

영역 결정법에 기반한 사용자 트래킹 스마트 쇼핑카트

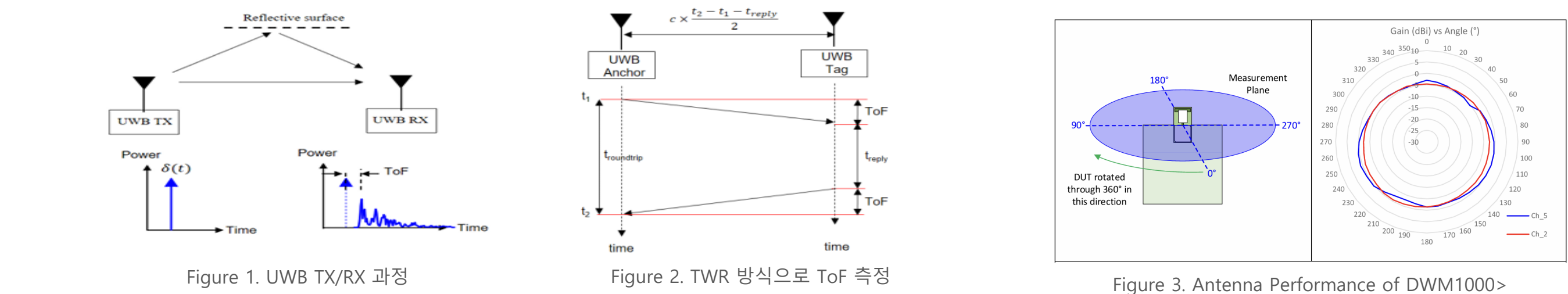
[나랑 같이 걸을래]
왕유빈, 배승현, 송규현, 문성연

작품개요

- RF통신, 초음파센서, 바코드 모듈, OLED 및 LCD를 사용하여 마트에서 소비자의 위치를 따라오며 계산 기능까지 탑재한 스마트 카트를 설계했다.
- 노인, 장애인 등 카트를 미는데 제약이 있는 사회계층에 도움을 주는 것에 포커스를 두었으며, 캐시, 카트 정리인원 등 기존 인력을 대체할 수 있도록 하였다.
- 통신공학, 신호처리, 설계과목에서 배운 전공지식을 활용해 완성도를 높였다.

UWB(Ultra Wideband) 통신을 통한 사용자의 상대위치 특정

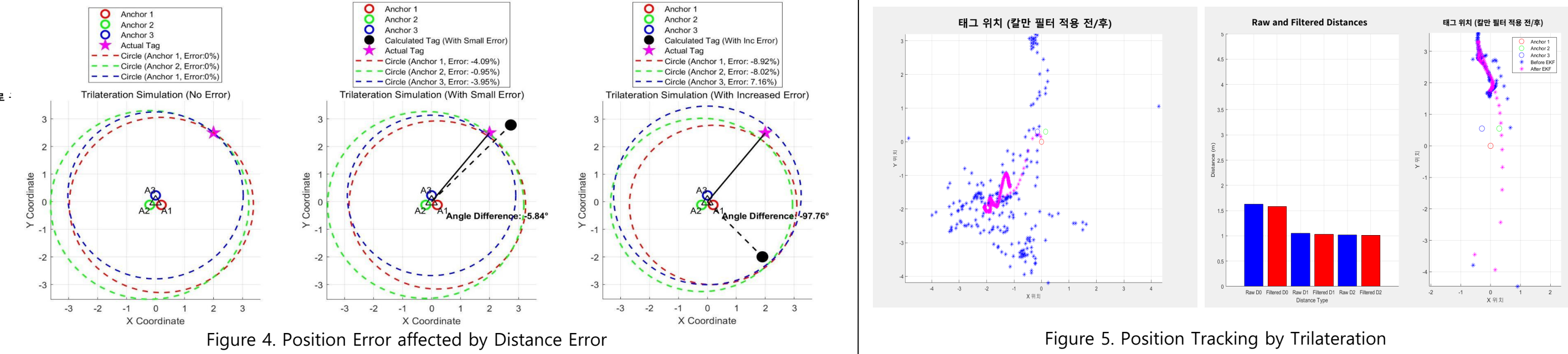
[UWB Distance Measurement Principle and DWM1000 Module]



UWB 통신은 Time domain에서 폭이 좁은 펄스파, 즉 Frequency domain에서 기존 무선통신보다 Bandwidth가 넓은 500MHz 이상의 주파수를 갖는 통신기술이다. 위 특성에 따라 송신펄스를 Impulse Signal로 가정할 수 있으므로, 수신신호는 직접파와 반사파가 중첩된 CIR(Channel Impulse Response)이 된다. 직접파가 선행하므로 수신신호의 첫 번째 피크까지 지연시간이 직접파의 도달시간(ToF)이다. 두 무선기기 간 거리 측정은 TWR(Two Way Ranging) 방식으로 이뤄진다. Anchor와 Tag가 CIR 패킷을 송/수신하고, 응답시간을 기록하여 거리를 계산한다.

UWB 통신 모듈로는 Crowtail 사의 dwm1000 모듈을 사용하였으며, 동작 주파수 대역은 3.5GHz에서 6.5GHz, 거리 측정 정확도는 10cm이다. 모듈의 Antenna Performance를 고려하여 최적의 안테나 이득을 얻도록 하기위해 차체의 정삼각형 각 꼭짓점에 UWB모듈을 수직으로 부착하였다.

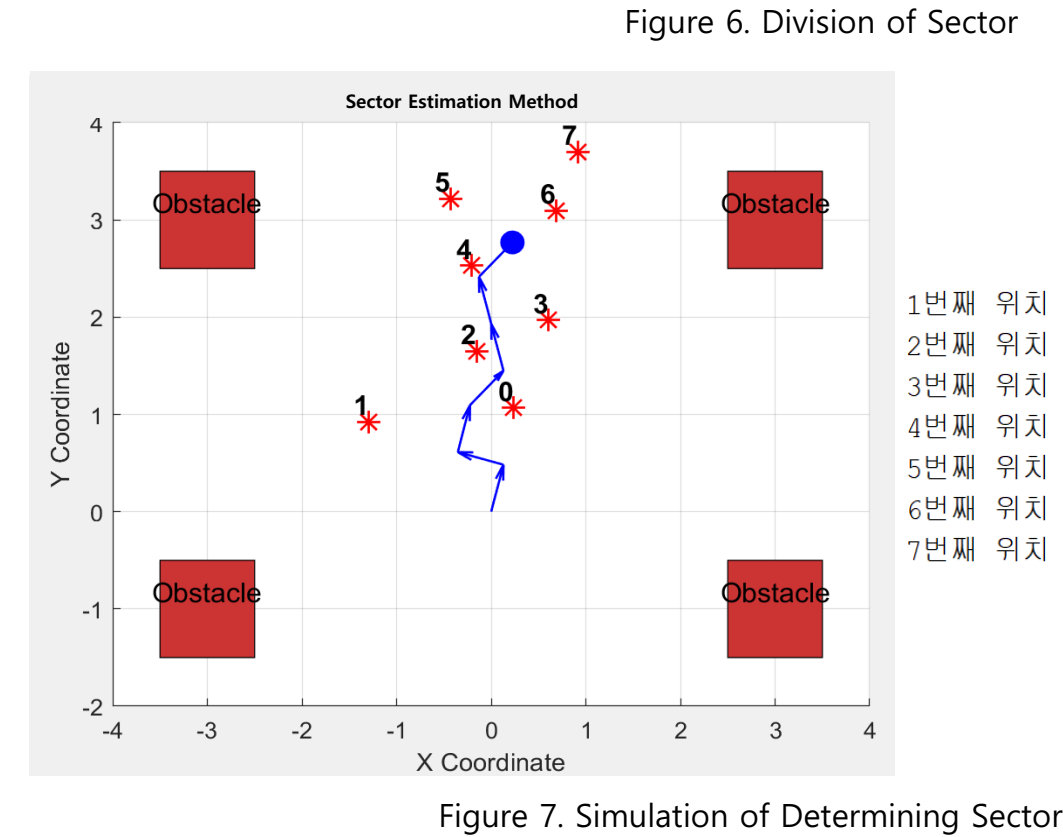
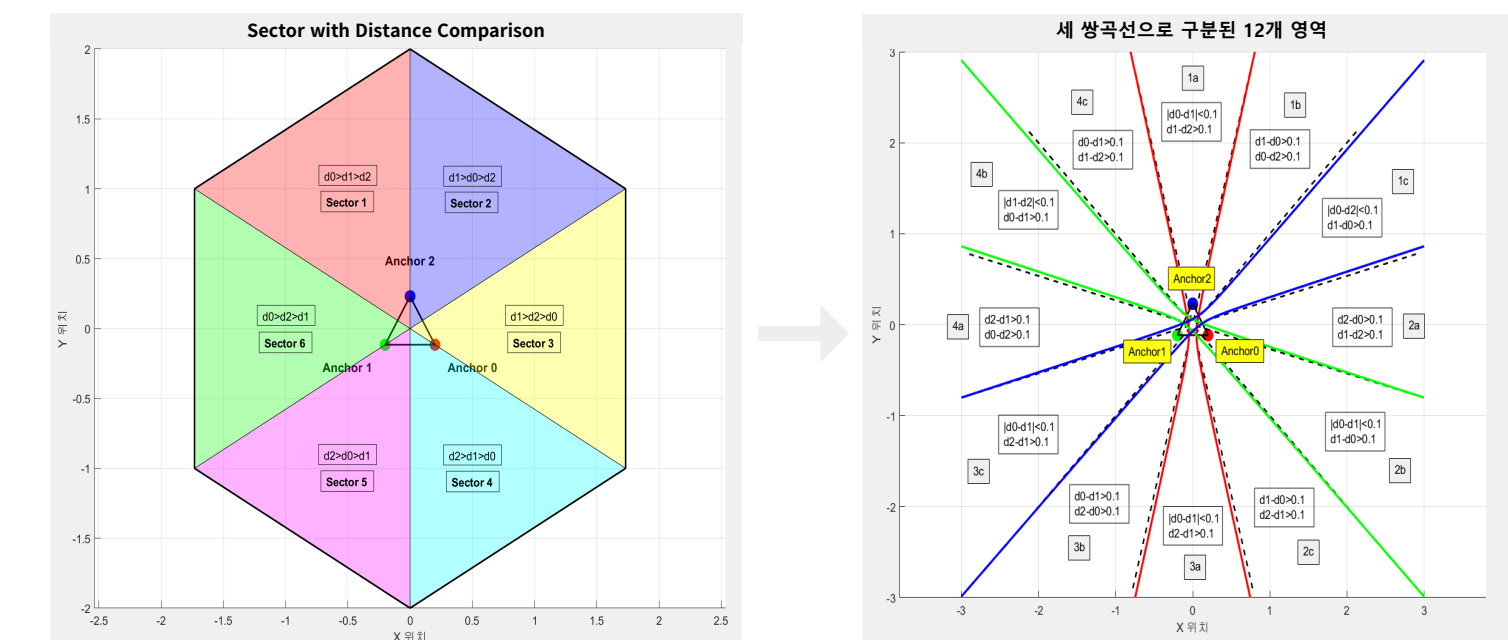
[Limit of Trilateration]



최초 고안한 측위 시스템(Positioning)은 삼변측량법(Trilateration)을 이용하는 방식으로 각 Anchor-Tag 간 거리를 반지름으로 하는 세 원의 교점을 구함으로써 Tag의 위치를 특정짓고자 했다. 그러나, 거리 데이터가 정확하지 않으면 세 원의 교점이 발생하지 않거나 전혀 다른 위치에 교점이 발생하게 되어 약간의 오차만으로도 정확도가 매우 낮아졌다.

각 거리 데이터에 10% 미만의 오차가 발생했을 때 Tag의 위치를 추정한 시뮬레이션에서 Figure 4와 같이 실제 좌표와 추정 좌표가 상당히 다르게 확인된다.

[Process of Determining the Sector]



Flow Chart

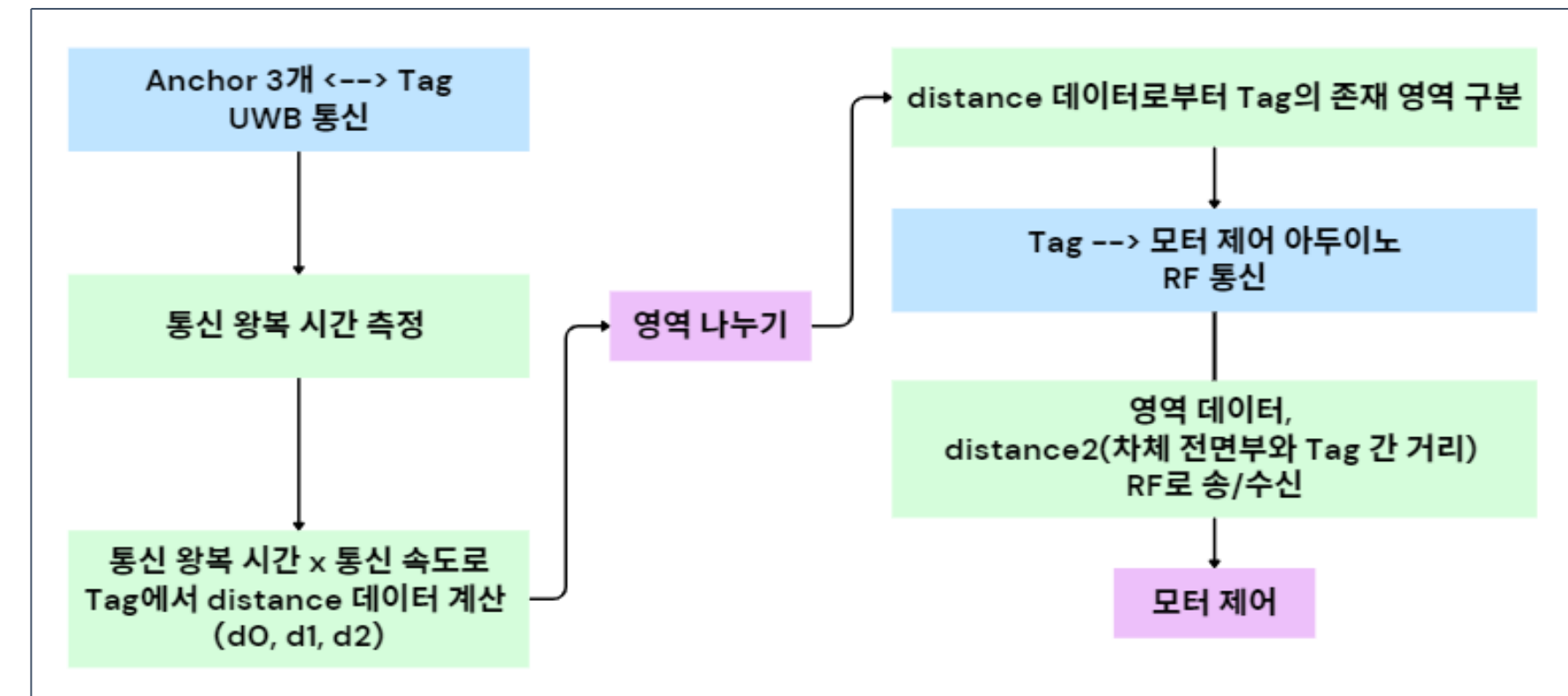


Figure 8. Flow Chart of Positioning

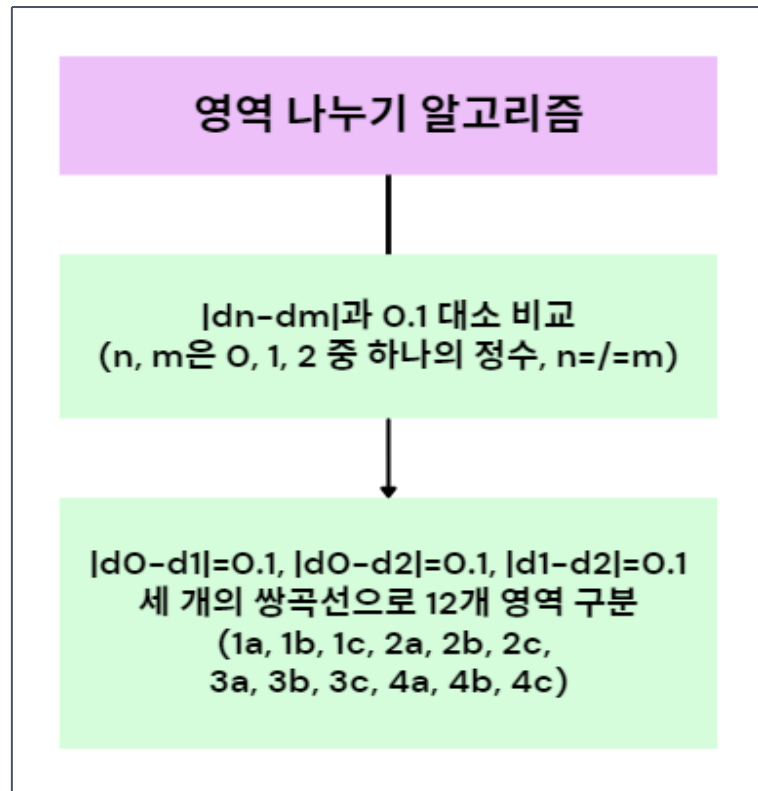
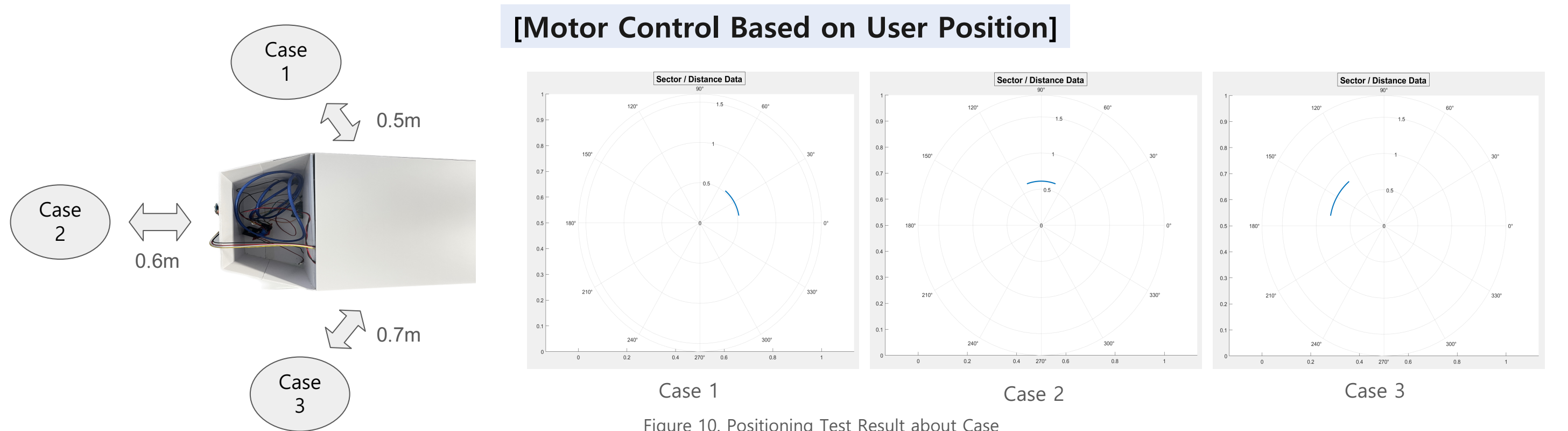


Figure 9. Flow Chart of Zone Division

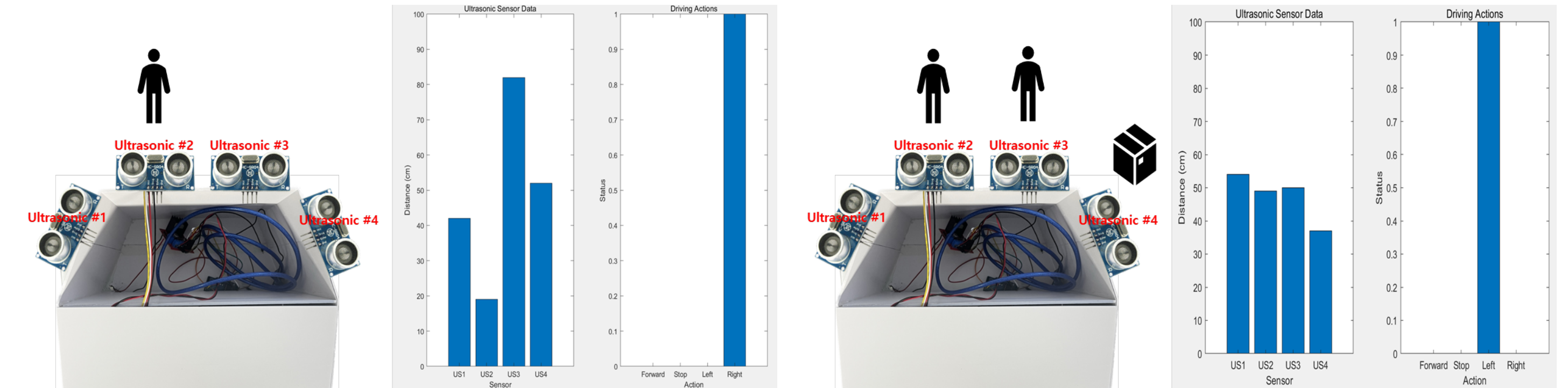
사용자 위치에 따른 모터제어 및 장애물 회피기동



UWB 통신을 이용한 영역 결정법을 통해 도출된 영역 데이터와 기준거리(d2)를 이용하여 상황에 맞는 주행을 수행한다. 주행 알고리즘은 기준거리가 일정 이상 커지기 전까지, 사용자가 카트의 정면에 위치하도록(a1 영역 도달) align 하고, 기준거리를 줄여 나가는 방식이다. Align 과정에서 처음 고안한 방식은 영역이 a1에 도달할 때까지 한쪽 모터만을 구동해, 영역이 1a로 들어오면 모터 구동을 멈추는 방식이었다. 그러나, UWB 통신과 아두이노의 시리얼 통신, RF 통신을 거치면서 1, 2초 정도의 딜레이가 발생하여 align 상 오차가 크게 발생하였다.

이를 반영하여 도출된 각 영역에 따라 모터의 회전각을 달리하여 a1영역으로 align하는 방식으로 수렴했다. 실험을 통해 각 영역에 적합한 차체의 회전을 모터의 속도 제어 및 delay로 구현하였다. RF 통신의 특성 상 일정 거리를 초과할 경우 통신이 불안정한 상태를 보여 align이 수행되면 곧바로 전진 동작을 수행하도록 하였다.

[Obstacle Evasion Maneuver]



UWB 통신을 이용한 추적주행은 장애물과의 충돌 상황을 방지할 수 없는 한계점이 있다. 이를 보완하기 위해, 모터 제어를 하는 도중 초음파 센서 출력값이 장애물 감지 상황으로 판단되면 Interrupt하여 Stop 및 회피 동작을 수행하도록 하였다.

정밀한 장애물 감지를 위해 전면부 좌측, 우측(2번, 3번), 좌측 45도(1번), 우측 45도(4번) 위치에 1개씩, 총 4개의 초음파 센서를 설치했다. 장애물 판단 거리로 지정한 Threshold 값보다 센서 측정값이 작으면, 해당하는 센서에 따라 상이한 회피 동작을 수행한다.

최초 장애물 판단은 전면부 2개의 초음파 센서를 이용하여 판단하고, 전면 2개의 센서 값이 동일한 경우 1번과 4번 센서 값을 비교하여 회피 동작을 수행하도록 하였다. Figure 13, 14의 'Flow Chart'가 해당 Case를 도식화한 것이다.

Flow Chart

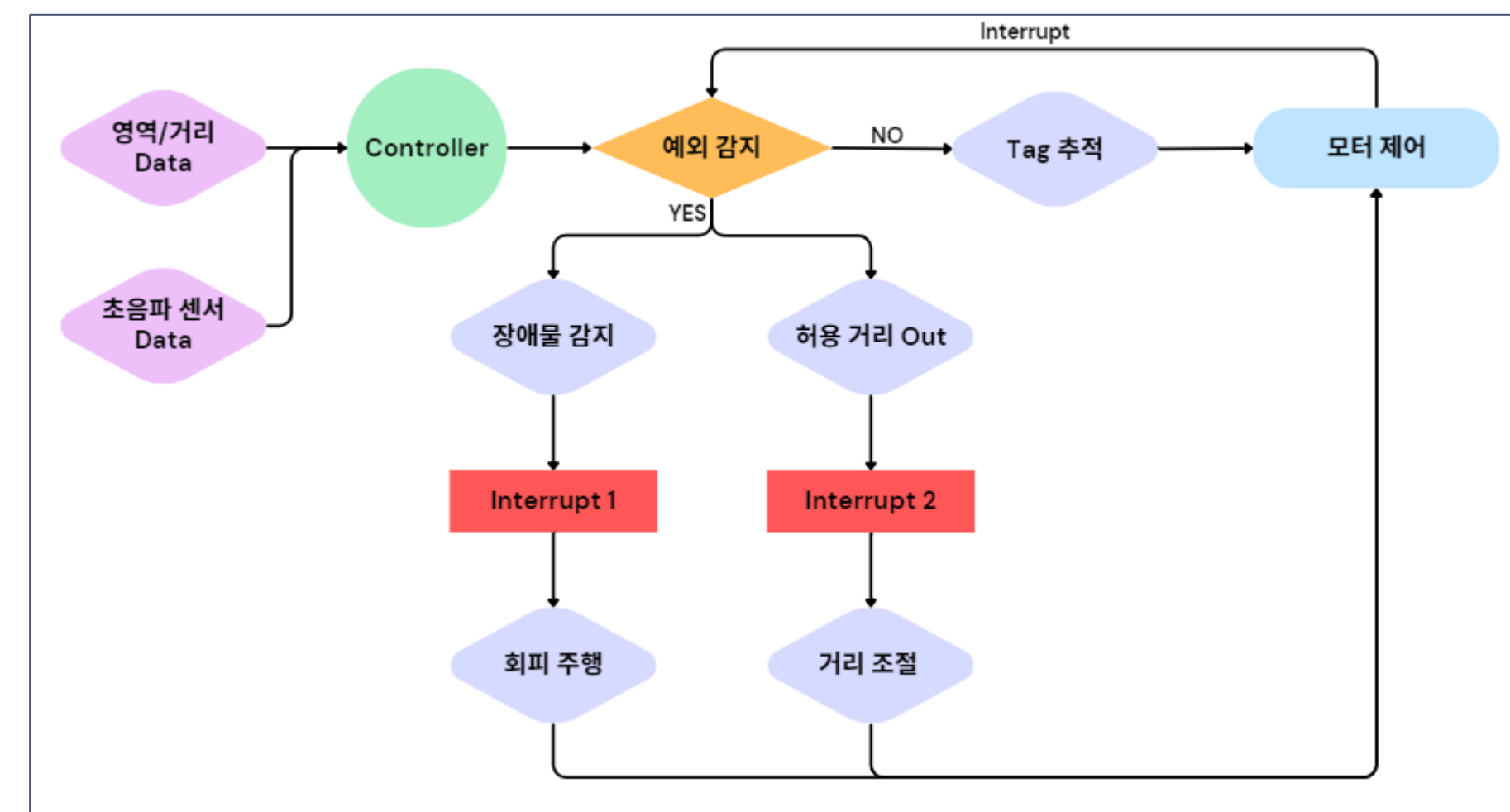


Figure 13. Flow Chart of Driving

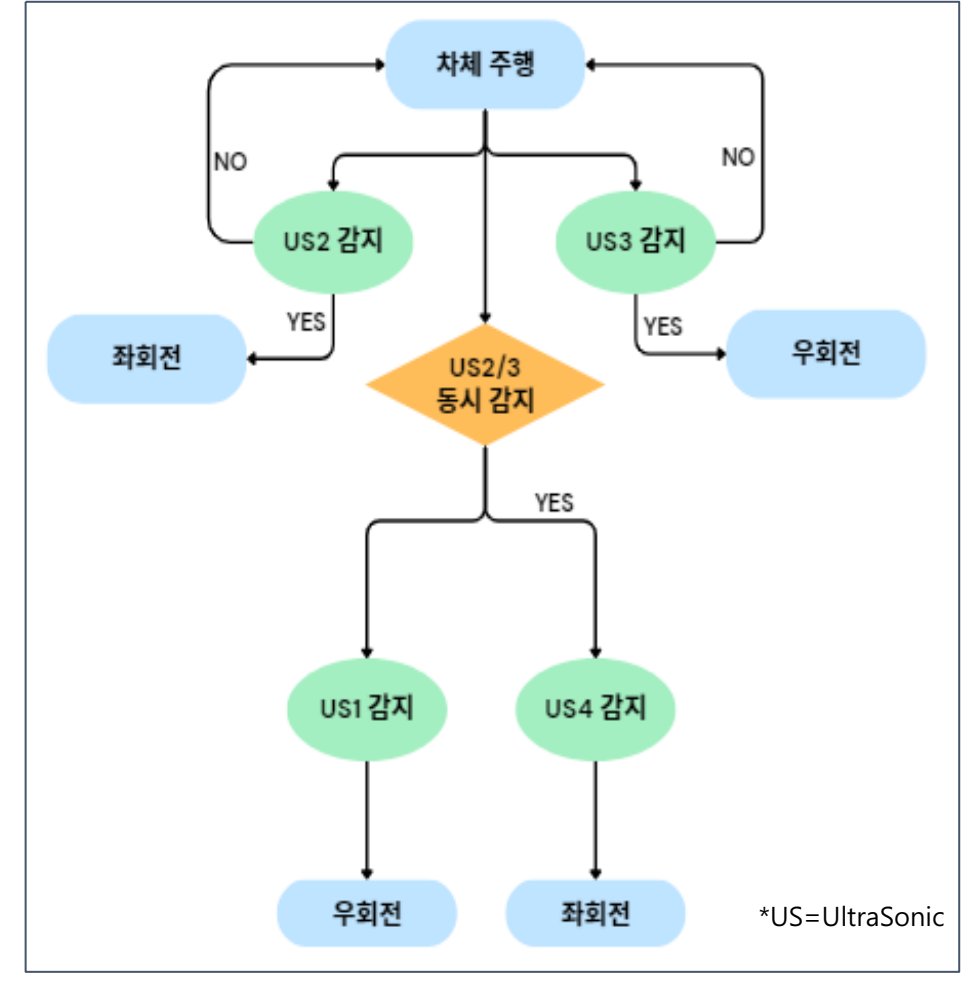


Figure 14. Flow Chart of Obstacle Avoidance

바코드 인식 및 무게 센서 활용 OLED & LCD 동작

Flow Chart

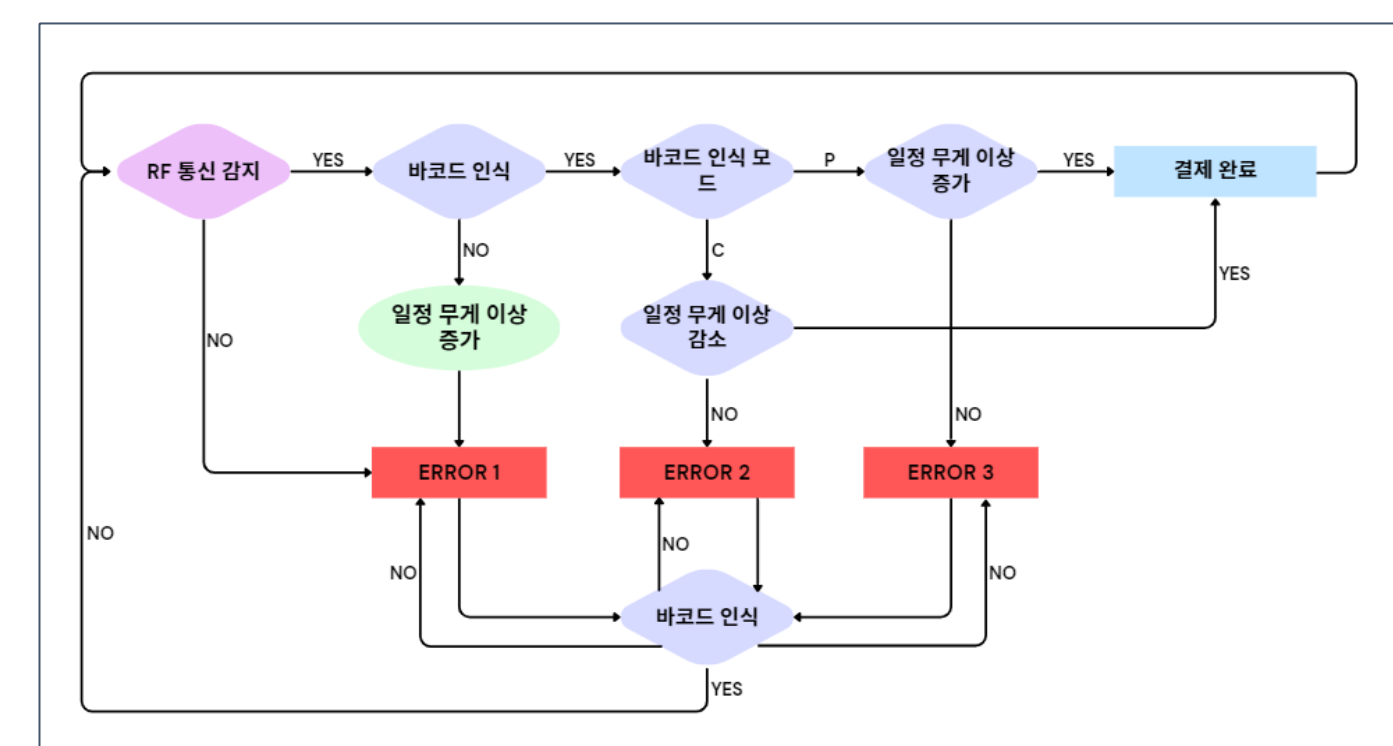


Figure 15. Flow Chart of Purchase

OLED 화면 예시



LCD 화면 예시

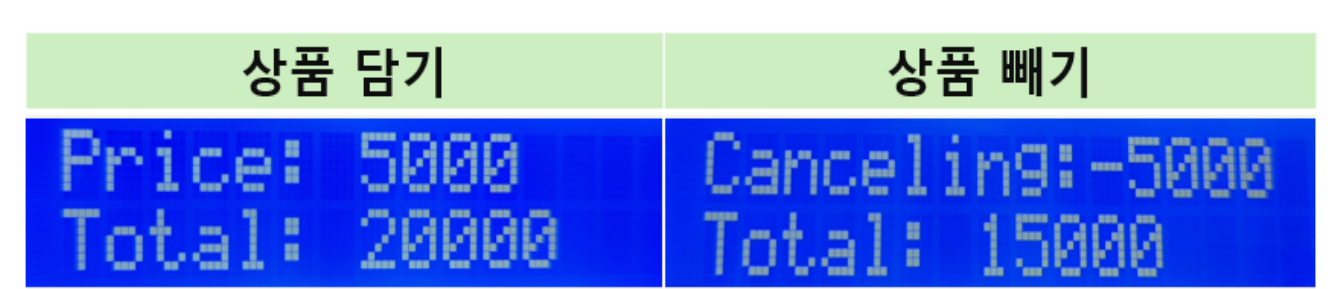


Figure 17. Image for Adding/Removing

결론

- 본 제품은 연령, 신체조건과 무관하게 누구나 평등한 쇼핑 문화를 누릴 수 있는 점과 오프라인 매장 무인화라는 장점을 지녔다. 소비자들이 쇼핑에만 집중할 수 있는 환경을 제공함으로써, 쇼핑 경험을 단순 구매 행위를 넘어선 하나의 즐거운 활동으로 발전시켰고 이를 비교적 경제적인 방식으로 구현하였다는 점에서 의의가 있다.
- 이러한 기술은 소비자들에게 편의와 만족을 선사하며, 온라인 시장이 비대해지는 현재, 오프라인 시장의 미래 지향적인 쇼핑 패러다임을 제시하게 될 것이라 기대한다.