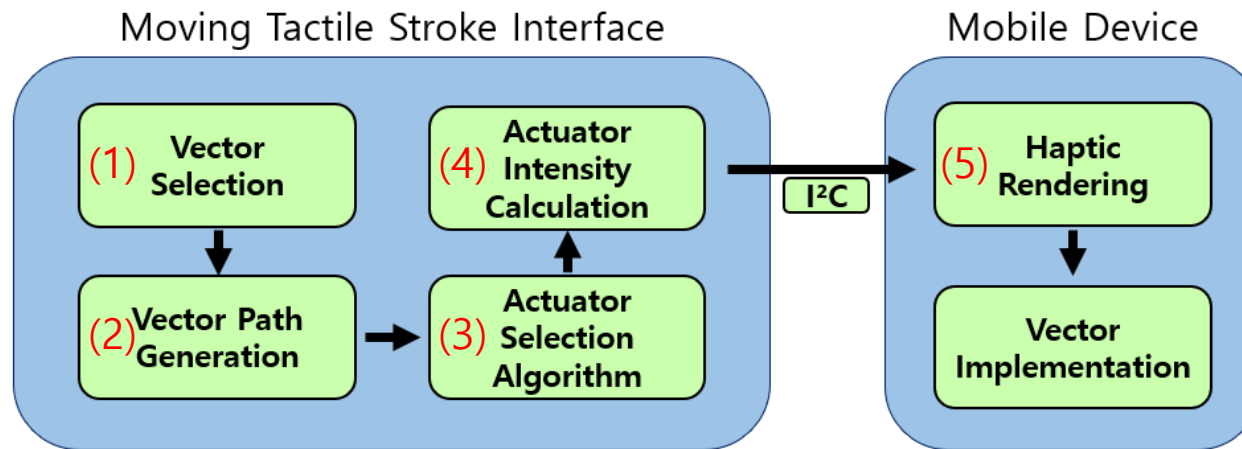


- iPhone13Pro(세로 147mm, 가로 73mm)
- 3×3 배열(총 9개)의 진동자
- 진동자: AC 모터 진동 (VG1040003D)
- 진동 모듈: DRV2605L
- 멀티플렉서: TCA9548A



전체 하드웨어 구성

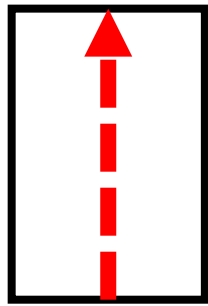
가상 진동 렌더링 파이프라인



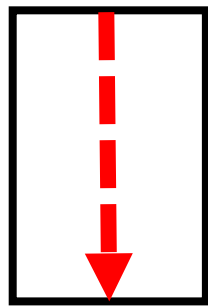
- (1) 벡터 선택
- (2) 벡터 경로 생성
- (3) 액추에이터(진동자) 선택
- (4) 액추에이터(진동자) 강도 계산
- (5) I²C 통신을 통한 구동

실험에 사용된 벡터

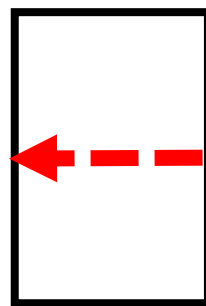
5가지 벡터 : 상·하·좌·우 + 수직·수평 복합 벡터



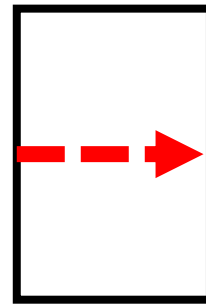
상



하

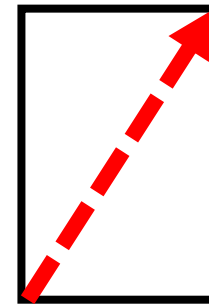


좌



우

+

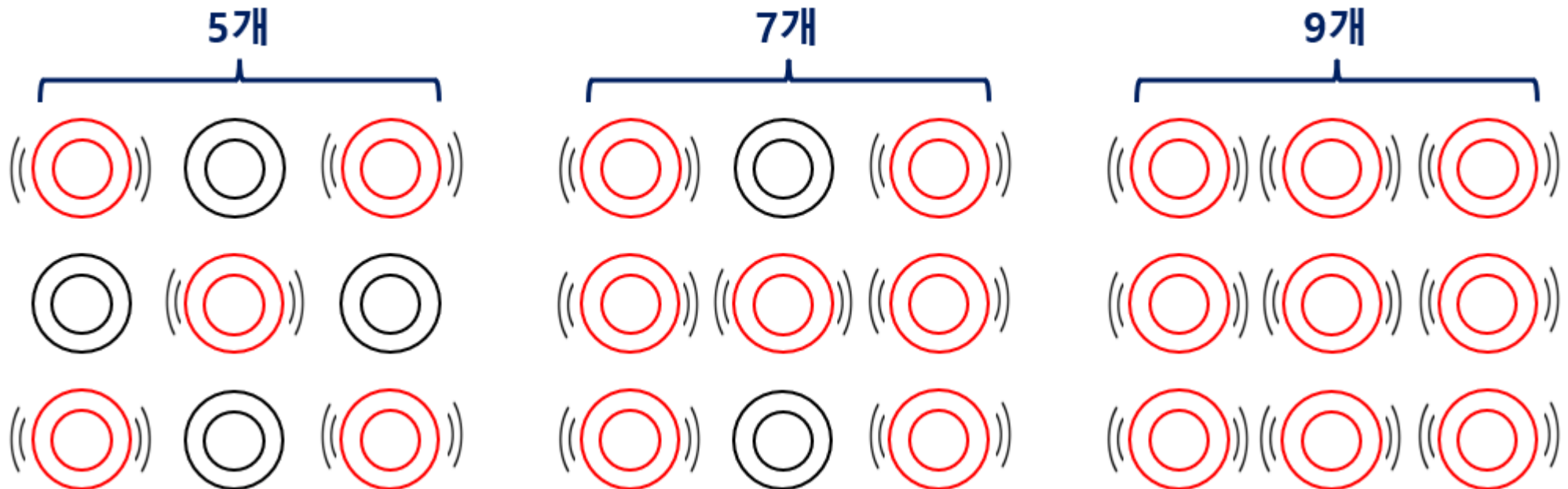


복합 벡터

가상 촉각(Phantom Sensation)과 활성 진동자

진동자 수에 따른 활성 진동자 배열

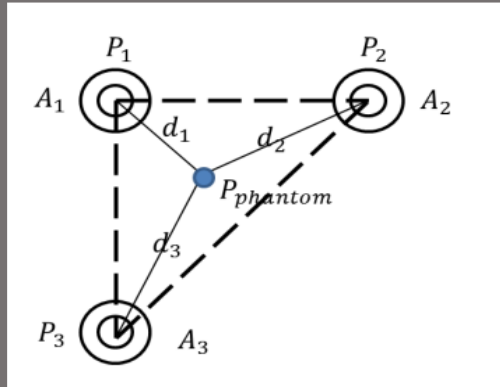
◎ 활성 진동자
○ 비활성 진동자



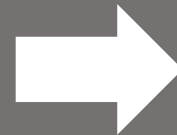
가상 촉각(Phantom Sensation)과 활성 진동자

진동자 수에 따른 활성 진동자

◎ 활성 진동자
○ 비활성 진동자



2차원 가상 촉각
(Phantom Sensation)

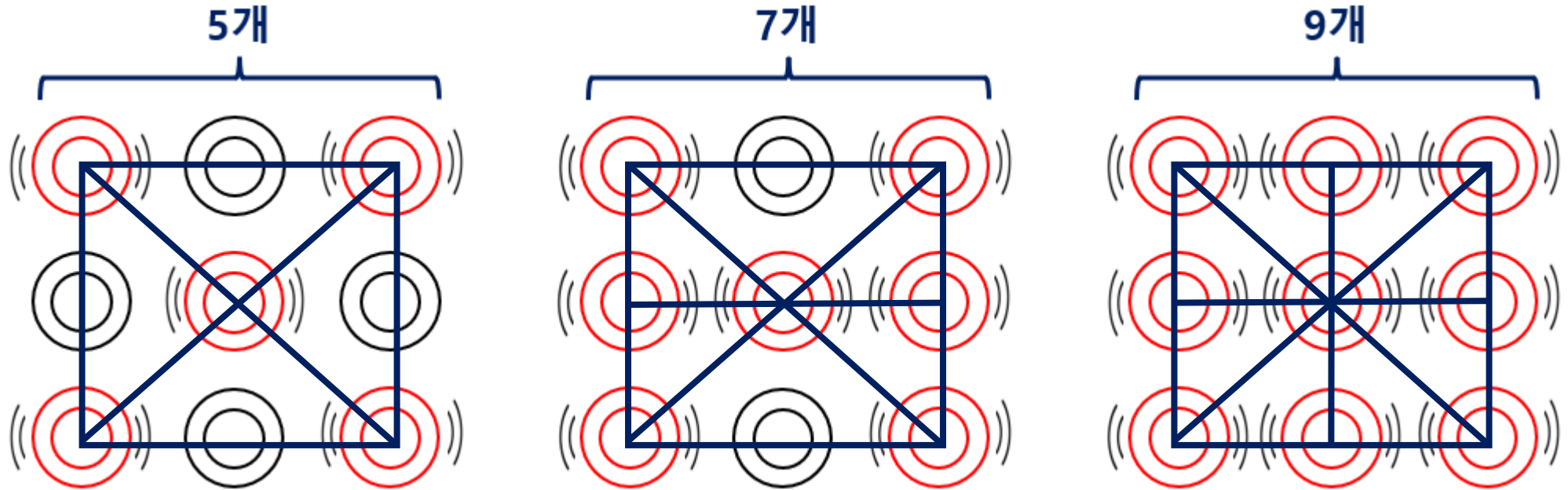


삼각형을 통한 좌표 렌더링

가상 촉각(Phantom Sensation)과 활성 진동자

진동자 수에 따른 활성 진동자

○ 활성 진동자
○ 비활성 진동자



→ 삼각형을 통해 모든 좌표를 커버

실험 결과

참가자	5개 진동자	7개 진동자	9개 진동자
P1	19/25 (76%)	17/25 (68%)	17/25 (68%)
P2	13/25 (52%)	14/25 (56%)	19/25 (76%)
P3	5/25 (20%)	15/25 (60%)	16/25 (64%)
P4	9/25 (36%)	19/25 (76%)	18/25 (72%)

평균 정확도:

5개 진동자 : 46%

7개 진동자 : 65%

9개 진동자 : 70%

(잠정적 결론)→ 진동자의 수가 증가할수록 전체적으로 인지 정확도가 높아진다.

THANK YOU