

UWB 센서를 이용한 동적 피사체 위치 추적 시스템 개발 - 실감미디어 무대기술 적용을 중심으로 -

*김동기 **이석준 ***안유미 ***김동현

(재)대구디지털산업진흥원

*dgkim@dip.or.kr

Development of dynamic object location tracking system for using Ultra Wide Band Sensor

-Mainly applied to the stage technology by immersive media -

*Kim, Dong-Gi **Lee, Seok-Jun ***Ahn, Yu-Mi ***Kim, Dong-Hyun

Daegu Digital Industry Promotion Agency

요약

본 연구는 실감미디어를 활용한 무대기술 적용을 위해 UWB 센서를 이용한 동적 피사체 추적 시스템을 제안하고자 한다. 최근 공연산업에서는 실감미디어를 활용하여 관객의 오감을 자극하여 극도의 몰입감을 제공하는 시도가 지속해서 증가하고 있다. 특히 배우와 무대장치의 움직임을 실시간으로 반영하여 디지털 미디어 연출 요소로 활용한다면 관객의 실재감과 몰입감을 효과적으로 증대시킬 수 있다. 하지만 대부분 위치추적 솔루션은 제조, 물류, 유비쿼터스 자동화 시스템으로 연구가 활발히 진행되고 있으며, 공연 무대기술과 관련하여 위치추적 솔루션 연구는 미진한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 고속의 근거리 무선 통신망을 제공할 수 있는 해결책으로 최근 주목받고 있는 Ultra Wide Band 무선 센서를 사용하여 무대 공연기술 활용에 적합한 동적 피사체 위치추적 시스템을 개발하고, 그 성능을 실험하여 위치정보의 정확도를 분석하고자 한다.

1. 서론

최근 연극, 뮤지컬, 미디어아트, 전시 등 다양한 공연분야에서 실감미디어 기술과 융합의 시도가 지속되고 있다. 실감미디어는 가상의 환경에서 공간과 시간의 제약을 극복하면서 실재감(presense)과 몰입감(immersion)을 제공할 수 있는 다양한 형태의 미디어 정보들의 통합된 표현으로 정의할 수 있다.^[1] 따라서 무대 공연에서 실감미디어의 활용은 한정된 공간에서의 영역을 확대하고 시간과 공간에 대한 한계를 극복함은 물론 감각과 감성을 직접 자극하여 관객으로 하여금 공연에 대한 현실감과 몰입을 증대시키고 연출가의 표현에 있어 다양한 가능성을 가지게 해준다. 특히, 배우와 무대장치의 움직임을 실시간으로 반영하는 실감미디어기술은 관객의 공감각적 자극을 도출하는 연출 요소로 활용될 수 있다.

공연무대에서 디지털 미디어의 연출 요소는 색, 빛, 신체, 정보 전달, 공간 등이 있다.^[2] 이러한 연출 요소에 배우와 무대장치의 움직임을 반영한다면 관객들로 하여금 실시간 공감각적 공감대를 끌어낼 수 있다. 하지만 동적 피사체 위치 인식 솔루션의 경우 제조, 물류, 유비쿼터스 자동화 시스템으로 활용되는 것이 대부분이며 공연 무대기술을 위한 위치추적 솔루션 관련 국내 연구 사례는 미진한 실정이다.

본 연구에서는 Ultra Wide Band(이하 UWB) 주파수를 사용한 위치인식 시스템을 이용하여 무대상의 동적 피사체 위치를 추적하는 시스템을 제안한다. 공연 무대기술에서 조명, 영상, 음향, 특수

효과 등을 제어하기 위해 별도의 하드웨어 및 소프트웨어 솔루션을 운영하는 특성을 고려하여 동적 피사체 위치추적 시스템 또한 기존에 사용하고 있는 무대기술 솔루션과 유기적으로 연결할 수 있도록 하여 사용자의 편의성을 고려했다.

UWB는 중심주파수의 20% 이상 또는 500MHz 이상의 점유 대역폭을 가지는 저전력 근거리 초고속의 무선 전송 기술로서 고속의 근거리 무선통신망을 제공할 수 있는 해결책으로 제시되고 있다. UWB는 투과성이 비교적 좋아서 건물 내의 벽이나, 비금속 탄막 등을 통과할 수 있다. 신호에너지를 GHz 대역폭에 걸쳐 스펙트럼으로 분산 및 송신함으로써 다른 협대역 신호를 간섭하지 않고 주파수에 크게 구애받지 않으며 높은 시간 해상도를 제공한다.^[3]

본 논문에서는 UWB 센서를 사용해 실감미디어 공연 무대기술에 적용 가능한 동적 피사체 추적시스템 구현에 관해 기술한다. 2장에서는 UWB 센서를 활용한 동적 피사체 추적시스템 구조를 설명하고, 3장에서는 실험 및 결과를 분석하며, 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 시스템 구조

UWB 센서를 활용한 동적 피사체 추적시스템은 UWB 센서를 활용하여 동적 피사체의 위치정보를 추적하여 위치정보를 송신하고 수신된 데이터를 가시화할 수 있다. 그림 1은 UWB 센서를 활용한 동적 피사체 추적시스템 전체 구조도를 나타낸다.

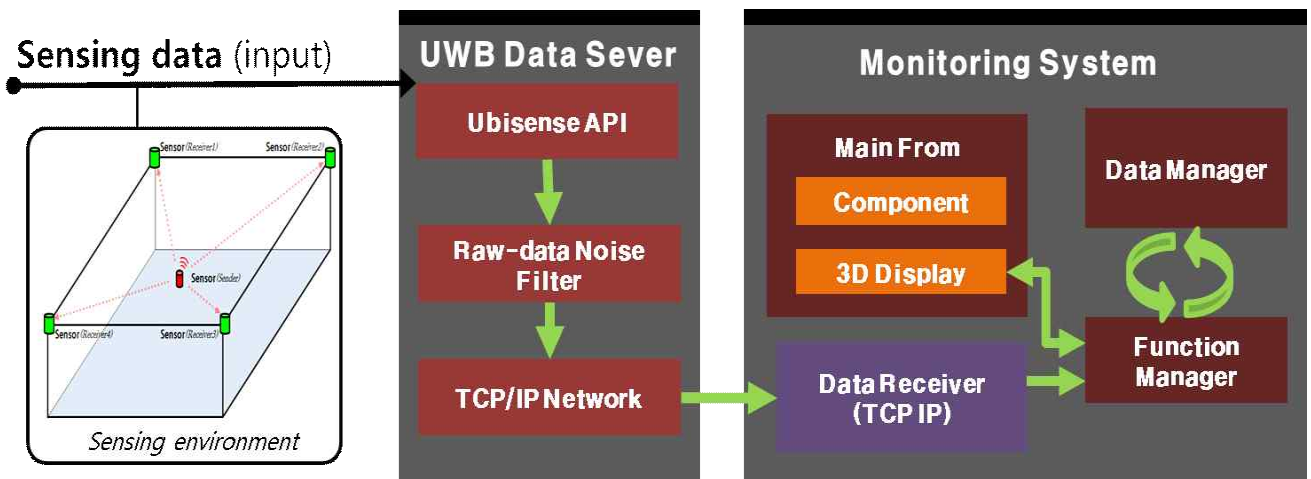


그림 1 UWB센서를 이용한 동적 피사체 추적시스템 전체 구조도

UWB 센서를 활용한 동적 피사체 추적시스템은 크게 UWB 위치데이터 송신 서버, 위치 데이터 가시화 모듈 부분으로 구성되어 있다. UWB 위치 데이터 송신 서버는 UWB 센서에서 입력 값으로 들어온 위치 정보를 위치 정보를 필터링하여 TCP/IP를 통해 Client로 전송한다. 위치 데이터 가시화 모듈은 서버에서 전달받은 위치정보를 가시화하여 태그의 위치 및 상태정보를 가시화한다.

2.1. UWB 위치데이터 송신 서버 구조

UWB 위치데이터 송신 서버는 UWB 센서와 태그에서 발생하는 위치정보를 입력받아 노이즈를 제거하고 TCP/IP통신을 통해 연결된 무대기술 솔루션으로 위치정보를 전달하는 것이 핵심 기능이다. 그림 2는 UWB 위치데이터 송신 서버 구조를 나타낸다. 총 8개의 클래스로 위치정보 수신, 위치정보 전달, 노이즈 필터, 네트워크 연결 4가지 기능을 수행한다.

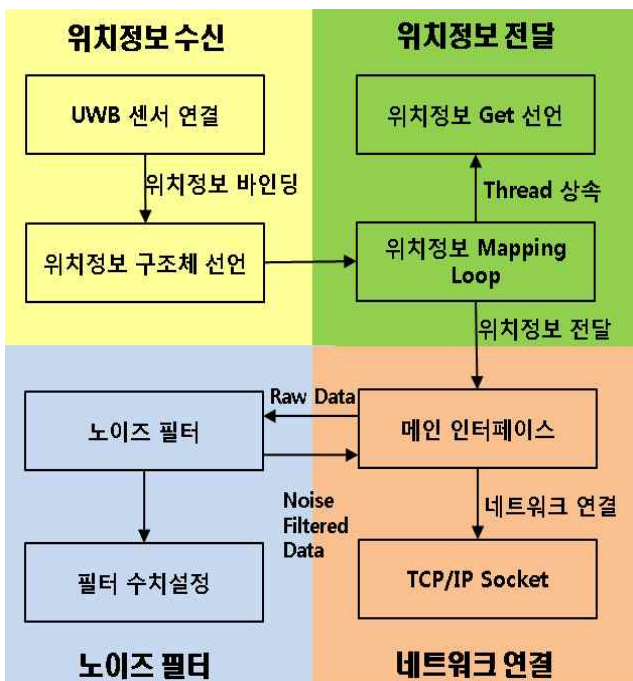


그림 2. UWB 위치데이터 송신 서버 구조

2.2. 위치데이터 가시화 모듈 구조

위치데이터 가시화 모듈은 데이터 송신 서버로부터 수신한 위치정보를 시각화하는 역할을 담당한다. 모니터링에서는 수신한 위치정보를 왜곡 없이 실시간으로 표현할 수 있어야 하며 UWB 센서와 태그, 상황에 따라 추가적인 모듈의 유기적인 동작 상태를 보다 효과적으로 볼 수 있도록 하는 것이 목적이다.

모듈 실행 초기에 실제 무대 영역 크기를 환경설정을 통해 가시화 영역에 매핑하고 위치정보를 수신하기 위해 대기한다. TCP/IP를 통해 데이터를 수신하면 데이터 클래스로 별도 관리한다. 가시화 영역에서는 데이터 클래스를 주기적 호출하여 화면의 위치정보를 갱신하고 수신한 데이터의 전체적인 분포를 확인하기 위해 일정한 수의 태그 객체를 화면에서 유지하도록 했다. 가시화 모듈의 전체적인 프로세스는 그림1의 Monitoring System 부분을 참고하면 된다.

그림3은 현재 개발된 가시화 모듈 구조이며 화면 왼쪽영역에는 네트워크를 통해 수신 중인 태그의 내역을 나타내고 수신내용을 실시간으로 보여준다. 화면 오른쪽영역은 위치정보를 가시화한 것으로 화면상의 격자는 무대 영역을 가상으로 설정한 것이며 격자 1칸은 실제 무대 1m에 해당한다. 다수의 점은 수신한 태그 위치정보를 표현한 것이다. 가시화 영역은 마우스를 이용하여 좌우 상하 이동 및 X축과 Y축 기준으로 회전할 수 있고 스크롤을 이용하여 Zoom In/Out이 가능하다.

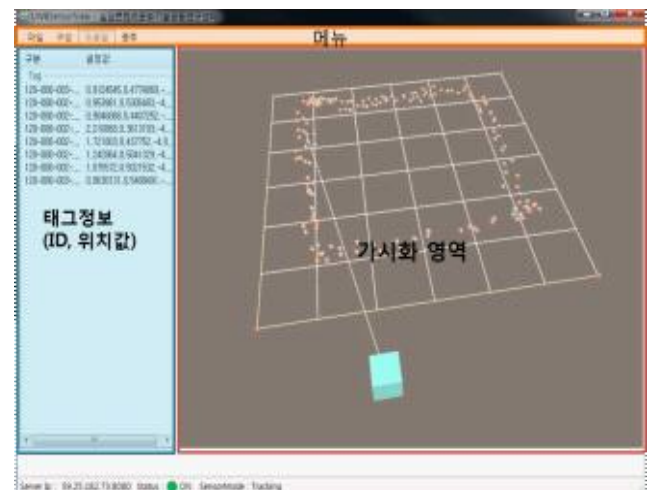


그림 3. 위치데이터 가시화 모듈 화면 구성

3. 실험 및 결과

UWB 센서를 이용한 위치인식 실험은 UWB 주파수 대역을 사용하는 Ubisense 사의 Ubisense RTLS 제품을 사용하였다. 4개의 UWB 센서를 설치 후 Active 방식으로 태그의 움직임을 감지하여 태그의 위치정보를 UWB 위치정보 송신 서버로 전달한다. 태그의 위치계산은 TDOA 방식과 DOA 방식을 동시에 사용한다. 본 시스템의 성능 실험을 위해 소극장 공연무대와 흡사한 테스트 베드를 구축하여 실험 환경을 조성하였다.

그림 4는 UWB 센서용 가변식 테스트 베드 설계도와 구축현장 사진을 나타낸다. 가변식 테스트 베드의 크기는 가로 6m, 세로 6m, 높이 2.5m이다. 4개의 UWB 센서는 테스트 베드 상단 모서리에 각각 배치하였으며 Calibration을 위한 중심점은 (2,3)로 잡았다. 가변식 테스트 베드는 홀로그래프 영상, 미디어 파사드, 프로젝션 매핑 등의 공연 무대기술과 동적 피사체 추적시스템 적용이 가능하도록 설계되었다.

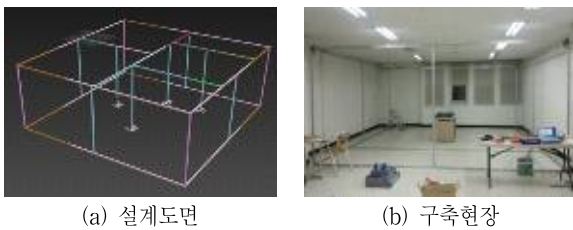


그림 4. UWB센서용 가변식 테스트 베드 구축

3.1 고정좌표 정확도 실험

UWB 센서를 이용한 동적 피사체 추적시스템의 정확도를 판단하기 위해 고정 좌표에 태그를 위치시키고 위치정보를 일정 시간 동안 수신 받도록 한다. 가시화 모듈에서 수신된 위치정보 Log를 추출하여 위치정보의 정확도를 분석했다. 그림 5는 고정좌표에서 수신된 태그의 위치정보 정확도 실험결과를 나타낸다.

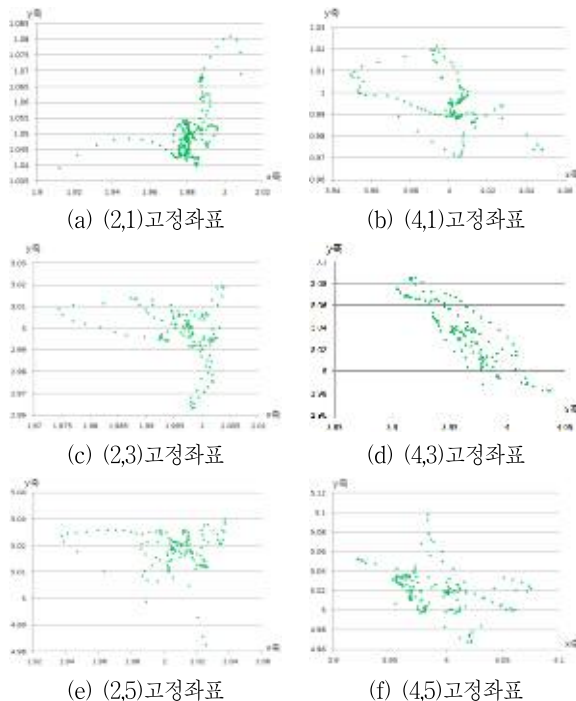


그림 5. 고정좌표 정확도 실험 결과

3.2 평행이동 정확도 실험

UWB 센서를 이용한 동적 피사체 추적시스템의 정확도를 판단하기 위해 이동하는 태그의 위치 정확도 실험을 진행하였다. x축, y축으로 평행 직선운동으로 실험하였고, 테스트 베드 구축 재료로 사용된 프로파일을 사용하여 차량 로봇이 직선운동이 가능하도록 레일을 설치하였다. UWB 태그가 부착된 차량 로봇이 레일에서 직선운동을 하고 차량 상단에 부착된 태그의 위치정보를 수신하여 정확도를 분석하였다. 그림 6은 직선운동을 위해 설치된 레일과 UWB 태그가 부착된 차량 로봇을 나타낸다.

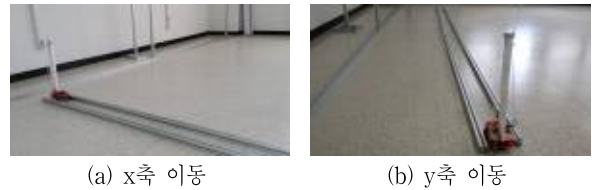


그림 6. 직선운동 실험

그림 7은 이동좌표 정확도 실험결과를 나타낸다. a,b는 x축 평행이동 실험결과이고, c,d는 y축 평행이동 실험결과이다. 그림 7의 a는 식(1), b는 식(2), c는 식(3), d는 식(4)와 같다.

- (a) $y = 1$, x축 평행이동 (1)
- (b) $y = 3$, x축 평행이동 (2)
- (c) $x = 2$, y축 평행이동 (3)
- (d) $x = 4$, y축 평행이동 (4)

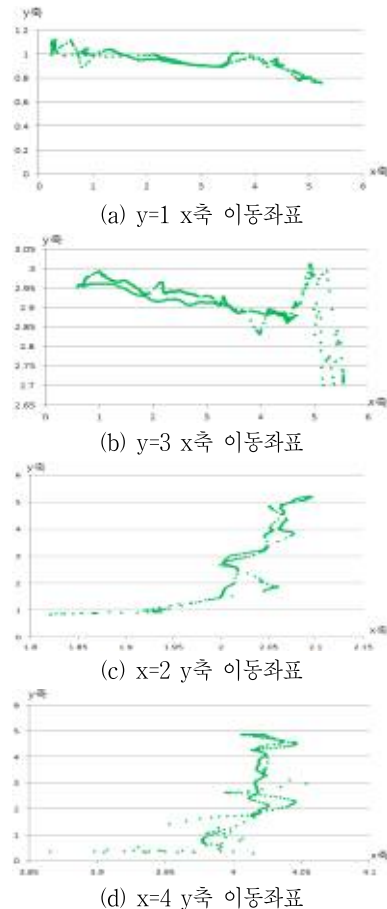


그림 7. 이동좌표 정확도 실험 결과

3.3 실험결과

UWB 센서를 이용한 동적 피사체 추적시스템에서 처리되는 위치정보의 정확도를 측정하기 위해 고정좌표와 평행이동 정확도 실험을 진행하였다. (2,1), (2,3), (2,5), (4,1), (4,3), (4,5) 6개의 고정좌표에 UWB 태그를 고정하고 각각 10초간 위치정보를 수신하였다. 4대의 UWB 센서와 1개의 태그를 사용할 경우 평균 107.07msec 속도로 감지되었다. 표 1에서는 6개의 고정좌표를 기준으로 UWB 센서를 이용한 동적 피사체 추적시스템에서 처리된 위치정보의 오차값을 최댓값, 평균값, 표준편차로 분석한 결과를 나타낸다.

표 1. 고정좌표 실험결과 오차값 분석

(단위 : mm)

좌표	구분		최댓값		평균값		표준편차	
	x값	y값	x값	y값	x값	y값	x값	y값
(2,1)	87.911	80.81	18.835	50.665	10.800	8.310		
(2,3)	25.463	36.908	4.472	9.128	5.323	8.891		
(2,5)	62.379	29.578	17.277	18.902	13.294	5.656		
(4,1)	50.428	29.256	13.512	10.615	14.699	7.192		
(4,3)	95.834	84.995	41.927	37.502	24.911	24.049		
(4,5)	78.439	97.146	27.662	24.269	19.262	17.780		

평행이동 실험의 경우 4대의 UWB 센서와 태그를 사용하였고 평균 감지속도 또한 107.07msec로 동일하게 감지되었다. 표 2는 x, y축 평행이동 실험 결과 데이터를 최댓값, 평균값, 표준편차로 분석한 결과를 나타낸다.

표 2. 평행이동 실험결과 오차 값 분석

(단위 : mm)

구분	최댓값			평균값			표준편차		
	식	x값	y값	x값	y값	x값	y값	x값	y값
y = 1		247.718		78.759		60.258			
y = 3		300.598		87.395		57.038			
x = 2		179.067		54.694		36.111			
x = 4		134.339		24.346		17.239			

UWB 센서를 이용한 동적 피사체 추적시스템의 정확도 실험을 통해 공연무대에 적용하였을 경우 최대 300mm 이내의 오차가 발생할 수 있으며 오차값의 총 평균은 61.2mm로 나타났다. 또한 태그가 이동할 때보다 고정되어있을 때 높은 정확도를 가지며 초기 Calibration 기준점인 (2,3) 부근에서 정확도가 높은 것으로 나타났다.

4. 결론

본 논문에서는 UWB 센서를 사용해 실감미디어 공연 무대기술에 적용 가능한 동적 피사체 추적시스템을 제안하였다. 기존에 사용하고 있는 무대기술 솔루션과 연동을 위해 네트워크 연동을 통해 디지털 미디어 연출효과의 확장성을 높였다. 또한, 무대상의 위치정보 가시화를 위해 모니터링 모듈을 제시하였다. 소극장과 유사한 크기의 테스트 베드를 구축하여 보다 공연현장을 반영한 위치정보의 정확도를 도출하였다. 실험결과 태그가 이동할 때보다 고정되어있을 때 높은 정확도를 가지며 초기 Calibration 기준점인 (2,3) 부근에서 높은 정확도를 가지는 것으로 나타났다.

향후, UWB 센서 자체가 가지는 위치정보의 오차율을 개선하는 알고리즘을 적용하고 보다 빠르고 정확한 스트리밍 방식으로 위치정보 전달할 수 있는 네트워크 설계가 필요하다. 또한 다양한 위치인식 센서를 활용하여 센서별 비교하고 다양한 무대기술과 적용 가능성을 연구할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 실감미디어산업R&D 기반구축 및 성과확산사업의 연구결과로 수행되었음. (A0067 00002)

참고 문헌

- [1] 전미혜, “연극무대에서의 공간각적 경험에 관한 연구” - 미디어아트 활용을 중심으로-, 한국공간디자인학회 27, 2014, pp.19-27.
- [2] 하은경, “디지털 미디어에 의한 예술의 확장성에 관한 연구”, 한국공간디자인학회 20, 2007, pp.1564-1568.
- [3] 서용찬, 김기일, 정준석, “스마트 시대에서의 실감 미디어 기술 동향”, 한국통신학회 30(5), 2013, pp.79-87.
- [4] 김완, 안기진, 주현철, 이경철, 안진웅, 손명규, 양연모, 송황준, “UWB 채널 상에서 실내 위치인식을 위한 시뮬레이터”, 한국통신학회논문지 35(7), 2010, pp.1058-1065.
- [5] 강병욱, 백운진, 최향량, 정다운, 추영열, “UWB 센서를 이용한 지능형 헬스 트레이닝 관리 시스템”, 한국통신학회, 2007, pp.279-283