# Global Report

## 공장바닥 레이아웃 계획을 위한 가상현실 의사결정 협업 도구



국토교통과학기술진흥원

작성자 | 정상규

## 1. 서론

오늘날 제조 산업은 증가하는 맞춤형 생산 요구에 대응해야 하고 그 생산과정을 빠르게 적응할 수 있다. 민첩성을 유지하고 고객 요구에 대응하기 위해 Industry 4.0과 디지털 트윈은 생산과정의 시뮬레이이션과 최적화 작업을 위한 핵심 개념들이다. 디지털 트윈의 일부인 가상현실(이하 VR)은 생산 및 공정 설계, 시설 레이아웃, 훈련, 원격 협업 등의 분야에서 우수한 잠재성을 갖고 있는 도구들 중 하나다. 실제로 VR은 최초 시행 작업을 원활하게 하고 의사결정 과정에서 이해관계자들을 포함시킨다.

공장계획에 중점을 둘 경우에 시뮬레이션 도구들은 레이아웃을 정의하는데 사용될 수 있고 공정에 수반되는 생산흐름을 조사할 수 있다. 게다가 이 도구들은 의사결정과정의 입력 자료인 핵심적인 성능 지표들을 산출할 수 있다. 산출된 지표들에도 불구하고 이해관계자들은 화면상에 2D나 3D 캐드만으로 시각화된 레이아웃 제안 속에서 자신들을 가시화하는데 어려워한다. 게다가 이해관계자들은 이러한 계획을 일정비율의 시험체로 제시하지 않으면 인간공학과 안전성 문제를 고려하기 어렵다. 이러한 한계들을 극복하고 몇 가지 단점들(시간 소요, 비용, 필요한 여유 공간 등)을 가진 레이아웃의 새로운 물리적 모델을 제작하지 않도록 하기 위해 VR은 시뮬레이션을 위한 보완도구로서의 역할을 수행한다. 실제로 VR은 시뮬레이션이 할 수 없는 조작자의 움직임, 생산 흐름, 인간공학 및 안전 고려사항과 같은 현실적인 데이터를 수집할 수 있고 사람들이 새로운 레이아웃 내에 사람들이 가시화될 수 있도록 도와준다. 디지털 공장의 CAD 도구는 최근 VR 가시화 성능을 도입했지만 상호작용과 협업이 제한적이다.

몇몇 연구 문헌들은 제품 설계와 공장 레이아웃 계획을 촉진하는 “협업 설계”의 개념을 제안하였다. 협업 설계는 가상의 공장 안에서 사람들이 서로 상호작용하고 돌아다니며 객체들을 조작(만들기, 잡기, 편집하고 삭제하기)할 수 있다고 가정한다. 이러한 연구들로 인해 몇 가지 상업적 VR 도구들이 출시되어 사용자들은 협력적으로 공장 레이아웃 구성요소들과 상호작용할 수 있다. 하지만 공정에 대해 이해관계자들이 더 좋은 결정을 내릴 수 있는 실시간 핵심 성능 지표(Key Performance Indcators)를 제공하지는 않는다.

VR을 통한 지표 활용을 보면 공장의 레이아웃을 테스트하기 위해 실제로 가상현실을 사용하여 작업자들을 작업환경에 몰입시켜서 실제 환경처럼 작업하게 해준다. 2인의 운영자들이 CAVE에서 번갈아가며 VR 세션을 수행한다. 그들의 움직임이 추적되므로 VR 세션이 진행되는 동안 산출된 KPI와 VR 세션 이후에 산출된 스파게티 다이어그램으로 인해 병목 현상을 찾아내게 된다. 연구진들은 가상 환경에서의 작업으로 엔지니어들이 보행거리와 완료 시간이 각각 20%와 6%로 줄었다는 것을 규명하였다. 새로운 레이아웃은 또한 작업자들의 충돌을 방지할 수 있다. 하지만, 그 세션은 여전히 고가의 장비인 CAVE 내에서 이루어졌으며 운영자는 레이아웃을 하나씩 하나씩 테스트해야 한다. 한마디로 이 작업을 통해 VR 세션이 진행되는 동안 KPI의 산출은 의사결정을 위해 흥미로운 일이지만 협업이 부족하고 여전히 설치비가 비싸다는 점을 보여준다. 이러한 한계를 극복하기 위해 이 논문은 VR 세션이 진행되는 동안 수행된 수정사항들에 대해 더 나은 결정을 내리게 해주는 몇 가지 성능 지표들을 얻어내면서 공장의 레이아웃을 협력적으로 작업할 수 있는, 새로운 아키텍처와 도구에 기반한 새로운 방법을 제안한다. 우리의 접근방법은 다음과 같은 특징들에 초점을 둔다.

• 디지털 공장(Digital Factory) 레이아웃 데이터로의 쉬운 접근과 공유;
• 세션 참가자들 간에 동기식 통신(synchronous communication)을 통한 협업;
• 디지털 공장 객체들(기계, 재고품, 동선 등)대한 실시간 협력적 상호작용;
• 헤드 마운트 디스플레이와 PC 제어 화면에서 VR을 통한 다중 장치와 뷰;
• 제품 흐름 경로, 제품 이동 거리, 기계 파워 요구사항들과 같은 더 나은 의사 결정을 위한 실시간 지표들.

제안된 방법은 중소기업에서 널리 보급될 수 있도록 헤드 마운트 디스플레이 VR 장치에 초점을 두고 있다.

## 2. 공장계획과정에서 VR 활용

### *2.1. 공장계획과정의 작업흐름*

시설 레이아웃 문제는 세 가지로 대분류될 수 있다.: 분석, 해법 연구, 선별. 그림 1은 고려되는 작업 흐름을 보여준다.

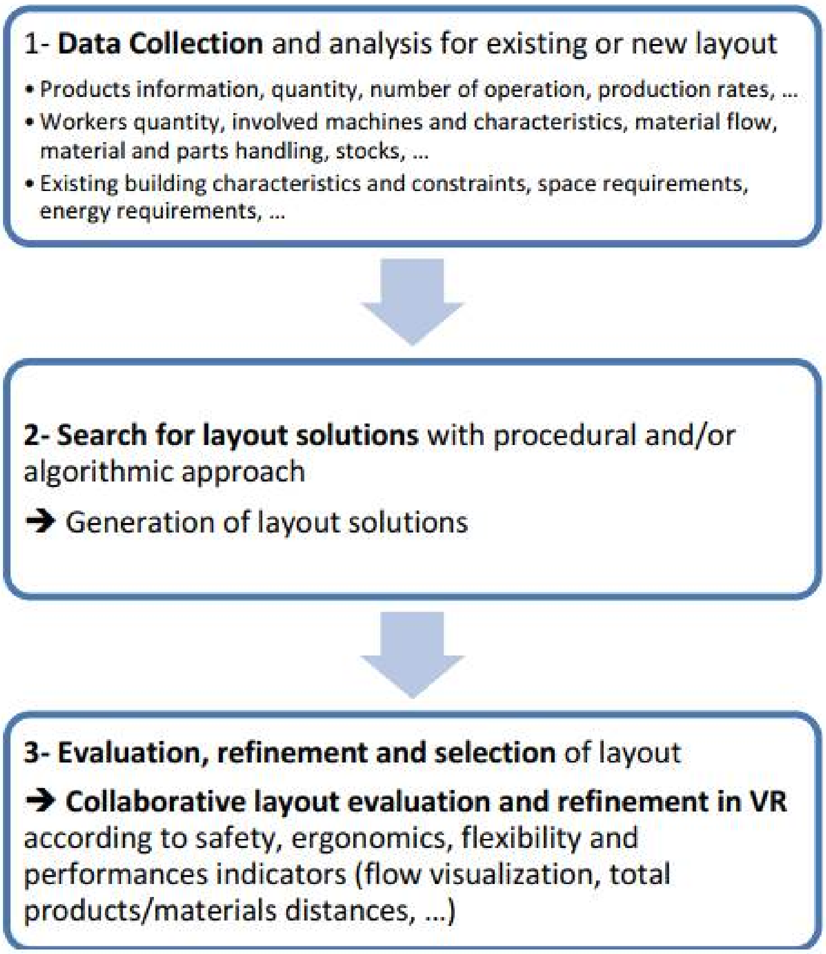


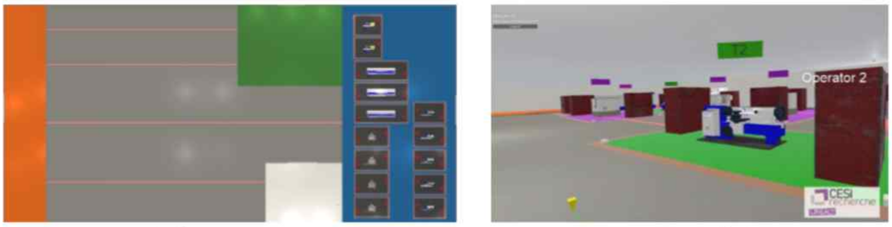

그림 1. 실시간 성능 지표를 갖고 있는 VR에서 협력적 레이아웃 평가를 통한 공장계획 과정의 작업흐름도

첫 단계는 제품 정보, 수량, 조작 및 기계의 수와 같은 생산을 위한 레이아웃에 관한 정보와 데이터 수집에 관한 것이다(그림 1-1). 그 다음으로 엔지니어들은 절차적 방법과 레이아웃 솔루션 생성 알고리즘에 기초한 서로 다른 방법들을 사용한다(그림 1-2). 마지막으로 얻어진 레이아웃 솔루션들은 최상의 것을 선별하기 전에 평가되고 조정된다(그림 1-3). 우리는 VR은 레이아웃을 경험할 수 있는 기술이므로 세 번째 단계에서 VR을 활용할 것을 제안한다.

### *2.2. 어플리케이션의 주요 목표*

이 섹션에서는 VR 공장계획 어플리케이션의 주요 목표에 대해 설명하고 VR이 공장 레이아웃 평가에 유리한 이유를 보여준다. 이러한 목표들은 이 작업을 통해 개발된 vPerf 도구 어플리케이션을 통해 설명된다. 사용자들은 VR 어플리케이션 안에서 공장 레이아웃을 테스트한다. 첫 번째 목표는 프로세스에 다양한 영역들과 관련된 제약들을 설명하고 사용자들에 의해 그것들이 식별될 수 있도록 하는 것이다. vPerf 애플리케이션의 경우(그림 2-(a))에 공장은 몇 개의 영역들로 구성된다. 오렌지색은 원료의 영역

을, 녹색은 최종 제품 재고 영역을 나타낸다. 흰색은 사무실, 회색은 기계가 놓여지는 자리를 나타낸다. 파란색 영역은 공장 내 실제 장소를 표현한 것이 아니고 어플리케이션이 시작되면 사용자들이 사용하고 잡을 수 있도록 기계들이 기본적으로 여기에 놓인다. 또한 vPerf에서 공장에서 사용가능한 전력을 나타내는 빨간색 선은 환경적 제약을 설명한다.



(a) (b)

그림 2. 어플리케이션의 표현 (a) 시작할 때 파란색의 기계 영역 (b) 기계가 배치된 VR에서의 사용자 시점

어플리케이션의 두 번째 목표는 사용자들에게 테스트된 레이아웃에 관한 정보와 피드백을 제공하는 것이다. vPerf 어플리케이션의 예를 들면 VR 세션 실행 중에 사용자들은 제품유형별로 연간 생산거리의 기준으로 그들의 레이아웃들을 평가한다. 마지막으로 세 번째 목표는 경험을 통해 레이아웃을 세분화하는 것이다. 예를 들어서 사용자들은 작업자들을 위한 가시성, 공간 제약, 인체공학적 측면으로 안전 문제를 더 잘 고려할 수 있다. 그림 2-(b)는 VR 내에서 사용자의 시점의 사례를 보여준다. 이미지는 공장에 배치된 기계를 보여준다.

이러한 주요 목표의 관점에서와 같이 어플리케이션들은 기계배치, RULA (Rapid Upper Limb Assessment) 또는 인체공학을 위한 작업자 이동 거리에 따라 할당된 영역으로 다른 측정방법들을 통합할 수도 있다. 결과적으로 사용자는 VR 세션 실행 중 실시간으로 수집된 모든 정보로 의사결정을 할 수 있다.

## 3. VR 공장계획 협업 도구

### *3.1. 협업을 위한 아키텍처*

협업 관리를 위한 아키텍처는 그림 3과 같다. 이 아키텍처는 최소한 하나의 서버와 하나의 클리언트가 필요하다. 서버는 동기화되어야하는 데이터(위치, 객체 상태,...)를 처리한다 (그림 3의 파란색 영역).
모든 사용자들은 실행된 상호작용을 관리하고 연결된 다른 모든 클라이언트 어플리케이션들에 대해 그들을 동기화하기 위해 서버에 데이터를 보내는 클라이언트 어플리케이션을 실행한다. (그림 3의 녹색 영역) 게다가 VR 어플리케이션에서 아바타는 각각의 사용자를 나타낸다. 하지만 협업 어플리케이션에서 우리는 구성요소들과 상호작용하는 사용자를 나타내는 아바타를 같은 어플리케이션의 또 다른 인스턴스를 통해 상호작용하는 다른 사용자의 아바타와 구분해야 한다. 그것이 우리가 그러한 2가지 정의를 도입한 이유이다.:

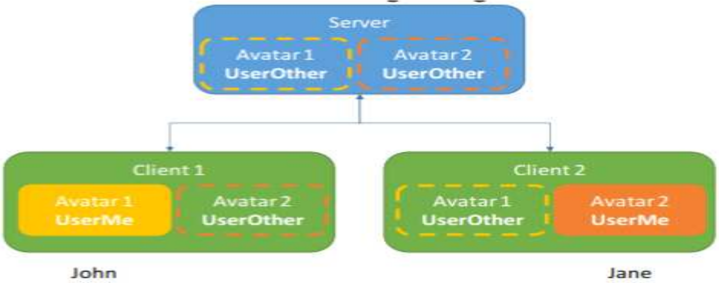



그림 3. 협업을 위한 아키텍처와 UserMe와 UserOther 개념 사례

• UserMe: 어플리케이션 내에서 현재 사용자를 나타내는 아바타로 로컬 플레이어로도 알려짐 (그림 3의 채워진 박스 참조)
• UserOther: 어플리케이션의 또 다른 인스턴스를 통해 구성요소들과 상호작용하는 다른 사용자의 아바타 (그림 3의 파선 박스)

예를 들면 그림 3에서 존(John)은 UserMe로서 자신을 표현하는 “아바타 1”인 클리언트 1로 어플리케이션을 실행하고 있다. 이는 동일한 아바타 1이 서버와 UserOther의 클라이언트 2 어플리케이션에 복제된다. 제인(Jane)은 UserMe로서 자신을 표현하는 “아바타 2”인 클라이언트 2로 어플리케이션을 사용하고 있다. 같은 방식으로 아바타 2가 서버와 UserOther인 다른 어플리케이션에 복제된다.

### *3.2. 객체 조작과 공장 상태*

객체 조작은 VR 디지털 공장 협업 어플리케이션의 핵심 포인트이다. 실제로 객체의 포즈 (위치와 방향)는 모든 어플리케이션간에 동기화 되어야하며 사용자가 객체를 잡을 때 객체 움직임이 가능한 한 부드러워야한다. 기본적으로 각 객체의 포즈는 서버에 의해 제어된다.; 서버는 개체에 대한 "권한"을 갖고 있다고 표현된다. 이러한 경우에 사용자가 상호작용에 사용되는 콘트롤러를 사용하여 물체를 잡을 때, 그 움직임이 지연되고 UserMe는 객체가 실제로 그의 손에 있지 않은 것으로 느끼게 된다. (그림 4 (a) 참조). 이는 우리가 “접촉과 해제(touch and release)” 이벤트에 기초한 객체 권한 관리를 도입한 이유이다(그림 4). 이것은 사용자가 콘트롤러로 객체를 만지고 있을 때 그것에 대한 권한을 얻는다는 것을 의미한다. 결과적으로 그는 객체의 포즈를 제어하고 업데이트할 수 있고 서버는 다른 어플리케이션 인스턴스들로 그것을 전달한다(그림 4-(b) 참조). 따라서 사용자는 객체를 자신의 관점에서 객체를 부드럽게 움직인다. 사용자가 객체를 놓게 되면 콘트롤러는 더 이상 작용하지 않으므로 서버에서 권한이 해제된다(그림 4-(c) 참조). 이제 필요한 경우에 다른 사용자가 그 객체를 잡을 수 있다.

게다가 사용자들은 동일하거나 다른 VR 세션에서 몇 가지 레이아웃들을 테스트할 수 있다. 따라서 vPerf는 세션이 진행되는 동안 공장의 상태를 세이브하고 로드할 수 있고, 그들을 다른 세션 진행 중에 복구시킬 수 있다. 사용자들은 또한 세션이 진행되는 동안 나중에 상황 복기(debriefing)를 위한 상태 추적을 위해 레이아웃에 대한 몇 개의 스크린샷들을 찍을 수 있다.

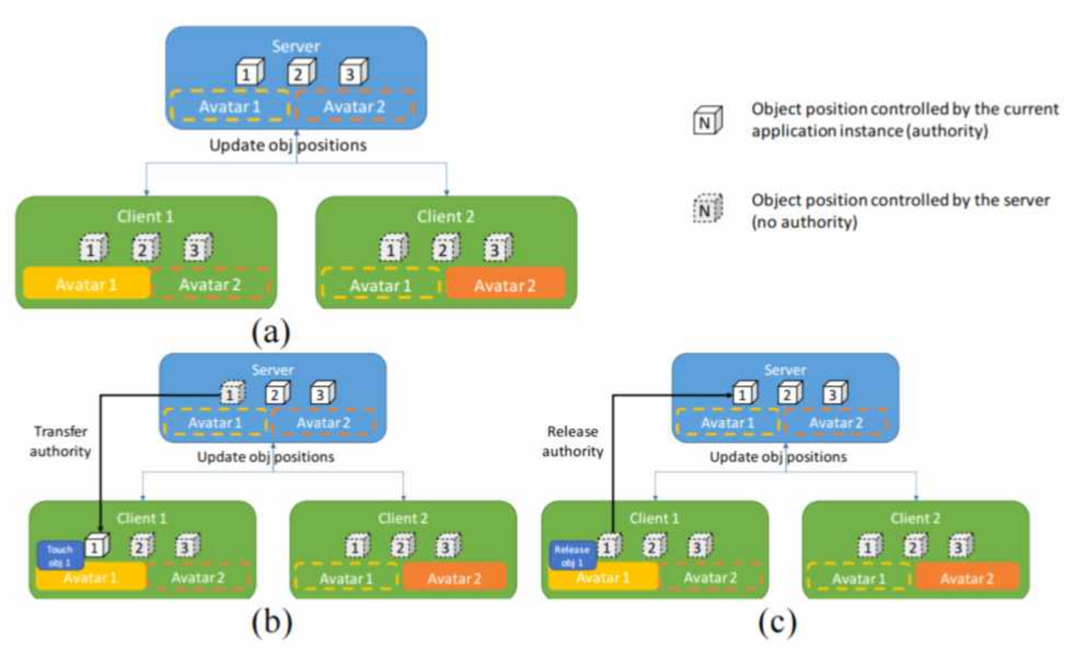



그림 4. “접촉과 해제(touch and release)” 이벤트에 기초한 객체 권한 관리; (a)기본적으로 서버는 객체에 대한 권한을 가짐; (b)아바타 1이 객체를 만지면 그는 객체 대한 권한을 얻게 됨; (c) 아바타 1이 객체를 해제하면 그는 그 객체에 대한 권한이 해제됨.

### *3.3. 탐색 및 보기*

VR은 인간의 시점에 제한되어서는 안 된다. 이는 어플리케이션이 3개의 다른 관점(또는 뷰)을 제시하는 이유이다.

• 첫 번째 인간의 관점: VR 사용자가 실제 환경에서와 같이 실험할 수 있게 해준다. 이 관점에서 그는 순간이동으로 먼 곳으로 이동하고 이동시킬 기계를 잡을 수 있다. 이는 실험 중에 가장 많이 사용되는 관점이다.

• 윗면 투시 관점: 사용자가 공장을 위에서 볼 수 있게 해준다. 결과적으로 그는 레이아웃의 더 나은 오버 뷰를 얻기 위해 첫 번째 인간의 관점에서 윗면 투시로 변환시킬 수 있다. 이러한 관점은 협업 구성에서 흥미롭다. 하나의 사용자는 윗면 투시의 관점을 얻을 수 있고 다른 사용자와 기계 어디로 옮길지에 관해 소통할 수 있다. 이 관점은 또한 사용자가 생산 흐름 경로를 파악하고자 할 때 유용하다.

• 전체적인 관점: 사용자가 제어 화면만으로 공장의 전체 모습을 볼 수 있게 해준다. 이 관점은 VR 세션을 제어하는 데 사용되며 VR 사용자에게 정보를 제공한다. 이러한 아키텍처와 기능들을 가지고 다중 사용자와 다중 보기로 지역적이고 원격 협업의 혼합을 가능하게 한다.

### *3.4. 공장계획 특징*

#### *3.4.1. 생산 흐름 경로와 이동 거리*

생산 흐름 경로는 가장 중요한 정보 중 하나다. 각각의 제품 종류별로 경로가 설정되어야 하고 경로를 따라 기계들을 정의해야 한다. 따라서 우리는 FlowPath, FlowPointTuple 및 FlowPoint의 개념을 정의한다.

FlowPath는 특수한 제품 유형에 대한 새로운 경로를 선언하고 계획된 연간 물량을 정의할 수 있다.

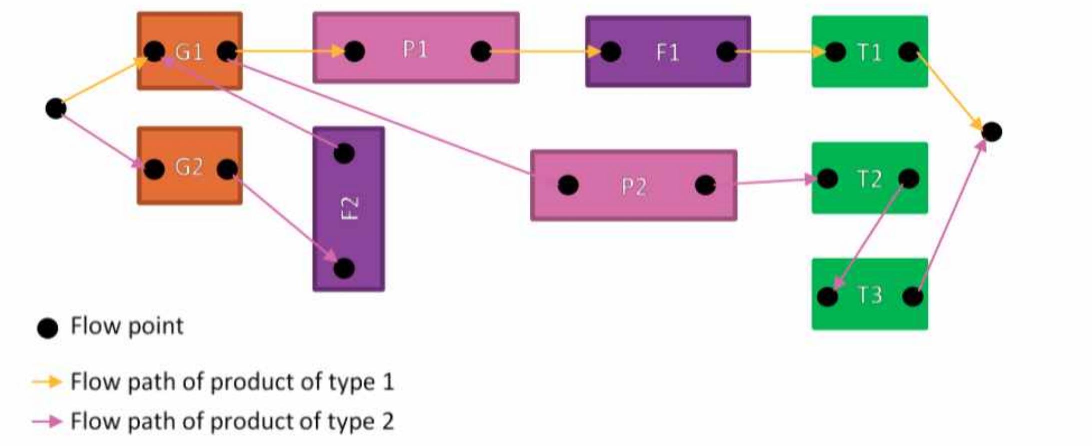



그림 5. vPerf 도구에서 FlowPath의 도식. FlowPoint가 각각의 기계 내부에 정해진 후에 각 제품 유형별 FlowPath가 나타난다.

이 FlowPath에는 FlowPointTuple 목록이 포함되어 있다. FlowPointTuple은 단순히 시작 FlowPoint와 끝 FlowPoint를 선언한다. 이 세 가지 개념들을 가지고 VR 세션에 대한 모든 제품 유형을 선언하고 제품 제조 흐름을 정의할 수 있다. 그림 5는 두 가지 제품 유형과 FlowPath의 예를 보여준다.

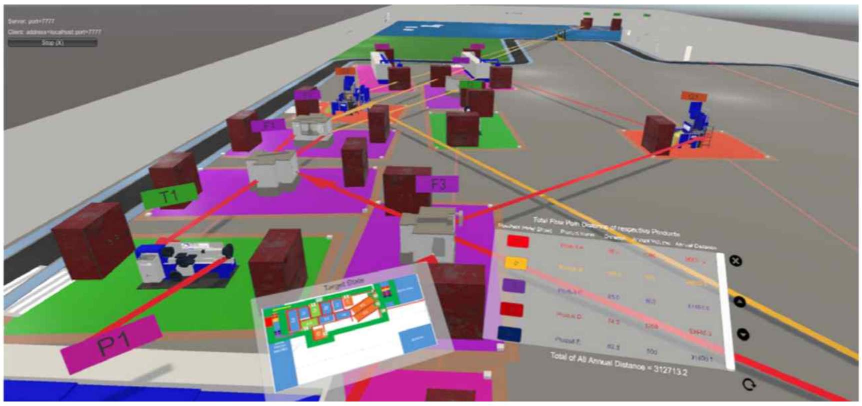



그림 6. VR에서 거리 UI로 FlowPath 가시화

### *3.4.2. 에너지 요구사항*

VR 세션을 수행할 때는 VR 장면에서 요구사항과 제약조건을 관리해야 한다. 따라서 사용자는 VR 세션 중에 정보 부족으로 잘못된 결정을 내릴 수 없다. 예를 들어, VR 장면은 전원 공급 장치를 빨간색 선으로 표현한다(그림 2-(a) 참조). 결과적으로 만약 사용자가 제품의 이동거리를 줄이거나 안전 문제로 기계를 이동하기로 선택하면 기계의 전력 공급에 대한 시각적 피드백을 받는다. 따라서 그는 올바른 결정을 내리는데 몇 가지 필요한 정보를 잃지 않고 VR을 사용한다. 만약 우리는 이 정보가 VR 어플리케이션에 존재하지 않다고 가정하면, 사용자들은 안전 문제를 위해 기계를 에너지가 공급되지 못하는 곳으로 옮길 수 있다.

### *3.4.3. 인간공학과 안전성 평가*

VR은 다른 디지털 공장 도구에서는 사용할 수 없는 새로운 기능을 제공한다. VR 세션 중에 사용자들은 안전 문제를 확인할 수 있다. 또한 공장 내 기계 및 구성요소들에 대한 인체공학적 내용을 확인할 수 있다. 그들은 캐비닛이나 창고 영역이 작업자의 시야 차단 여부를 알 수 있고 보행자 경로 배치 위치를 결정할 수 있다. 게다가 몇 가지 인체공학적 구성(예: 기둥 배치나 작업자에게 할당된 공유 공간)을 테스트할 수도 있다.

마지막으로 주목해야 할 것은 VR은 공장계획 프로세스의 작업흐름 이전 단계에서 사용된 다른 것들을 보완하는 도구라는 것이다(그림 1 참조). 주요 기여방법은 최종 레이아웃에 더 많은 안전성과 보다 인체공학적 효과를 얻어내기 위해 레이아웃을 테스트하고 수정하는 것이다. 게다가 협업은 모든 근로자를 참여시켜 최선의 결정을 내리기 위해 전문가와 작업자를 모을 수 있는 핵심 포인트이다. 그러나 이 도구는 다른 도구와 비교해 다양한 특징을 단순히 모아놓은 창고(silo)형태로 활용해서는 안 된다. 이는 선택과 관련된 모든 제약들을 사용자들에게 인식시켜주기 위해 필수 기능들이 마련되어 있어야 한다는 것을 의미한다.

## 4. 활용사례

### *4.1. 활용사례*

활용사례는 중소제조업체의 기계 구성재들과 부품들의 자료와 레이아웃에 기초한다. 4개 집단(3인으로 구성된 세 집단과 4인으로 구성된 한 집단)으로 구분된 20~50세 사이의 13인으로 구성되었다.

목표는 서로 다른 기계들을 통과하는 5가지 제품 유형의 흐름에 따라 기계의 위치를 최적화(표 1 참조)하고 인체공학과 안전문제를 고려하는 것이다. 4종의 CNC와 사용가능한 기계가 적용되었다 (F형 기계 4대, G형 기계 2대, P형 기계 3대, T형 기계 3대). 전문가들과 몇 차례 반복 한 후 중소기업이 찾은 최적화된 솔루션에 해당하는 참조 솔루션도 표시된다.

참가자 집단은 2.1 절에서 설명된 처음 두 단계를 먼저 수행했다. 그들의 솔루션을 찾은 후에 그들은 VR 세션을 사용하였다.

표 1. 제품 유형별 생산 프로세스와 물량 요구 (흰색 영역). 산업체에서 찾아낸 솔루션(회색 영역). 최적화된 솔루션은 참가자들에게 제공되지 않음.

| Product type | Production process | Annual Volume | 1-unit distance | Annual distance |
|---|---|---|---|---|
| A | F1,F2,T1,P1,F3,G1 | 1000 | 96.4 | 96 422 |
| B | G2,T3,F2,F4,P2 | 250 | 75.2 | 18 795 |
| C | F3,T2,G1,F4,G2 | 500 | 85 | 42 484 |
| D | F1,T1,F3,F2,G2 | 1250 | 74.8 | 93 446 |
| E | F3,G1,F4,P3 | 500 | 62.8 | 31 409 |
| **TOTAL** | | **3500** | | **282 556** |

그들은 첫 단계에서 찾아낸 솔루션을 먼저 통합한다. 솔루션의 스키마는 기계들 중 하나를 배치한 후에 사용자들이 HMD를 벗지 않고도 구현될 수 있도록 VR 안으로 통합된다.
2명의 참여자들은 HMD를 쓰고 작업하고 있고 나머지 사람들은 전체 스크린(global screen)으로 협업할 수 있다. 이러한 VR 세션의 첫 번째 부분은 추가로 활용할 수 있는 상호작용들을 사용자들에게 훈련시키는데 유용하다. 그들이 VR 세션의 첫 부분을 마치면 그들은 얻어진 제품 거리들을 기록한다. 그들이 산업체의 솔루션보다 더 나은 솔루션을 찾지 못했다면 산업체에서 얻어진 연간 전체 거리가 제공된다. 그 후에 최초 결과물들을 개선하기 위해 그 집단은 15분짜리 새로운 세션을 시작한다. 완료되면 사용자들은 vPerf 도구를 평가하기 위해 System-Usability-Scale 설문지를 작성한다.

### *4.2. 첫 번째 결과*

네 집단 중 두 집단은 VR 세션 종료 후 더 나은 솔루션을 찾아내었다. 가장 좋은 집단은 중소기업에 의해 구현된 최적화된 솔루션 보다 2% 정도만 긴 293,095m에 달하는 솔루션을 찾아냈다(그림 7). VR 세션 전에 그들은 중소기업의 솔루션보다 7% 정도 긴 303,727m의 솔루션을 찾았었다. 실제로 30분 정도의 VR 세션은 레이아웃을 개선하는데 도움이 된다. 게다가 세션 진행 중에 우리는 집단 조직 내에서 2개의 구별된 역할들(코디네이터와 행위자)을 관찰할 수 있다. 코디네이터는 각각의 기계 배치 위치를 다른 집단 구성원들에게 알려주는 사람이다. 그는 스크린이나 HMD의 윗면 투시 관점에서 전체 뷰를 이용한다. 행위자는 코디네이터의 권고대로 기계를 움직인다. 그림 8에서 우리는 전체 스크린 앞전면의 코디네이터와 HMD를 착용한 행위자를 볼 수 있다.
또 다른 흥미로운 점은 VR 활용에 관한 것으로 그림 9에서 우리는 두 번째 VR 세션 전에 더 나은 결과물을 얻기 위한 최상의 선택 전략을 정의하기 위해 전체 스크린의 앞에서 서로 함께 교환하는 사용자들을 볼 수 있다. 이는 VR이 다른 솔루션에 대한 보완 도구라는 것을 보여준다.
마지막으로 SUS 평가는 평균 74($\sigma$ = 14)점을 얻는다. VR 시스템의 유용성은 이로서 양호한 것으로 인증된 것으로 볼 수 있다. 우리는 이러한 결과물들이 보다 직관적인 인터페이스와 상호작용 페러다임으로 개선될 수 있다고 판단한다.

## 5. 결론

이 논문은 Industry 4.0의 맥락에서 실시간 성능 지표와 관련된 협력적 가상현실을 사용하여 작업 현장 레이아웃의 의사 결정을 향상시키기 위한 방법론 및 관련 도구인 vPerf를 제시한다.
먼저 우리는 공장계획 프로세스에서 VR을 사용할 수 있는 시기를 확인했다. 그런 다음 이러한 어플리케이션을 아키텍처화 하는 방법을 설명하고 협업을 위한 상호작용 패러다임을 제안하였다.
마지막으로 산업적 활용 사례에서 VR 사용을 평가하였다. VR을 통해 참가 집단은 더 나은 솔루션을 찾고 인체공학 및 안전 문제를 고려할 수 있다는 것이 밝혀졌다.

향후 연구는 먼저 첫 번째 결과물들을 평가하기 위해 새로운 KPI를 추가하고, 더 많은 사용자 집단을 가지고 제안된 도구를 평가하는 데 중점을 둘 것이다.
둘째, 우리는 디지털 팩토리 CAD 및 시뮬레이션 도구들과 데이터를 교환할 수 있도록 이러한 협업 Digital Factory VR 도구의 디지털 트윈 내에서 심층적인 통합 작업을 수행할 것이다.

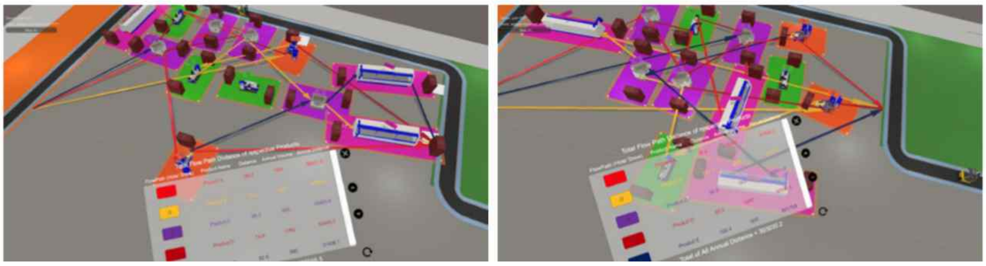


그림 7. vPerf 도구에서 공장 레이아웃 사례; (좌) 산업체 솔루션 (우) 집단2에 의해 얻어진 최상의 솔루션

그림 8. 역할 구성: 전체 화면 앞의 콘트롤러는 요구사항을 제시하고 VR 행위자는 기계를 배치하고 있다.

그림 9. 더 나은 해법 도출을 위해 사용되는 전체 뷰 관점

**<원문제목>** Collaborative Virtual Reality Decision Tool for Planning Industrial Shop Floor Layouts
**<원문출처>** ScienceDirect