

생산시스템 공정개선을 위한 SimPlus 3D 모델개발

Development of SimPlus 3D Model for Process Improvement

정기찬*, 김호중**, 정영교*

*(주) 심테크 시스템, **광주과학기술원 기전공학과

E-Mail : kcjung@simtech.co.kr

Tel: 02-578-4956 Fax: 02-578-4957

요 약

본 논문은 SimPlus 3D를 이용한 생산시스템 공정개선 시물레이션 모델개발 프로젝트 수행 시 제안되었던 생산시스템 공정분석 및 개선사항을 SimPlus 3D 모델을 중심으로 SimPlus 3D의 제품특징과 활용사례로 소개하고자 한다. SimPlus 3D는 범용 그래픽 시물레이션 소프트웨어로서 자동화 공정의 설비, 제어 운영에 걸친 다양한 요소를 모델링 할 수 있으며 구축된 시물레이션 모델을 이용하여 사용자가 원하는 결과척도를 상세하게 제시해 준다. 따라서 SimPlus 3D는 생산라인 개선작업에 있어서도 새로운 형태의 공정배치나 라인구성을 현장적용 전에 시물레이션 모델로 개발하여 도입효과를 정량적으로 산출할 수 있으며, 다양한 대안들을 적은 시간과 비용으로 평가할 수 있다. 본 논문에서는 SimPlus 3D를 이용한 생산시스템 공정개선 시물레이션 모델개발 사례로 A사의 제품 생산공정 중 일부 자동화공정 제어알고리즘 분석 사례를 소개하였다.

1. 서론

세계시장에서의 제조시스템 경쟁력 향상을 위해서는 제품기술, 관리기술, 자동화기술 및 시스템기술의 지속적이며 유기적인 개선과 발전을 통한 생산기술의 우위를 점유할 필요가 있다. 이를 위해서는 제조시스템의 설비, 제어 및 운영이 유기적으로 결합된 복잡하고 거대한 제조시스템의 주요 구성요소간 상호작용을 분석하고 시스템 최적의 운영조건을 파악하기 위한 그래픽 시물레이션이 필수 기법으로 자리잡고 있다.

생산시스템을 설계하고 최적화 해 나가는 과정에

는 반드시 대상 시스템의 설비, 제어 운영 부분에 대한 전문가와 함께 시스템설계의 모든 과정을 파악하고 분석하여 구축하고자 하는 생산시스템 모델을 만들고 단계적인 시물레이션 실험을 통한 검증과정이 필요하다. 이러한 작업이 없이 생산시스템을 구축하게 되면 설계단계에서 예상하지 못했던 상태로 인해서 많은 문제점이 발생하거나 또는 생산시스템의 최적화가 되지 않음으로 인해서 최대의 효과를 얻을 수가 없게 된다. 하지만 시물레이션 실험에 의한 검증과정을 거치게 되면 시물레이션 과정에서 대부분의 문제점들을 발견하고 더 나아가 최적의 생산시스템을 설계, 구축할 수가 있

으며 시스템 구축 후 발생할 수 있는 많은 기회 손실을 사전에 방지 할 수 있다.

SimPlus 3D는 시스템 분석 기법으로서 전략적 기획에서부터 실질적인 시스템의 구현에 이르기까지 적용이 가능하며, 구체적으로는 생산시스템의 기획 및 설계 단계에서 사전검증 도구로서 활용할 수 있으며 제품의 실질적인 생산 활동에 있어 일별 생산계획이나 공정편성의 작성과 분석에 이르기까지 모든 제조활동 단계에서 활용이 가능하다.

본 논문에서는 SimPlus 3D를 이용한 생산시스템 공정개선 시뮬레이션 모델개발 사례로 A사의 제품 생산공정 중 일부 자동화공정 제어알고리즘 분석 사례를 소개하였다.

2. SimPlus 3D 개요

2.1 객체 지향적 Modeling Viewpoint

SimPlus 3D는 분석하려는 대상 시스템을 주요 객체 단위로 Model 상에 재구성하여 이들의 움직임과 주체적 의사결정 논리를 SimPlus 3D의 자체 서술어를 사용하여 묘사하도록 고안된 범용 그래픽 시뮬레이션 시스템이다. 또한 이러한 객체 지향적 Modeling Viewpoint를 배경으로 하여 손쉽게 자연스럽게 Model 제작을 할 수 있도록 하기 위하여 전용 Modeling 환경(SimPlus)을 제공한다. 이러한 환경에서 사용자는 주요 객체의 Logic과 Data Structure를 정의한다.

2.2 Portability & Time Compression

일반 PC에서 시뮬레이션에 접근하고 시뮬레이션 작업 내용 및 결과를 관련 팀원 및 부서와 손쉽게 공유할 수 있다.

시뮬레이션의 Time Compression(시뮬레이션 상의 경과시간 대비 실제소요시간의 압축정도) 및

Animation의 수준은 Hardware의 사양, Model Logic의 복잡성, 동시 수행 객체의 수 등 여러 가지 요인에 의하여 달라질 수 있으나 비교적 간단한 시스템의 경우 통상 최소 100:1의 Time Compression을 갖는다.

2.3 Concurrent Animation & Physical Contingency

SimPlus 3D는 작성한 Model이 시뮬레이션 되어지는 시간과 함께 객체의 실제 움직임 및 상황을 동시에 Graphic으로 묘사해 주는 Concurrent Animation 기능을 가지고 있으며, 객체간의 물리적 간섭 및 방해 현상인 Physical Contingency 현상이 시스템에 의하여 자동적으로 인식되고 처리된다. 즉, 두개의 물체에 대하여 운동 방향과 속도를 지정하여 주변 각각의 객체는 정해진 경로로 움직임을 계속하며, 이때 발생할 수 있는 객체간의 충돌은 시스템이 자동으로 처리하게 된다.

2.4 Simulation Status Screen

현재 진행 중인 시뮬레이션 상황을 보여 주는 Main Simulation Screen을 비롯하여 현재의 시뮬레이션에 관한 여러 가지 시스템 상태 정보를 보여 주는 Screen들이 있다. 예를 들어 현재 시점에서의 시스템 내부 Event의 내용과 순서를 보여 주는 Event Screen, 광역변수의 현재 값을 보여 주는 Global Variable Screen, 객체별 실행 상태 및 객체변수의 값을 보여 주는 Object Attribute Screen 등이 있다. SimPlus 3D는 이러한 Screen들을 시간의 경과와 함께 자동으로 Update 해 주며, 사용자는 시뮬레이션 도중에 지정된 Key를 누름으로써 필요한 Screen을 항상 호출하고 Parameter 값을 수정할 수 있다.

2.5 Save & Restore Simulation

진행 중인 시뮬레이션을 정지시키고 정지 시점의 시뮬레이션 상황을 별도의 File에 저장할 수 있으며

저장된 시뮬레이션 내용을 시스템에 불러들여서 저장 시점에서부터 시뮬레이션을 다시 계속할 수 있다. 이러한 기능을 사용하면 여러 가지 상황에 대한 실험을 마친 후 필요한 부분만 선택적으로 취합하여 Presentation용 Scenario를 작성할 수 있다.

2.6 Built-in Reporting

사용자가 지정한 측정치를 시뮬레이션 진행 도중에 Line/Bar Chart에 동적으로 출력하면 평균, 최대, 최소 등의 통계치가 생성되어 화면에 출력되며, Chart Window상의 그래프는 이러한 통계 치와 함께 자동으로 파일에 출력할 수 있다. 이 기능을 설비 또는 작업자에 적용할 경우 시간별 부하율 변화 추이 분석을 용이하게 할 수 있다.

2.7 객체 Logic Trace

SimPlus 3D의 Trace기능을 사용하면 시뮬레이션 도중 지정한 객체가 Model Logic상에서 각 명령어를 수행할 때마다 수행 내용 및 객체의 현재 Attribute 값(객체 특성)을 객체 특성 상자에 표시하여 준다. 이를 활용하면 특정 객체를 시나리오(Logic Flow, 또는 Routing)상에서 면밀하게 추적할 수 있으므로 사용자가 작성한 Logic을 상세 분석하거나 여러 객체간의 사건 동기화에 대한 디버깅을 용이하게 도와준다

2.8 사용자 정의 Module 및 재활용

SimPlus 3D 사용 중 사용자가 정의한 Logic을 Procedure 또는 Function화하여 필요한 시점에 반복적으로 호출하여 사용하거나 별도의 File에 저장 가능함으로써 다른 Project에서 이들을 Import하여 사용할 수 있다. 반복적으로 사용되는 설비 및 운영 Logic은 Graphic Icon과 Source Code가 함께 Module 화되어 Library형태로 저장하였다가 필요시 사용자를 이를 호출하여 사용할 수 있다.

2.9 Data File & Template

SimPlus 3D는 Free Format Text File을 Data 또는 Report로 입출력 할 수 있다. Model 제작에 사용한 모든 Data는 입력 Data File에 정의될 수 있으며 한 개의 Model에 대하여 동일 자료 구조를 갖는 여러 개의 Data File Set를 준비하면 실험의 실시를 용이하게 할 수 있다. Data Entry Template 기능을 사용하면 시뮬레이션 수행자가 직접 ASCII Data File을 통하여 Data를 입력하지 않고 Data Entry 대화창을 통하여 Data를 입력하도록 할 수 있다.

2.10 ODBC

SimPlus 3D는 ODBC를 지원함으로써 기존의 Data Base File에 저장된 자료를 시뮬레이션 도중에 자유로이 읽어 들여 사용할 수 있다.

2.11 CAD File과의 호환

SimPlus 3D는 DXF로 저장된 CAD 도면을 읽어 들여서 시뮬레이션의 배경 화면으로 사용할 수 있다.

3. SimPlus 3D 활용 사례

SimPlus 3D의 활용 사례로 A사의 제품 생산 공정 중 일부 자동화공정에 대한 여러 대안의 도입 효과를 정량적으로 산출하기 위한 방법으로 자동화공정에 대한 모델링 및 시뮬레이션 테스트를 수행하였다.

3.1 A사의 자동화 공정

3.1.1 사례 개요

A사의 제품 생산공정 라인에는 몇 개의 자동화공

정이 존재한다. 이 중에서 SimPlus 3D 모델로 구현할 자동화공정의 내용은 하나의 로봇 팔이 제품을 컨베이어에서 집은 후 JIG에 제품을 놓고 JIG에서는 제품에 대한 Test 공정처리를 한 후 다시 로봇 팔이 그 제품을 JIG에서 집어 컨베이어에 놓는 형태의 공정이다.

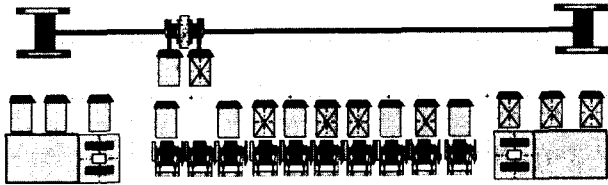


그림 35. 도식화한 자동화공정

[표 1] 자동화공정 현재운영상황

공정 조건	내용
로봇 형태	로봇 한 대, 로봇 손 두 개
로봇 1회 이동시 소요시간	3 sec
컨베이어 속도	75 m/sec
제품 공급 간격	12 sec
JIG 개수	10 개
JIG 작업시간평균	97 sec
JIG 작업시간 표준편차	1 sec
로봇 제어 알고리즘	배출 위치 가까운 쪽 우선

그림 1과 [표 1]은 자동화공정에 대한 모습과 자동화공정에 대한 조건을 보여주고 있다. 그림 1의 자동화공정의 모습은 손이 두 개인 하나의 로봇 팔과 작업을 할 수 있는 JIG, 컨베이어의 모습을 보여주고 있다. 두 개의 로봇 손은 작업을 해야 하는 제품과 작업을 마친 제품을 하나씩 집을 수 있다. [표 1]의 자동화공정에 대한 조건 중에서 로봇 제어 알고리즘이란 JIG에서 처리가 끝난 제품이 여러 개 있을 때 어떤 제품을 먼저 집느냐에 관한 알고리즘이다. 배출 위치에 가까운 쪽 우선이란 배출 위치에서 가까운 쪽의 JIG부터 검색하여 작업

이 끝난 제품을 집기 위해 로봇이 움직인다는 것을 의미한다. 조건에서 컨베이어의 속도와 로봇 1회 이동시 소요시간이 상당히 빠른데 이것은 공정을 자세히 묘사하기 위해서 전체적인 공정 크기를 확대했기 때문이다. 이러한 조건으로 7시간을 작업하였을 때의 생산량은 총 1,613개이다.

3.1.2 사례 분석

위와 같은 조건을 가진 자동화공정의 생산량을 7시간에 2,300대 이상으로 올리는 것이 공정개선 목적이다. 이 자동화공정의 생산량을 올리기 위한 개선안은 [표 2]와 같다.

[표 2] 자동화 공정 개선안들

차레	개선 안 내용
1	로봇 1회 이동시 소요시간 감소
2	JIG 개수 증가
3	로봇 하나 추가, 로봇 속도 증가, 로봇 동시 이동 불가
4	로봇 하나 추가, 로봇 속도 증가, 로봇 동시 이동 가능

[표 2]는 위에서 설명한 자동화공정에 대한 개선안들을 설명한 것이다. 첫 번째 개선안은 단순히 로봇 1회 이동시 소요시간을 감소시키는 것이다. 두 번째 개선 안은 제품을 처리하는 JIG의 개수를 늘이는 것이다. 세 번째 개선 안은 기존의 한 대의 로봇을 이동시 소요시간이 적은 로봇 두 대로 교체하는 것이다. 이 때 로봇이 움직이는 제어 알고리즘은 하나의 로봇이 이동 중일 때 다른 로봇은 이동할 수 없는 형태이다. 네 번째 개선 안은 이동시 소요시간이 적은 로봇을 두 대로 바꾸고 로봇이 움직이는 제어 알고리즘은 두 대의 로봇이 연속적으로 움직이는 알고리즘을 사용한다. 좀더 자세히 설명하면 제품을 JIG에 장착하는 로봇이 제품을 JIG에 놓은 후에 제품을 집기 위해 제품이

입력되는 위치로 이동하는 동안 처리된 제품을 집어 출구로 놓는 로봇이 JIG로 제품을 집기 위해 같이 이동하는 방식이다.

이러한 4가지의 개선 안 중에서 세 번째 개선 안은 일부 자동화공정에 적용을 하였다. 하지만 다른 자동화공정에 대해서도 이 개선 안을 적용할 것인지 아니면 다른 개선 안을 적용할 것인지에 대한 결정을 할 수 있는 정확한 수치적 자료가 없는 상태다. 개선 안이 어느 정도의 효과를 볼 수 있을 것인지 또한 네 번째 개선 안을 수행하기 위한 제어 알고리즘이 얼마만한 효과를 얻을 수 있는지에 대한 부분은 정확한 결과를 계산적인 방법으로 예측하기가 어렵다. 하지만 시물레이션을 통한 접근은 자동화공정에 대한 모델을 구현하기 때문에 개선을 하였을 때 그 결과와 제어 알고리즘을 어떻게 구현해야 높은 효과를 낼 수 있는지 정확한 수치로 확인 할 수가 있으며 또한 여러 다양한 실험을 수행할 수가 있다.

이와 같은 4개의 개선 안에 대해서 SimPlus 3D를 통한 모델 구현과 시물레이션 테스트를 수행하여 개선 안에 대한 결과를 확인하도록 하겠다.

3.1.3 SimPlus 3D 모델 구현

위에서 설명한 자동화공정을 SimPlus 3D를 이용하여 모델로 구현하였다. SimPlus 3D에서는 객체를 생성, 관리하는 Job이란 개념이 존재한다. 위와 같은 자동화 공정에서는 제품이라는 객체를 생성할 수 있는 Job이 존재해야하고 또한 로봇이라는 객체를 관리할 수 있는 또 다른 Job이 존재해야 한다. 총 두 개의 Job과 SimPlus 3D에서 사용하는 명령어, 그리고 지역, 전역 변수들을 통해서 예로 든 자동화 공정을 SimPlus 3D로 모델링 하였다.

그림 2는 SimPlus 3D로 구현한 자동화 공정의 모습을 나타낸다. Job으로 표현할 수 있는 로봇과 제품, 컨베이어, JIG의 모습이 SimPlus 3D의 모델

로 구현이 되었다.

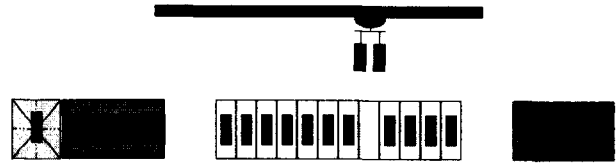


그림 36. SimPlus 3D로 구현한 자동화 공정 모습

3.1.4 시물레이션 테스트

SimPlus 3D로 구현한 자동화 공정에 대한 시물레이션 테스트를 수행하였다. [표 3]은 위에서 언급한 4가지의 개선 안과 초기조건에 대한 시물레이션의 결과를 나타낸다. [표 3]에 나타나지 않은 다른 조건은 [표 1]의 자동화공정 현재운영상황과 동일하다. 시물레이션의 결과를 보면 이미 일부 자동화공정에 적용한 개선 안 3은 초기 조건에 비해서 많은 효과를 낼 수 있다는 결과가 나왔다. 하지만 빠른 로봇을 두 대 사용한다는 점을 감안하였을 때 빠른 로봇을 한 대 사용한 결과와 차이가 없다. 이것은 초기조건상에서는 빠른 로봇을 두 대로 할 필요가 없다는 것을 나타낸다고 볼 수 있다. 시물레이션 결과를 요약하면 다음과 같다.

- a. 빠른 로봇을 두 대가 아닌 하나만 사용해도 생산량은 최대로 증가한다.(현재운영상황기준)
- b. 초기 조건에서 단순히 JIG의 개수를 증가시키는 것은 생산량 증가에 효과가 없다.
- c. 두 대의 로봇을 효과적으로 사용하기 위해서는 JIG의 개수 증가나 다른 조건에 대한 변화가 필요하다.

대안 3, 4의 결과에서 제어 알고리즘이 다르지만 생산량의 차이가 나타나지 않는 이유는 JIG의 개수가 충분히 많지 않고 제품의 공급시간이 충분히 빠르지 않기 때문이다. 대안 3, 4의 경우 최대의 생산량을 얻을 수 있는 조건을 다양한 시물레이션 테스트를 통해서 얻어 보았다.

[표 3] SimPlus 3D를 이용한 자동화 공정 모델의 시뮬레이션 결과

공정 조건	초기	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4
로봇 형태	로봇 한 대 로봇 손 두 개	로봇 한 대 로봇 손 두 개	로봇 한 대 로봇 손 두 개	로봇 두 대 로봇 손 두 개	로봇 두 대 로봇 손 두 개
로봇 이동시 소요시간	3 m/sec	1 m/sec	3 m/sec	1 m/sec	1 m/sec
JIG 개수	10 개	10 개	12 개	10 개	10 개
로봇 제어 알고리즘	배출 위치 가까운 쪽 우선	배출 위치 가까운 쪽 우선	배출 위치 가까운 쪽 우선	로봇 두 대 동시 이동 불가	로봇 두 대 동시 이동 가능
총 생산량 (7시간 기준)	1613 개	2150 개	1613 개	2150 개	2150 개

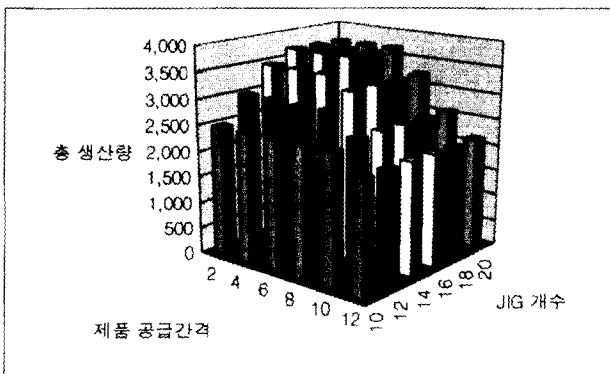


그림 37. 대안 3의 시뮬레이션 결과 그래프

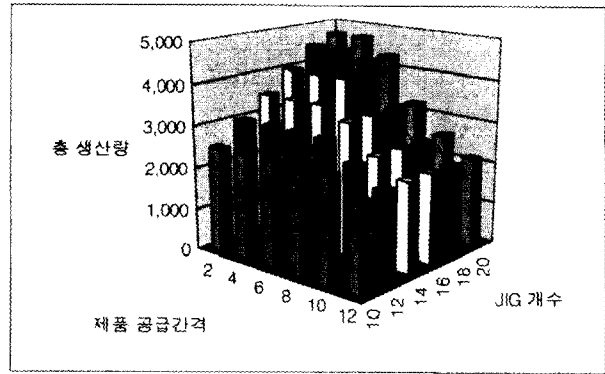


그림 38. 대안 4의 시뮬레이션 결과 그래프

그림 3, 4는 대안 3, 4에 대해 최대 생산량의 증가를 얻기 위한 조건이 무엇인지를 알기 위해 여러 조건에 대한 시뮬레이션 테스트를 수행한 그래프이다. 그림 3을 보면 대안 3의 경우 최대 생산량 3,686개를 얻을 수 있는 조건이 JIG 개수 16개 이상, 제품공급간격 6초 이하이며, 그림 4에 나타난 대안 4의 경우 최대 생산량 4,691개를 얻을 수 있는 조건은 JIG 개수 20개, 제품공급간격 4초 이하라는 것을 알 수 있다. 결과적으로 대안 4에서 사용한 제어 알고리즘으로 인해서 더 많은 효과를 얻을 수 있다는 결과를 얻을 수 있으며, 그러기 위해서는 JIG의 개수와 제품공급간격에 대해서도 개선이 필요하다는 것을 알 수 있다.

본 논문은 SimPlus 3D를 사용하여 A사의 생산 시스템에 있는 자동화 공정을 모델링 하였고 현재 사용되고 있는 운영사항기준을 조건으로 시뮬레이션 테스트를 수행하였다. 또한 SimPlus 3D로 구현한 모델을 통해서 높은 효과를 얻기 위한 조건과 최대 생산량을 시뮬레이션 테스트를 통해 정량적으로 얻을 수 있었다. 향후 연구방향으로는 자동화공정에 대한 더 사실적인 묘사를 위해 자동화공정의 고장율과 제품의 불량품에 대한 처리 로직 추가 등의 연구와 모델링이 진행되어야 하겠다.

참고문헌

[1] SimPlus 3D 사용자 설명서, 2000.

4. 결론