

AGV 시스템의 모델링 및 교통제어를 위한 Simulation Tool 개발

Development of the Simulation Tool for The Modeling and Traffic Control of a AGV System

홍현주* · 노영식* · 강희준* · 서영수* · 김태후**

Hyun-Ju Hong, Young-Shick Ro, Hee-Jun Kang, Young-Soo Suh and Tai-Hoo Kim,

*울산대학교 전기전자정보시스템 공학부, ** (주)잉카시스템

요 약

본 논문에서는 가상 AGV를 이용한 AGVS의 시스템 모델링과 교통제어 대해 연구하였다. 실제 AGV에 기초한 가상의 AGV의 모델을 제안하고 각각의 가상 AGV가 독립적으로 명령을 수행하도록 하였다. 또한 공장 환경을 모델링하기 위해 연속된 직선경로정보와 AGV가 작업할 작업장소를 Vector Drawing 방식으로 모델링이 가능하도록 하였다. 그리고, 서로 다른 AGV가 경로 합류점에서의 충돌을 방지하면서 정지하지 않고 AGV를 통과시킬 수 있도록 합류구역의 교통제어방식과 경로가 정제될 때 이를 우회할 수 있도록 하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안된 모델과 교통제어방식에 대하여 시뮬레이션을 수행하여 유효성을 검증하였다.

Abstract

In this paper, we studied about AGVs modeling and material handling automation simulation using a virtual AGV. The proposed virtual AGV model that operates independently each other is based on a real AGV. Continuous straight-line and workstation model using vector drawing method that could easily, rapidly work system modeling are suggested. Centralized traffic control, which could collision avoidance in intersection and should not stop AGV as possible, and algorithm for detour routing which performs when another AGV is working in pre-routed path are proposed. The traffic control and the algorithm have been proved efficiency by simulation

Key Words : 물류자동화, AGVS, 충돌방지, 교통제어, A* 알고리즘

1. 서 론

AGV(Automatic Guided Vehicle)는 1953년에 처음으로 제작되었다. 이 당시 AGV는 트레일러를 끄는 형태로 사용되었고 식품공장에서 운반의 목적으로만 사용되었으나 60년대 초반에는 다양한 공장과 창고에서도 사용되었다. 1970년대에 스웨덴의 Volvo 자동차회사는 조립라인(assembly line)에서 이전에 계속 사용되어 왔던 컨베이어(conveyor)를 AGV로 대체하면서 AGV의 응용이 산업전반으로 확장되게 되었다. 이때는 바닥에 안내선(guidance)을 설치하였고 AGV는 이 안내선만을 따라 주행할 수 있도록 하였다. 그러나 이동로봇, 센서기술의 발전으로 AGV는 좀더 지능화되어 더 이상 바닥의 안내선에 도움을 받지 않고도 자신의 위치를 계산할 수 있게 되었다. 이렇게 됨으로써 AGV의 유연성(flexibility), 가용성(capability)이 증가하게 되어 오늘날 많은 곳에서 사용되고 있다. AGVS(AGV Systems)이란 이러

한 AGV를 사용하기 위하여 필요한 여러 가지 시스템을 하나로 동작될 수 있도록 한 것을 말한다[1,2].

본 논문에서는 AGVS를 이용한 물류자동화시스템에서 사용될 모델을 만들어 제안하였고 이 모델을 이용하여 시뮬레이션이 가능하도록 하였다. 시뮬레이션은 사용자가 컴퓨터상에서 시스템을 모델링하고 실질적으로 그것을 동작시킴으로써 사전에 문제점을 파악하고 대안을 마련하는데 사용된다. 이때 시뮬레이션의 주된 장점은 원하는 결과가 얻어질 때까지 손쉽게 설계를 변경하여 시험해 볼 수 있다는 것이다. 또한 이미 설계된 시스템에 대하여 향후 생산 물량의 증가로 인해 전체 시스템에 어떠한 영향을 미치는지, 또 특정 설비가 고장이 나면 어떤 부분에서 영향을 미치는지를 정확하고 빠르게 예측할 수 있도록 하여 사전에 대책을 마련하는데 도움을 준다[3,4].

AGVS의 시뮬레이션에는 실시간 시뮬레이션과 빠른 시뮬레이션으로 구분될 수 있다. 빠른 시뮬레이션은 실제 시간보다 빠르게 AGVS를 동작시키는 것을 말한다. AGVS를 장기간 동작시켜 시스템의 통계적 데이터를 얻고자할 때 사용될 수 있고 또 투입된 AGV의 수는 적당한지, 교착상태가 발생하는 지역이 있는지를 빠르게 확인하고자 할 때 사용될 수 있다. 실시간 시뮬레이션은 가상 AGV(Virtual AGV)를 다른 컴퓨터상에 구동하고 TCP/IP로 통신을 하면서 실시간으로

접수일자 : 2004년 5월 25일

완료일자 : 2004년 6월 25일

본 연구는 한국과학재단 지정 울산대학교 네트워크 기반 자동화연구센터의 지원에 의한 것입니다.

로 AGVS를 동작시키는 것을 말한다. 이는 AGVS에서 AGV의 수가 늘어나면서 커질 수 있는 통신 지연으로 인한 영향이나 AGV가 AGV관리시스템과의 통신이 두절되었을 때 시스템에 미치는 영향을 분석하고자 할 때 사용된다. 본 논문에서는 빠른 시뮬레이션에 대해 연구하였고 실제 AGV를 구동시키기 전에 마쳐야 할 작업을 모두 시뮬레이션을 통하여 이루어 질수 있도록 하였다.

AGV가 이동할 경로를 연속된 직선경로로 정의하였고, 경로망을 구성하는 방법을 고안하였으며, A*알고리즘을 이용한 최적의 경로 계획과 최적의 AGV선택 알고리즘을 개발하였다[5,6]. 교차로 통행시 시스템의 효율성을 높이기 위하여 비정지우선의 알고리즘을 제안하였고 AGV의 작업처리시간을 단축하기 위해 작업 중인 경로가 경로계획에 포함된 경우 이를 우회하는 경로계획을 다시 수행하였다. 또, AGVS에서 사용될 여러 가지 모델을 개발하여 PC상에서 편리하고 빠르게 시스템의 모델링이 가능하도록 하여 시스템모델링의 시간을 단축시킴으로써 여러 가지 상황을 구현할 수 있어 다양한 결과를 도출해낼 수 있다.

본 논문에서는 이러한 AGVS의 시뮬레이션을 가능하도록 여러 가지 공장의 환경을 모델링하고 이를 Vector Drawing 방식으로 사용자가 손쉽게 설계할 수 있도록 하였다. 또 시뮬레이션 기능뿐만 아니라 VAGV(Virtual AGV)를 실제 AGV처럼 동작하게 모델링 하여 향후 VAGV를 실제 AGV로 대체하여 실제 공장에서 사용될 수 있도록 시스템을 설계하였다.

2. 시스템 모델링

본 연구에서 사용된 시스템의 모델은 AGVS를 제어하기 위해 필요한 공장 환경에 대한 모델링으로 직선경로(path), 작업장소(station), 합류구역(blocking zone) 및 배치도(layout)로 구성되어 있다. 여기서, 시뮬레이션을 위해서는 직선경로, 작업장소 및 합류구역만으로도 시스템을 모델링할 수 있으며, 배치도는 단지 AGVS의 동작시 경로상에 위치한 조립라인이나 창고이름 등을 설정할 수 있도록 하였다. 시스템모델은 모두 Vector Drawing방식으로 모델링 하였다.

2.1 직선경로

AGV가 움직이는 공간은 평면상에 있고 평면은 3자유도(x, y, θ)를 가지고 있다. AGV가 이동하는 경로는 일반적으로 고정되어 있고, 3자유도의 공간으로 표현 할 수 있다. 따라서, AGV가 이동하는 경로는 직선정보를 가지는 직선경로로 모델링하였으며, x, y, θ, l, e 의 파라미터로 표현하였다. 직선정보는 경로의 진행방향을 x 축이라 하면, y 축은 오

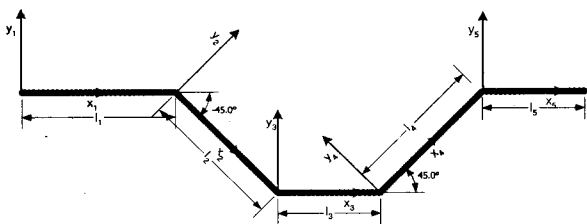


그림 1. 이탈점 없는 직선 경로 ($\theta_1 = \theta_3 = \theta_5 = 0$)

Fig. 1. line path ($\theta_1 = \theta_3 = \theta_5 = 0$)

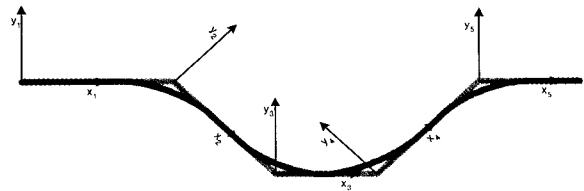


그림 2. 이탈점 e가 포함된 경로

Fig. 2. Paths including exit point e

른손 직교좌표계에 의해 정해지며 θ 는 전역좌표계와 상대좌표계가 이루는 반시계방향의 각도이고 l 은 직선성분의 길이, e 는 경로를 이탈할 지점을 뜻하며, 이는 다음경로로 이동시 부드러운 주행을 위한 파라미터 이다[7]. 그림 1은 지면상의 우측으로 진행할 때 직선성분 5개로 직선정보로 표현한 것이며, 그림2는 그림1의 직선 경로에 이탈점을 포함하여 주행한 경로로 다음 경로로 이동시 부드러운 주행을 위한 경로가 생성됨을 알 수 있다. 지도작성기(MapEditor)에서 직선경로는 전역좌표계를 기준으로 하여 절대좌표로 표현을 하였다. 이탈점 e 는 경로의 정보에 포함 될 수도 있으나 AGV의 크기에 따라 회전반경이 변해야하므로 이탈점 e 는 AGV의 명령어에서 설정할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 경로망은 연속된 직선경로의 정보를 이용하여 구현하였으며, 구현된 경로망은 최소비용그래프탐색 알고리즘으로 알려져 있는 A* 알고리즘을 이용하여 임의의 시작경로에서 임의의 목적경로까지의 최단 경로를 찾을 수 있도록 하였다.

2.2 작업장소

작업장소는 AGV가 물류의 이·적재를 수행하는 곳으로 AGVS로 물류전송요구가 전달되면 AGVS는 최적의 AGV를 선택하고 물류전송이 요구된 작업장소로 AGV를 이동시키게 된다. 이동된 AGV는 작업장소에 있는 물류를 이·적재함으로써 물류전송요구의 수행을 완료하게 된다. 공장의 배치도에 따라 직선경로는 작업장소를 지나가도록 설계하고, 작업장소는 직선경로의 좌표계원점에서의 x 축 방향으로의 거리 a 만큼 떨어져 있는 곳으로 정의된다.

본 논문에서는 작업장소를 적재장소(load station), 이재장소(unload station), 교환장소(exchange station), 대기장소

표 1. 작업장소의 종류

Table 1. Kind of station

분류	특징
적재장소	AGV에 물류를 적재할 수 있는 장비가 설치되어 있는 곳으로 단위작업명령 LOAD를 수행하는 곳이다.
이재장소	AGV에 물류를 이재할 수 있는 장비가 설치되어 있는 곳으로 단위작업명령 UNLOAD를 수행하는 곳이다.
교환장소	AGV에 물류를 이·적재할 수 있는 장비가 설치되어 있는 곳으로 단위작업명령 EXCH를 수행하는 곳이다.
대기장소	AGV가 대기하는 장소이며 수행할 단위작업명령이 없으면 대기장소로 이동하게 된다.
충전장소	AGV가 배터리를 충전하거나 교환하는 곳으로 일정 거리와 시간이 지나면 이곳에서 충전하거나 배터리를 교환한다.

(wait station) 및 충전장소(charge station)로 나누었고 각각의 특징은 표1과 같다.

2.3 합류구역

임의의 경로는 다른 경로로 진입할 수 있고, 또한 그 경로로 다른 경로가 진입할 수도 있다. 한 경로로 진입하는 경로가 2개 이상일 경우를 교차로라 하고, 이 교차로에서는 AGV의 충돌이 예상될 수 있으므로 충돌을 회피하기위해 교차로에 합류구역을 설정하고 교통제어알고리즘을 수행하였다.

Off-line에서 직선 경로를 생성하여 AGV의 이동경로를 모델링 할 때 2개 이상의 경로가 합류할 경우 자동으로 합류구역을 생성하도록 하였다. 또, 합류구역으로 진입하는 경로와 진출하는 경로로 구분하여 구역통제알고리즘에서 사용되도록 하였다. 합류구역은 교차점에서의 일정반지름을 가지는 원으로 정의되며, On-Line에서 AGVS가 합류구역 내에 오직 하나의 AGV만 점령할 수 있도록 제어하였다. 하지만 합류구역의 범위, 즉 합류구역의 반지름을 크게 하면 AGV의 충돌은 완벽하게 피할 수 있다. 하지만 합류구역의 범위가 커짐에 따라 점령한 AGV가 합류구역을 빠져나가는 시간이 많아지므로 시스템의 효율성과 생산성이 감소하게 된다. 반면 합류구역의 범위를 줄이게 되면 AGV의 충돌 가능성이 높아지게 된다. 따라서 적절한 합류구역의 범위설정은 생산성을 높이고 충돌 가능성을 낮게 하도록 설정하여야 한다.

3. AGVS의 구조

본 연구에서 제안한 AGVS의 구조는 명령관리자, 작업요구관리자, 데이터관리자, AGV관리자로 구성되어 있고 그림 3에 나타나있다.

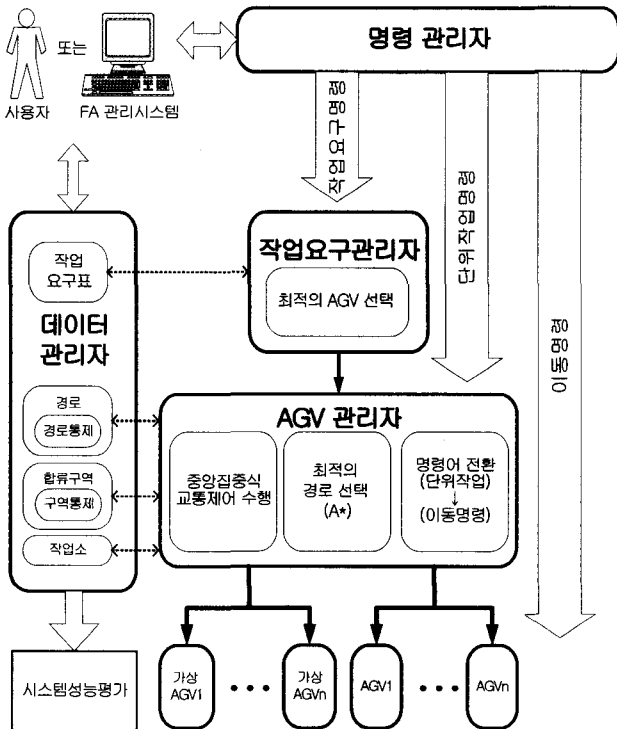


그림 3. AGVS의 구조
Fig. 3. AGVS structure

3.1 명령관리자

사용자나 FA관리시스템에 의한 명령을 처리하는 기능을 하고 입력받은 명령의 종류에 따라 각각의 관리자로 전달된다. 상위수준의 작업요구명령을 내릴 수도 있고 AGV의 이동명령을 전달할 수도 있다. 또, 현재 작업요구명령의 대기상태를 알려주어 현재 대기 중인 작업요구명령의 개수를 확인할 수 있다. AGVS에 사용되는 명령어의 구조는 그림 4와 같이 작업요구표, 단위작업명령, 이동명령으로 나뉜다.

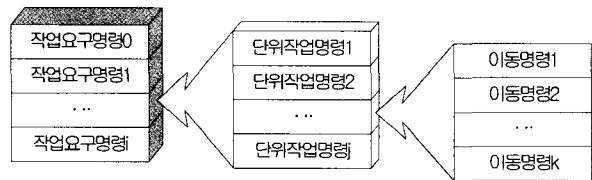


그림 4. 시스템의 명령어 구조
Fig. 4. Commands of System

AGVS에 물류전송 요구시 작업장소의 작업요구표를 참조하여 최적의 AGV를 선택 후 이를 AGV관리자에게 보낸다. 이를 받은 AGV관리자는 선택된 AGV의 단위작업명령버퍼(FIFO로 구성됨)에 저장되고 하나씩 단위작업명령을 수행하게 된다. 이때 최적의 경로를 찾고 경로의 주행을 위해 이동명령으로 전환 후 해당 AGV에 보내지게 된다. 이를 받은 AGV는 이동명령버퍼(FIFO로 구성)에 저장하고 차례대로 이동명령을 수행하게 된다.

3.2 작업요구관리자

작업요구관리자는 작업요구명령을 처리한다. 작업요구는 FA관리시스템에서 발생하거나 사용자에게 의해 임의로 발생시킬 수도 있고 작업장소에서 버튼이나 센서감지에 의하여 만들어질 수 있다. 입력된 작업요구명령은 일단 버퍼에 저장되었다가 순차적으로 수행되고 작업요구명령을 가장 빨리 수행할 수 있는 최적의 AGV가 결정되면 작업요구표를 참조하여 일련의 단위작업명령으로 변환되어 AGV관리자로 전달한다. 단위작업명령은 사전에 계획하여 데이터관리자의 작업요구표에 등록할 수 있다[8].

작업요구관리자에서 최적의 AGV 선택은 작업요구를 가장 빨리 수행하는 AGV를 찾는 것이다. AGV가 작업요구를 처리할 예상시간 (T_p)는 다음과 같다.

$$T_p = T_{arrival} + T_{remain} + \alpha \cdot W \quad (1)$$

여기서,

T_p : AGV가 작업요구를 처리할 예상시간

$T_{arrival}$: AGV가 작업을 요구한 작업장소까지 도착 예상시간

T_{remain} : AGV가 현재진행 중인 작업의 완료 예상시간

α : 가중치 상수

W : AGV의 가동횟수

작업요구를 처리할 시간이 가장 작은 AGV를 선택하면 가장 빠르게 수행 할 수 있는 AGV를 선택할 수가 있다. 이때, α 는 모든 AGV의 가동률을 비슷하게 유지하기위한 가중치 상수로 가동횟수가 많은 AGV는 해당 작업을 처리할 AGV로 선택될 확률이 낮아지도록 한다.

3.3 AGV 관리자

AGV관리자는 다수의 AGV를 관리하며 AGV제어에 관련된 단위작업명령과 이동명령을 처리한다. 단위작업명령은 일련의 물류를 운반하는 명령에 해당되고, 이동명령은 물류를 운반하기 위해서 이동해야 할 경로를 따라서 주행하도록 하는 명령과 물류를 AGV에 싣고, 내리는 명령에 해당된다. 일단 단위작업명령은 버퍼에 저장되고 수행을 기다리게 되며 이전 단위작업이 완료되면 다음명령을 순차적으로 수행한다. 이때 단위작업이 가장 빨리 수행되어질 수 있는 경로를 최적의 경로 선택 알고리즘을 사용하여 경로를 선택하고 이를 주행하기 위한 일련의 이동명령으로 변환되어 AGV에 전달된다. 이동명령을 받은 AGV는 독립적으로 수행하며 단위작업이 완료될 때까지 AGV관리자에 의해 관리된다. 또한 교통제어를 수행하여야 할 경로나 합류점의 상태를 감시하여 충돌과 교착상태를 방지한다. AGV관리자는 On-Line에서 동작하게 된다.

3.4 데이터 관리자

데이터관리자는 경로(path), 통제구역(traffic zone), 작업장소(station), 작업요구표(order table)등의 정적 데이터를 저장, 관리한다. Off-line에서 시스템에 대한 기초설계를 담당하며 Vector Drawing방식을 사용하여 경로, 통제구역, 작업장소를 설정하고 GUI를 사용하여 편리하게 작업요구표를 입력할 수 있다. 그리고 AGV의 가동률과 작업요구처리시간의 계산을 위하여 AGV관리자에서 필요한 데이터가 갱신된다.

4. 경로계획 및 구역통제

4.1 경로계획

경로계획은 시작한 AGV의 현재위치에서 작업장소의 위치로 가장 단시간에 갈 수 있는 경로를 선택하는 것으로 하였다. AGV는 항상 직선경로를 따라 주행하므로 임의의 경로 상에 위치하다. 또 마찬가지로 작업장소도 임의의 직선경로 상에 존재하도록 시스템모델에서 정의를 했으므로 경로계획은 경로의 집합들 중에서 시작경로(S)에서 목표경로(G)까지의 최단시간으로 가는 직선경로의 집합을 구하는 문제와 같아진다. 따라서 최적경로탐색 알고리즘으로 알려져 있는 A*알고리즘을 이용하여 최단시간으로 작업장소까지 갈수 있는 경로를 생성하였다.

4.2 우회 경로 계획

다수의 AGV들이 한정된 공간내에서 작업을 수행할 때에는 필연적으로 정체가 발생한다. 시스템의 생산성을 높이기 위해서는 정체를 회피하여 작업 처리 시간을 단축시켜야 한다. AGV는 경로 상에 존재하는 작업장소에서 작업을 하므로, 정체를 회피하기 위해서는 작업중인 경로를 회피하여야 한다. 즉, 다른 경로로 우회하여 작업장소까지 이동하는 것이 효율적이다. AGV관리자에서는 AGV가 이전의 경로계획에 따라 주행하는데 필요한 소요시간과 변경된 경로계획에 따라 주행하는데 필요한 소요시간을 계산하여 식(2)를 만족하면 우회경로를 따라 주행하도록 하였다.

$$t_{detour} \leq t_{pre-route} + \alpha \cdot t_{wait} \quad (2)$$

t_{detour} : 우회경로계획의 주행 소요 예상시간

$t_{pre-route}$: 이전의 경로계획의 주행 소요 예상시간

α : 가중치 상수

t_{wait} : 작업 중인 AGV의 작업 완료 예상시간

그림 5에서 이미 AGV A는 연한 회색의 경로계획대로 이동 중이다. 하지만 AGV A의 다음에 이동할 경로에서 이미 작업 중인 AGV B가 있으므로 AGV관리자에서는 식(2)의 우회조건을 만족하는지 판단하여 우회조건을 만족하면 AGV A를 우회하여 갈 수 있도록 AGV관리자에서 A*알고리즘을 이용하여 그림 6과 같은 새로운 경로를 계획하고, AGV A에 전달한다. 이렇게 함으로써 AGV의 대기시간을 줄이고 작업 시간을 단축시킬 수 있다.

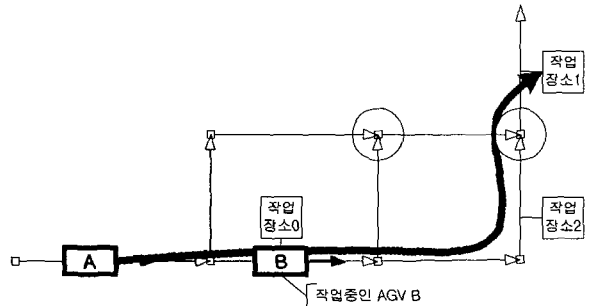


그림 5. AGV A의 경로계획
Fig. 5. Pre-routing plan of AGV A

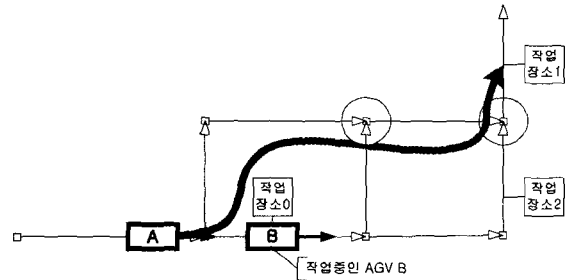


그림 6. AGV A의 변경된 경로 계획
Fig. 6. Modified routing plan of AGV A

4.3 구역통제

구역통제는 둘이상의 경로가 진입하는 교차로에서 수행된다. 그림 7과 같이 두 대의 AGV가 교차점을 향하여 주행하는 경우 충돌이 발생할 수 있다. AGV A는 지면의 아래 방향으로 향하고 AGV B는 지면의 우측방향으로 향하고 있다고 하자. 각각의 AGV 속도는 동일하게 운행되고 있다고 하면 교차로 부근에서는 충돌이 발생하게 된다. 일반적인 구역통제방식은 통제구역 내에 오직 1대의 AGV만 점유할 수 있도록 하고, 이후에 구역으로 들어오는 AGV는 순서대로 지나갈 수 있도록 한다. 그러나 AGV가 정지하였다가 다시 출발하는 경우 시간이 많이 소요되고 비용이 많이 든다. 따라서, 가급적 AGV를 정지시키지 않고 주행하는 것이 좋다. 본 논문에서는 교차로 부근의 통제구역을 AGV가 감속하는 구간과 반드시 정지하는 구간으로 나누어 구역통제를 하였다.

그림 7에서 AGV A가 먼저 교차로의 감속구간으로 진입하였고 그 후 바로 AGV B가 진입하였다고 하자. 먼저 진입한 AGV A는 그대로 통과 시키고 이후에 들어온 AGV B의 속도를 감속시켜 충돌을 회피하려고 한다. 그러면 제어대상

은 AGV B가 되고 AGV B의 속도를 제어함으로써 충돌이 회피될 수 있다.

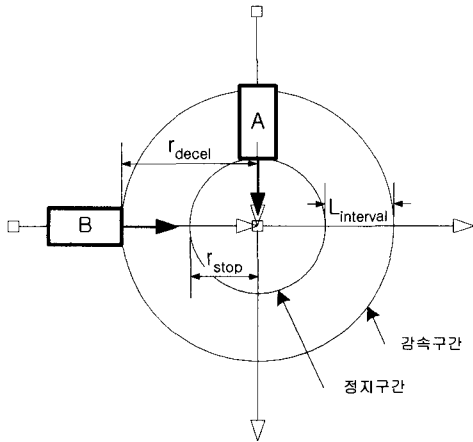


그림 7. 교차로에서의 충돌
Fig. 7. Collision of a intersection

합류구역의 정지구간에서는 반드시 1대의 AGV만 점유하도록 하여 점유된 이외의 AGV는 정지하도록 하는 구간이다. 본 논문에서는 정지구간의 크기를 식 (3)에 의해 결정하였다.

$$r_{stop} \geq \frac{1}{2} L_{AGV} + L_{decel} \quad (3)$$

- r_{stop} : 정지구간의 반지름
- L_{AGV} : AGV의 길이
- L_{decel} : AGV의 제동거리

합류구역의 감속구간은 이미 한 AGV에 의해 합류구역이 점령되어 있는 경우 다른 AGV가 감속하도록 하여 되도록이면 정지하지 않도록 하는 구간이다. 이구간은 합류구역으로 먼저 진입한 AGV가 정지구간을 빠져나가는 시간과 뒤이어 진입한 AGV가 정지구간까지 주행하는 시간을 계산하고 항상 먼저 진입한 AGV가 정지구간을 빠져나가는 시간을 적게 하여 충돌을 방지하도록 한다. 최악의 경우는 동시에 AGV가 합류구역에 진입하는 경우이므로, 이때의 감속거리와 감속속도를 구하여 적용하면 항상 안정적이다. 따라서 식(4)와 같이 유도된다.

$$t_A \leq t_B \quad (4)$$

$$t_A = \frac{L_{\cap val} + 2r_{stop}}{v_A}$$

$$t_B = t_{decel} + \frac{L_{\cap val}}{v_{decel}}$$

- $L_{\cap val}$: AGV B가 감속할 거리
- v_{decel} : AGV B의 감속속도
- v_A : AGV A의 속도
- v_B : AGV B의 속도
- t_{decel} : v_B 에서 v_{decel} 로 감속하는데 소요되는 시간
- t_A : AGV A가 정지구간을 빠져나가는 시간
- t_B : AGV B가 정지구간까지 주행하는 시간

이때 변수는 2개이고 식은 1개 이므로 여러 가지의 해가

발생한다. 따라서 $L_{\cap val}$ 이 정해지면 감속구간은 다음과 같이 설정된다.

$$r_{decel} = r_{stop} + L_{\cap val} \quad (5)$$

본 논문에서는 최악의 경우일 때 감속거리와 감속속도를 계산하여 시스템에 적용하였고, 모든 AGV의 평균속도, 감속속도, 감속시간 및 감속거리가 동일하다고 가정하였다. 감속속도를 평균주행속도의 절반으로 감속하도록 하였다.

$$\frac{L_{\cap val} + 2r_{stop}}{V_D} \leq \frac{L_{\cap val}}{\frac{1}{2} V_D} \quad (6)$$

$$2r_{stop} \leq L_{\cap val} \quad (7)$$

따라서, 감속구간은 식 (8)에 의해 결정된다.

$$r_{decel} \geq 3r_{stop} \quad (8)$$

AGV가 합류구역을 진입할 때는 점령되었는지 확인하고 이미 점령되어있으면 대기상태로 들어간다. 대기상태에서는 감속구간과 정지구간인지 판단하여 감속구간일 경우에는 감속을 하고 정지구간일 경우에는 정지하도록 하였다. 그리고 점령하였던 AGV가 합류구역의 정지구간을 빠져나가면 대기상태에 있는 AGV가 합류구역을 점령하도록 하여 같은 방식으로 통제를 하도록 하였다.

5. 시뮬레이션

시뮬레이션을 위한 시스템 모델링은 Off-line에서 구성하고 On-line에서는 VAGV의 작업 처리상황을 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션을 위해 다음과 같은 가상의 시나리오를 작성하였다. 표2는 시뮬레이션에 사용된 AGVS 및 VAGV의 사양으로 실제 공장을 모델로 하였다. 작업환경은 그림 8에서 A-1이라는 공장으로 부품창고, 조립라인, 빈 팔레트 적재장소로 구성되어있으며, 조립라인의 작업장소에는 팔레트를 이·적재를 할 수 있는 장치가 설치되어 있다. 그리고 부품창고에는 조립라인에 이송해야할 부품이 팔레트형태로 적재되어 있고, 빈 팔레트 적재장소는 조립라인에서 소비된 팔레트를 수거하는 곳이다. 작업은 부품창고에 있는 부품을 조립라인으로 운반하는 것으로 표3의 작업요구표에 의해 수행된다. 그림 8은 주행경로 및 작업장소를 모델링하여 교통제어 상태를 보여주고 있다.

표 2. AGVS 규모와 VAGV의 사양
Table 2. AGVS & VAGV specification

AGVS 규모	작업공간	67.5m × 65m
	작업장소	20개소
	운반물	5종류
	대기장소	1개소
	직선경로	66개
	구역통제	20 구역
VAGV 사양	AGV수	10대
	크기	4m(길이) × 2m(너비)
	주행속도	1 m/s
	회전반경	2 m
	충돌방지	전방감지 센서, 범퍼
이적재시간	120 sec	

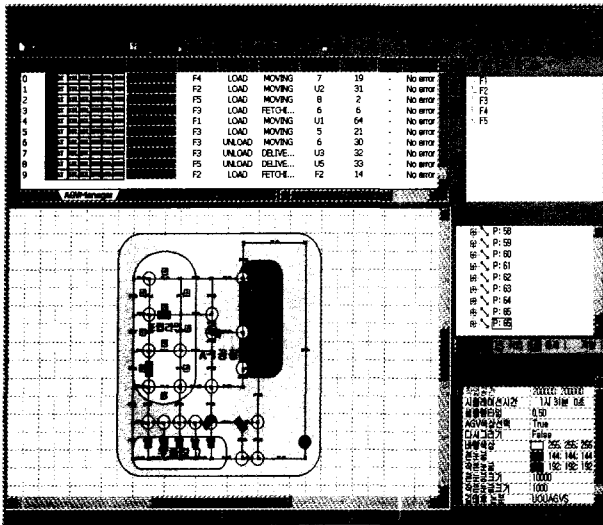


그림 8. 시스템 모델링 및 교통제어
Fig. 8. System modeling and traffic control

표 3. 작업요구표
Table 3. Order table

작업요구표	발생주기	내용	
F1	10분	FETCH	F1
		DELIVER	1
		FETCH	2
		DELIVER	U1
F2	10분	FETCH	F2
		DELIVER	3
		FETCH	4
		DELIVER	U2
F3	5분	FETCH	F3
		DELIVER	5
		FETCH	6
		DELIVER	U3
F4	15분	FETCH	F4
		DELIVER	7
		FETCH	8
		DELIVER	U3
F5	12분	FETCH	F5
		DELIVER	9
		FETCH	0
		DELIVER	U5

합류구역의 감속구간과 우회경로계획을 사용하였을 때와 사용하지 않았을 때 각각 12시간 시뮬레이션을 수행하였다. 제안된 구역통제와 우회경로계획을 사용하였을 때 정지횟수는 28.7%, 통제횟수는 58.8%가 감소하였고 평균작업시간은 0.8분이 단축되었음을 알 수가 있다. 시뮬레이션의 결과에 의해 제안된 알고리즘의 유효성을 판단할 수 있으며, AGV의 수가 증가하게 된다면 작업시간을 더욱 단축시킬 수 있으리라 예상된다.

표 4. 감속구간과 우회경로계획을 사용하지 않았을 때
Table 4. Not using deceleration zone & detour routing

AGV ID	작업 시간	일률	정지 횟수	통제 횟수	작업 요구	평균 작업 시간 (분)
0	641	89	162	58	F1	15
1	648	90	180	50	F2	16
2	639	88	188	79	F3	14
3	660	91	176	76	F4	22
4	658	91	195	91	F5	16
5	622	86	170	75		
6	640	88	190	90		
7	624	86	190	72		
8	647	89	175	78		
9	616	85	171	76		
평균	639.50	88.30	179.70	74.50	평균	16.6

표 5. 감속구간과 우회경로계획을 사용하였을 때
Table 5. Using deceleration zone & detour routing

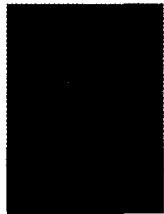
AGV ID	작업 시간	일률	정지 횟수	통제 횟수	작업 요구	평균 작업 시간 (분)
0	613	85	158	35	F1	13
1	668	92	134	26	F2	15
2	648	90	116	26	F3	14
3	640	89	113	29	F4	23
4	547	76	133	39	F5	14
5	643	89	116	26		
6	620	86	120	37		
7	594	82	123	32		
8	597	83	131	32		
9	606	84	137	40		
평균	618.20	85.60	128.10	32.20	평균	15.80

참고 문헌

- [1] B, Mahadevan, and T. T, Narendran, "Design of an Automated Guided Vehicle-Based Material Handling System for a flexible Manufacturing System", Int. J. Prod. Res, Vol. 28, No. 9, pp 1611-1622, 1990.
- [2] Bülent Sezen, "Modeling Automated Guided Vehicle Systems in Material Handling", Dogus Üniversitesi Dergisi, Vol 4, No. 2, p207-216, 2003
- [3] Jung Hoon Lee, Beom Hee Lee, "A Real-Time Traffic Control Scheme of Multiple AGV Systems for Collision Free Minimum Time Motion: A Routing Table Approach" IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, vol 28, No. 3, p347-358, May 1998.
- [4] Shay-Ping T. Wang, "Animated Graphic Simulation of An Automatic Guided Vehicle System (AGVS)", in Proc. Winter Simulation Conference, pp 252-256, 1985

- [5] 노영식, "AGV의 중앙제어를 위한 경로계획 및 교통 제어" Trans. KIEE. Vol. 44, No 3, pp.364-371, 1995.
- [6] Patrick Henry Winston, "Artificial Intelligence", Addison-Wesley Publishing Company, Second edition p102-117, 1984.
- [7] Kanayama, Y.; Yuta, S. "Vehicle path specification by a sequence of straight lines", IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol 4, No 3, pp265-276, June 1988.
- [8] Sudha Arora, A. K. Raina "Collision Avoidance among AGVs at Junctions", Proc. of IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.585-589, 2000.

저 자 소 개



홍현주(Hong Hyun-Ju)
 1999년 울산대 전기공학과 졸업.
 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업
 (석사).
 2001년~현재 동 대학원 전기전자정보시
 스템공학부 박사과정.

관심분야 : 로봇틱스, 머신 비전, 물류자동화

Phone : 052-259-1616
 Fax : 052-259-1686
 E-mail : honghj@ulsan.ac.kr



노영식(Ro Young-Shick)
 1981년 연세대 전기공학과 졸업.
 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업
 (석사).
 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업
 (박사).
 1987년~1991년 삼성전자 생산기술연구소
 선임연구원.

1991년~현재 울산대 전기전자정보시스템공학부 교수

관심분야 : 로봇틱스, 머신 비전, 물류자동화
 Phone : 052-259-2190
 Fax : 052-259-1686
 E-mail : ysro@uou2.ulsan.ac.kr



강희준(Kang, Hee-Jun)
 1985년 서울대 기계과 졸업
 1991년 (미)텍사스 오스틴대 박사.
 1992년~현재 울산대학교 전기전자정보시
 스템 공학부 교수

관심분야 : 로봇 제어 및 응용, 햅틱스, 비
 슈얼 서버, 캘리브레이션

Phone : 052-259-2207
 Fax : 052-259-1686
 E-mail : hjkang@mail.ulsan.ac.kr



서영수(Suh Young-Soo)
 1990년 서울대학교제어계측학과 졸업.
 1992년 서울대학교제어계측학과 석사
 1997년 동경대학교 공학박사
 2000년~현재 울산대학교 전기전자정보시
 스템공학부 조교수

관심분야 : 제어시스템

Phone : 052-259-2196
 Fax : 052-259-1686
 E-mail : suh@ieee.org



김태후(Kim Tai-Who)
 2002년 울산대 전기공학과 졸업.
 2004년 동 대학원 전기전자정보시스템공
 학부 졸업(석사).
 2004년~현재 (주)잉카시스템

관심분야 : 로봇틱스, 머신 비전, 물류자동화

Phone : 052-259-1642
 Fax : 052-259-1686
 E-mail : offhook@hotmail.com