

시뮬레이션을 이용한 AGVS 콘트롤러 개발지원시스템

배종욱* · 김갑환*

A Development Tool for AGVS Controller using Simulation

Jong-uk Bae · Kap-hwan Kim

〈Abstract〉

It is a time-consuming work to develop a control software for AGVS considering different physical arrangements and transport requirements in automated manufacturing systems. An integrated software environment is suggested to support the development of the control software by utilizing a simulation software which imitates changes in the target shop floor. First, the basic functions of the controller are defined and interactions between modules(functions) are identified to enhance the modularity of the controller. Prototype software is developed for the simulation station and the control station, respectively, which are connected with each other by a communication link to transmit predefined messages.

1. 서론

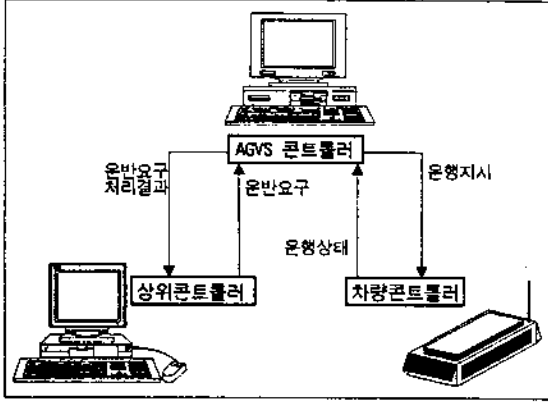
무인반송차시스템(Automated Guided Vehicle System: AGVS)은 자동화생산시스템에서 운반작업을 무인화 하면서도 그 유연성을 유지하게 해주는 대표적인 자동화 자재취급시스템이다. 물리적 이동을 담당하는 하드웨어와 효과적 운영에 필요한 의사결정을 수행하는 소프트웨어 그리고 PLC, 이재장치 등의 주변기기과 연결되는 네트워크로 이루어진다.

운영 측면에서 제어기기는 차량에 장착되어 주변감지, 안전유지 및 기본적인 시스템정보의 저장 기능 등을 수행하는 차량콘트롤러(Vehicle controller)와 여러 차량을 종합적으로 통제, 운영하기 위해서 관리자 컴퓨터(Supervisor Computer)에서 수행되는 AGVS콘트롤러(AGVS controller)로 구분된다.

자동제조시스템에서 AGVS콘트롤러는 상위 콘트롤러로부터 가공 장비와 생산공정 정보를 고려한 운반요구 정보를 네트워크를 통하여 전송받아 차량콘트롤러에 구체적인 작업을 지시한다. 계속적으로 차량들의 현재 운행상태를 감시하면서 그때 그때 운행에 필요한 의사결정을 수행하게 된다. <그림 1>은 자동제조시스템의 계층적 제어구조에서 AGVS콘트롤러가 수행하는 역할의 한 예를 보여 준다. AGVS콘트롤러는 작업물의 운반을 지시하는 상위콘트롤러로부터 운반요구정보를 받고 운반수행결과를 보고하는 방식으로 상위콘트롤러와 상호작용을 한다. 한편 AGVS콘트롤러는 무인차에 장착된 차량콘트롤러가 감지장치에서 수집된 정보를 해석하여 운행상태정보를 보고하면, 여러 차량의 상태와 운반요구 등을 종합적으로 분석하여 차량운행에 대한 의사결정을 한 다음, 각 차량콘

* 부산대학교 산업공학과, 부산대학교 기계기술연구소

트롤러에게 운행지시정보를 하달하는 방식으로 차량 컨트롤러와 상호작용을 하게 된다. 즉, 제조작업의 전체적인 진행을 제어하는 상위컨트롤러와 실제 운반작업을 수행하는 차량 사이의 연결고리로서 공장류의 제어기능을 담당한다[1].



〈그림 1〉 자동제조시스템에서의 AGVS 컨트롤러의 역할

AGVS의 소요대수를 추정한다든지, 운행통로를 설계하는 초기 시스템설계문제를 해결하는데는 정수계획법과 대기모형 등의 수학적 모델이나 수리적 발견 기법 등이 유용한 접근 방법들로서 사용되어 왔다[2]. 그러나 여러 대의 차량을 이용해서 동적으로 발생하는 운반요구를 처리하는 시스템 운영문제를 다룰 때는, 시스템 내에 존재하는 여러 요소 사이의 복잡한 상호작용으로 인해 보통 차량들의 현재상태에 기초하여 운영에 대한 의사결정이 이루어지기 때문에 앞에서 언급되어진 정적인 모델들의 적용이 힘들다. 따라서 시뮬레이션을 이용한 분석방법이 효과적인 대안으로 제시될 수가 있다.

Egbelu[3]는 시뮬레이션을 이용해서 AGV운영문제에 대한 연구를 하기 위하여 FORTRAN으로 작성된 AGVSim을 만들었다. 시뮬레이션 전용언어를 사용한 Lin[4]과 김[5]은 SIMAN을 이용하여 시뮬레이터(Simulator)를 개발하였는데 Lin은 애니메이션 모듈과 그래픽입력모듈을 추가하였고, 김은 확장성을 고려한 모델베이스에 관한 연구를 하였다. Taghaboni와 Tanchoco[6]는 자율운행시스템의 차량 컨트롤러를 위한

객체지향프로그래밍의 대략적 모델을 제안하였고, Gaskins와 Tanchoco[7]는 동일한 대상시스템에 작업장운영컨트롤러와의 인터페이스를 고려하여 C언어로 작성된 시뮬레이터 AGVSim2를 개발하였다.

가상투로시스템을 대상으로 Lisp-based controller를 개발하기 위하여 Taghaboni와 Tanchoco의 연구는 시스템정비의 관련성을 고찰하고 운영기능을 파악하였다. 하지만 제시된 모델에서 보여주는 기본적인 기능들만으로 컨트롤러를 구성할 경우 복잡한 운행경로를 가지는 현장의 그물망식(Network) 운행통로망에서 발생하는 문제들에 대해서는 컨트롤러의 안정적인 수행 여부를 확인할 수 없다. 즉, 운영논리의 최적화가 전체적 효율과 가지는 상호관계를 파악하려는 접근이 미약하였다. 또한 AGVS컨트롤러 개발을 위한 시뮬레이터에 대한 Gaskins와 Tanchoco의 연구는 시스템의 운영규칙을 시뮬레이션 코드내에 삽입하였지만 실제 운영에 필요한 기능들에 대한 정의 및 분석이 부족하다. 그리고 사용자들이 실험 결과로서 우수한 성능으로 평가한 운영규칙들을 시스템 컨트롤러의 소프트웨어로 새롭게 변경해야 하는 번거로움이 있다.

기존의 연구들은 AGVS의 자동화 요소기술, 부분적인 운영논리의 설계, 그리고 초기 시스템 설계 분야에 대해 주로 집중되어 왔다. 그러나 운반요구가 다양하게 변해 가는 상황에서 효율성 유지를 위하여 컨트롤러의 논리를 수정하여 가는 문제와 짧은 시간내에서도 동적으로 발생할 수 있는 돌발사건(예:차량의 고장)에 유연하게 대처할 수 있는 통제논리의 개발 문제는 상대적으로 소홀하게 다루어져 왔다. 뿐만 아니라 ACVS를 특정 생산현장에 설치하고자 할 때 그 상황에 특수하게 정의되는 시스템의 구조와 운반요구에 가장 효율적인 AGVS컨트롤러를 그때 그때 개발한다는 것은 상당한 노력을 요하는 작업이 아닐 수 없다.

이와 같은 문제를 손쉽게 해결하기 위해서는 다음 두 가지 연구가 필요하다고 본다. 첫째, AGVS컨트롤러가 수행하는 기능과 그 기능에 대응하는 소프트웨어 모듈을 정의하고 그 모듈들 사이의 관계와 Communication protocol을 정의함으로써 추후 확장 개발이 용이하게 하고 프로그램의 재사용성을 높이는 것이 필요하다.

두번째, 운반요구에 대한 차량의 배차, 유류차량의 운용, 운행경로 및 일정계획 등의 AGVS콘트롤러가 수행하는 의사결정 모듈들의 성능을 극대화 시킬 수 있는 실험 환경을 구축함으로써 현장 상황에 맞추어 개별 기능의 개발을 지원하고 각 모듈의 성능을 평가, 확인해 볼 수 있게 하여 개발에 소요되는 시간과 비용을 절감하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 모듈의 수행절차에 필요한 운영절정규칙들에 대해서는 기존의 관련 연구결과들을 토대로 하여 설계하고 향후 점진적으로 개발되는 개별 모듈의 첨가를 지원할 수 있는 프로토타입의 시스템 개발을 본 연구의 목적으로 한다.

2. 대상 시스템의 구조

〈표 1〉은 본 연구에서 대상으로 하는 무인운반차 시스템의 특성을 보여주고 있다.

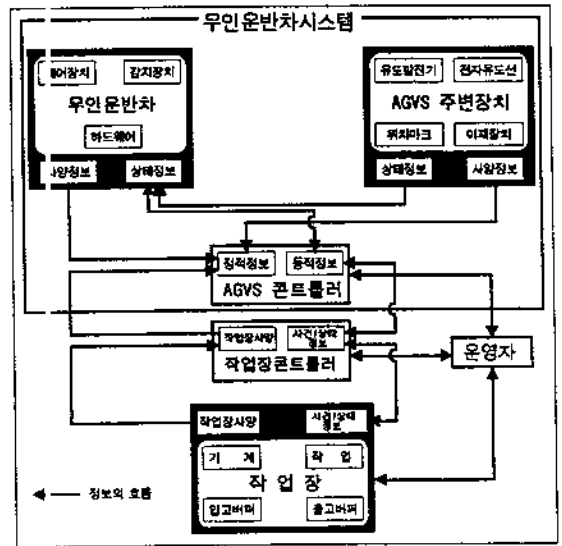
〈표 1〉 연구대상 무인운반차시스템의 특성

항 목	특 성
차량주행방식	양방향
위치감지	Stop / Address 마크 감지
유도방식	전자유도
운행통로망	일반적인 네트워크 형태
운행통로	양방향
통제방식	중앙통제방식
차량과의 통신방식	Polling communication 방식

본 연구에서는 차량도 양방향 이동이 가능하고 통로에서도 양방향 이동이 가능한 시스템을 대상으로 하였다. 또한 네트워크 형태의 통로망을 가정하였고 전자유도방식을 유도방식으로 가정하였다. 전체적 운영시스템은 계층적 구조로 가정하고 있다. 따라서 작업장에서 일어나는 운반요구들에 대해 운반 대상물이 다음 공정에서 작업이 가능한지 등의 작업장의 여러 상황들은 상위콘트롤러에서 이미 점검되었다고 본다. AGVS콘트롤러에 전달된 운반요구는 콘트롤 소프트웨어가 차량들의 상태를 분석하여 차량콘트롤러에 구체적인 운행지시를 전송하여 운반요구가 처리되도록 구성하였다. AGVS콘트롤러는 제어 차량들에 대해 순

환적으로 현재의 위치 및 상태를 요구하여 차량콘트롤러로부터 이를 전송받아 동적정보로서 수집보관한다. 작업내용을 변경해야 할 경우에는 통신 접속이 체결된 차량콘트롤러에 새로운 지시를 전송하여 작업을 유도하는 polling communication 방식을 채택하였다.

AGVS콘트롤러는 특정한 운반요구를 처리하기 위해 할당된 차량의 운행경로 및 일정을 계획하여 이를 내부 동적정보로 보관하고, 차량콘트롤러에서 전송받은 자료와 비교하여 차량이 점검구역에 진입하면 내부에 보관된 경로/일정정보를 갱신하면서 운행을 지시한다. 차량의 이동은 차량들간의 방해 및 예외사건의 신속한 처리를 위해 통로상의 중간경유 교차로에 도착할 때마다 경로에 대한 의사결정을 갱신하는 point-to-point 주행을 하게 된다.



〈그림 2〉 무인운반차 콘트롤 시스템의 구조

일에서 언급된 무인운반차시스템 구성과 이의 운영에 필요한 정보의 흐름을 〈그림 2〉에서 나타내었다. AGVS 콘트롤러는 차량, 주변장치, 운영자로부터 들어오는 정보들을 종합하고 작업장에 관한 정보들을 작업장 콘트롤러로부터 전송받는다. 그러면 AGVS콘트롤러는 제조시스템의 여러 사양과 AGV시스템을 나타내는 정적정보를 기초로 하고 외부로부터 전송/수

집되는 동적정보를 이용하여 의사결정을 하게 된다. 여기서 정적정보는 사용자가 사전에 AGVS콘트롤러에 입력시켜 두어야 하는 것이고 동적정보는 시스템의 운영중에 자동적으로 전송되는 형태로 입력된다.

3. 개발지원시스템

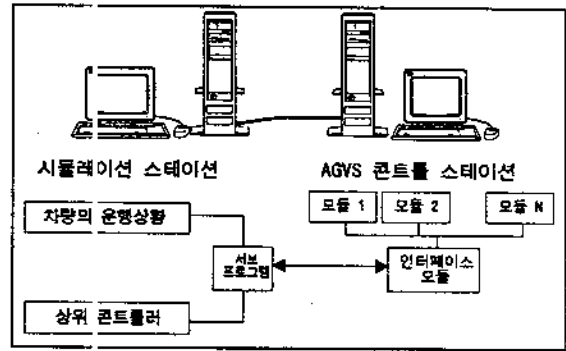
AGVS의 콘트롤 소프트웨어를 개발하는 경우 포함되는 각 모듈에서 구현될 여러 운영논리들을 작업장의 특성을 고려하여 면밀히 분석, 평가해 볼 필요가 있다. 그렇게 함으로써 그런 운영논리들의 조합으로 구현되는 콘트롤 소프트웨어가 대상시스템에 적용되었을 때 최상의 성능을 발휘할 수가 있게 된다.

따라서 이런 운영논리들은 실제의 현장시스템에 AGVS를 설치하기 전에 개발되어 충분한 테스트를 거쳐야 하므로 현장 테스트와 유사한 작업을 할 수 있는 소프트웨어의 환경이 필요하다. 뿐만 아니라 AGVS 하드웨어 설치사항(운행통로, 차량대수, 이재장치 위치 등)을 결정하는 시스템의 설계단계에서도 이와 같은 운영규칙에 대한 대안이 없이 설계안의 평가가 불가능하다고 할 수 있다. 역으로 이 설계안은 운영논리의 결정에 중요한 입력자료로서 역할을 하게 되므로 이 두 가지 문제는 동시에 고려되어야 한다고 할 수 있다.

시뮬레이션은 그 기법의 특성상 현장의 상세한 행태까지 묘사가 가능하므로 AGVS 설계안의 분석 뿐만 아니라 콘트롤 소프트웨어의 기능에 따른 운영규칙의 대안을 평가해 보는데 좋은 도구라고 할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 작업을 용이하게 할 수 있는 개발지원시스템을 제안하려고 하며 동시에 이 시스템은 사용자로 하여금 콘트롤 소프트웨어의 운영규칙을 수정·개선하는 것을 용이하게 하고 시스템의 상황과 환경을 수시로 변경하여 테스트해 볼 수 있도록 사용자 위주의 환경을 제공해야 한다.

3.1 개발지원시스템의 기능

본 연구에서는 운반요구를 전달하는 상위 콘트롤러의 역할을 수행하면서 현장에서 운행통로를 따라 움직



〈그림 3〉 개발지원시스템의 접근 방향

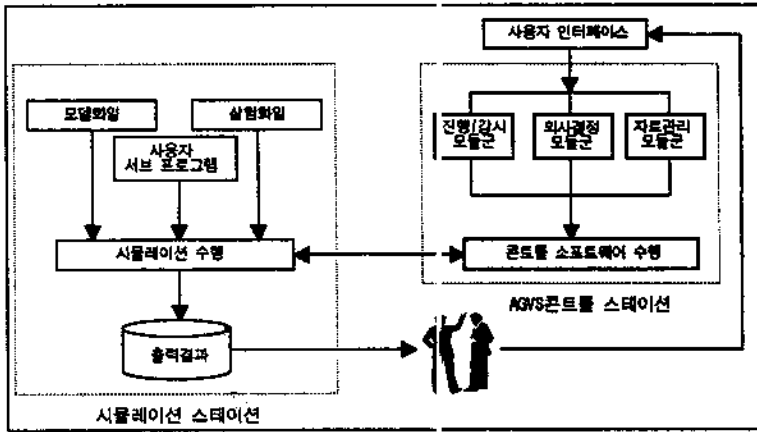
직이는 차량의 상황을 묘사하는 시뮬레이션 부분을 AGVS콘트롤러와 분리시켜 개발·실행할 수 있도록 시뮬레이션 스테이션과 AGVS콘트롤 스테이션으로 분리하였다. 대상 시스템에 대한 구성정보를 공유하면서 〈그림 3〉과 같이 2대의 개인용 컴퓨터를 사용하여 각각에 대해서 시뮬레이션과 AGVS콘트롤러의 역할을 부여하여 서로의 정보를 RS232C 널모뎀을 통해 송수신함으로써 AGVS콘트롤러가 시뮬레이션에 대해서 독립적으로 기능할 수 있도록 하였다. 그리고 외부 제어기기와의 연결과 차량에 대한 실시간 정보수집 및 작업지시 등에 있어서 콘트롤 소프트웨어가 작동하게 될 실제환경과 유사한 통신프로토콜을 사용하여 현장 적용가능성을 높였다.

AGVS를 구성하는 하드웨어, 소프트웨어 그리고 네트웨어에 대한 정보를 사용자로 하여금 정의하게 하고 입력받은 정보들을 시스템구성정보와 운영규칙에 대한 정보로 구분해서 시뮬레이션과 AGVS콘트롤러 내부에 통일한 조건이 설정되도록 한다.

3.2 개발지원시스템의 구조

시뮬레이션 프로그램은 시뮬레이션 전용 언어인 SIMAN으로 작성되고 애니메이션 모듈은 CINEMA로 구현되었기[8]. 그리고 시뮬레이션 스테이션의 사용자 서브프로그램과 콘트롤 소프트웨어는 C언어로 개발되었다.

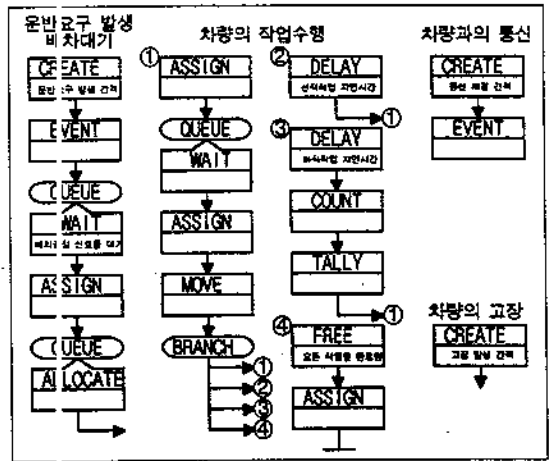
〈그림 4〉는 개발지원시스템을 이용한 실행 절차를 나타낸다. 시뮬레이션 스테이션에서는 SIMAN으로 작



〈그림 4〉 개발지원시스템의 수행 절차

성된 모델파일과 실험파일 이 있고 사용자 서브프로그램에서 연결기능을 담당한다. AGVS콘트롤 스테이션의 자료관리 모듈군에서는 콘트롤소프트웨어의 정적 정보를 유지관리하고, 의사결정 모듈군에서는 사용자가 선택한 개별 모듈의 운영규칙의 조합을 사용하여 의사결정기능을 수행한다. 콘트롤러가 실행되면 진행 및 통제모듈군에서는 계획과 상태정보들을 갱신시키면서 지시내용을 통신 프로토콜을 통해 시뮬레이션과 서로의 정보를 교환한다. 시뮬레이션 스테이션과 AGVS콘트롤 스테이션은 동일한 상태정보를 이용하게 되고 시행에 있어서 시간적으로 동기화되어 진행된다. 실행이 종료되면 시스템 콘트롤러의 성능에 대한 결과화일이 출력되며 이 결과를 시스템 설계자가 분석하여 시스템에 적합한 운영규칙을 찾아 개선해 나가는 과정을 반복하게 된다.

4.1 시뮬레이션 스테이션의 구성



〈그림 5〉 시뮬레이션 모델의 블럭 다이어그램

4. 시뮬레이션 스테이션

시뮬레이션 스테이션은 독립적인 사건을 진행시켜 나가는 일반적인 시뮬레이션과 콘트롤 소프트웨어와 함께 운영되도록 연결하는 서브프로그램으로 구성된다. 본 연구에서는 무인운반차시스템을 묘사하기에 편리하고 실시간 애니메이션 모듈의 연결이 가능한 SIMAN / CINEMA을 활용함으로써 사용자로 하여금 여러 상황과 환경에서 시스템콘트롤러의 성능을 실험할 수 있도록 지원한다[9].

SIMAN을 사용한 시뮬레이션 프로그램은 다시 모델파일과 실험파일로 구분할 수 있다. 〈그림 5〉에서 블럭 다이어그램으로 표현한 모델은 상위콘트롤러로부터의 운반요구 발생, 현재 위치에서 다음 이동 지점까지의 차량의 운행 및 작업, 차량의 예외사건 발생과 조치관료 등을 묘사한다. 참고적으로 〈그림 5〉에서 볼 수 있듯이 AGV 운영을 묘사하기 위하여 이 여러가지 SIMAN 블럭들을 사용하였으나 모델화일에서 상세한 운행논리를 표현하기에는 기능이 부족하고 유연

성도 없어서 가장 기본적인 기능을 가지는 블럭들로 시뮬레이션 모델이 작성되어 있다. 실험화일에서는 대상 시스템에 대한 작업장 배치, 차량갯수, 운행통로망 등의 사양과 시뮬레이션의 일반정보를 표현한다.

모델에서 운반요구가 발생되면 이 정보는 사용자 서브프로그램에 의해서 운반요구의 발생시간, 선하적 위치 등의 특성정보가 추가된 뒤 AGVS콘트롤러에 전달된다. 한편 차량콘트롤러로 부터 발생하는 차량의 상태정보와 운행결과 정보는 시뮬레이션 모델에서 추출되어 마찬가지로 AGVS콘트롤러에 전달되는데 이 모든 통신기능을 시뮬레이션 스테이션 쪽에서는 사용자 서브프로그램이 맡고 있다. 그리고 AGVS 콘트롤러에서 이루어지는 의사결정 결과를 입력받아 시뮬레이션의 사건발생과 진행에 반영시킴으로써 AGVS콘트롤러의 수행이 시뮬레이션의 수행과 일치될 수 있게 한다.

4.2 AGVS에서 운행차량의 묘사

초기상태에서 차량들은 지정된 주차지점에서 AGVS 콘트롤 스테이션으로부터의 운행요구를 대기하다가 AGVS의 콘트롤 소프트웨어에서 임의의 운반요구를 할당받는다. 적재위치까지의 운행계획이 작성되면 현재의 위치에서 다음 이동위치만에 대한 정보를 전송

받아 지정된 통로망을 따라 이동한다. 적재작업장에 도착하여 작업을 완료하면 앞과 동일한 하적작업장까지의 이동과정을 거치게 된다. 최종적으로 차량은 할당된 운반요구의 이체작업을 종료한 후 경로상에서의 다른 차량들의 이동을 방해하지 않기 위해 주차지점으로 이동하거나 새로운 운반요구에 대한 작업을 시작하게 된다.

이동시에 장애물이 나타나면 운행속도가 감속되며 들출장개물과의 충돌, 현장 작업자에 의해 비상단추가 눌러지는 상황에서는 작업자의 조치가 취해질 때까지 통로상에서 멈추기도 한다. 이에 대한 조치가 완료되면 차량은 정상 작업상태로 복귀하여 미완료 작업을 연속적으로 수행하게 된다.

<표 2>에서는 시뮬레이션에서 묘사되는 사건과 AGVS콘트롤 스테이션의 콘트롤소프트웨어의 의사결정이 어떠한 관련을 가지면서 각 사건별로 대응하는가를 여시하고 있다. 시뮬레이션의 실행 시작과 종료, 상위콘트롤러에서의 운반요구의 생성, 선적/하적 작업의 시작과 완료, 운행통로상에서의 차량의 고장/감속, 작업장까지의 이동/종료 등은 SIMAN에서 자체적으로 발생되는 사건들이지만 작업을 위한 운행의 시작은 작업지시를 대기하다가 시스템콘트롤러의 출발신호에 따라 시작되는 종속적인 사건이다.

<표 2> 시뮬레이션과 AGVS 콘트롤러간의 대응하는 역할

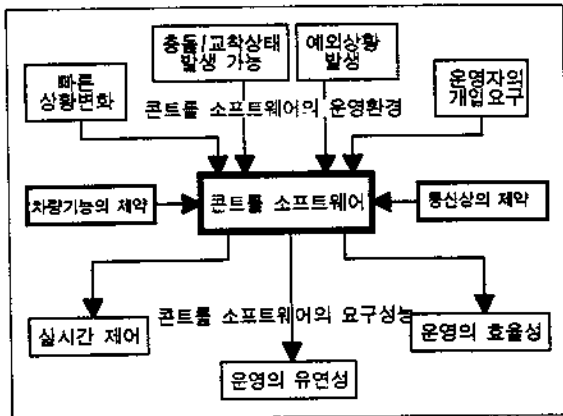
시뮬레이션	AGVS 콘트롤러
상위콘트롤러의 기능 묘사	운반지시
· 각 작업장에서 발생하는 운반요구 생성 예) 작업장 1(S1)에서 작업장 5(S5)로의 운반	· 운반요구에 대한 차량배차 및 운행계획 예) 차량 V2의 운행경로 : S3 - S1 - S2 - S4 - S5
실체적인 AGV의 운행 묘사	차량의 운행 제어 및 Traffic 제어
· 각 작업장에서의 선하적 완료보고 묘사 예) S1에서 선적 완료	· 목적 작업장으로의 차량 출발 지시 예) S2를 향해서 출발
· 차량경로를 이동하는 AGV의 묘사 예) S1에서 S2로 이동	· 차량의 계획된 운행 경로 및 시간 갱신 예) V2의 운행경로 중 지나온 교차로 S2 삭제
· AGV에서 일어나는 예외사항 묘사 예) Emergency switch on	· AGV의 상태 변경 예) 메시지를 보내고 변동 시까지 대기
· 차량 경로상에서 일어나는 사항 묘사 예) 이동 중 방해물 출현	· 진단 및 계획 내용 수정 예) 경로 메시지를 보내고 경로 수정

(표 3) 교환 정보의 통신 포맷

송신측	수신측	정보 내용	통신 포맷
작업장 콘트롤러	AGVS 콘트롤러	<ul style="list-style-type: none"> 정보 통보 시점 적재작업장의 위치 이재작업장의 위치 	<p>해당사건의 코드</p> <p>SIMAN code의 EVENT 1에 의해 적재 작업장이 7번이고 하차작업장이 5번인 운반요구가 11.2단위 시간에 발생하여 전송된다.</p>
차량 콘트롤러	AGVS 콘트롤러	<ul style="list-style-type: none"> 정보 보고 시점 보고 차량의 번호 차량의 현재위치 차량상태코드 	<p>해당사건의 코드</p> <p>SIMAN code의 EVENT 2에서 2번차량이 앞서 지시된 명령을 수행하면서 8번 작업장을 통과하고 있음을 12.2 시점에 시스템 콘트롤러에 정보를 전송함.</p>
AGVS 콘트롤러	차량 콘트롤러	<ul style="list-style-type: none"> 지정된 차량의 번호 제어를 위한 코드 차량의 작업목적지 작업종류코드 	<p>해당사건의 코드</p> <p>1번 차량에 대해 현재 위치에서 3번 작업장으로 이동을 지시한다.</p>

4.3 정보교환의 내용

시뮬레이션 스테이션이 AGVS콘트롤 스테이션과의



(그림 6) 콘트롤 소프트웨어의 운영환경과 요구되는 기능

독립적인 수행 과정에서 교환하게 되는 정보의 종류로는 운반요구정보, 차량작업지시정보, 차량상태정보가 있다. 시뮬레이션은 사건목록에 따라 진행되므로 양쪽의 진행시간을 일치시켜 주기 위해 정보교환 시의 발생시각을 통보하여 서로의 내부시간이 일치하도록 하였다. 시뮬레이션의 사용자 서브프로그램에서는 통신 프로토콜이 정의되어 있어 해당사건에 따라 송수신 정보를 분리하여 시뮬레이션의 사건을 처리하도록 하였다. <표 3>에서는 차량콘트롤러에서 AGVS콘트롤러, 상위 콘트롤러에서 AGVS 콘트롤러, AGVS 콘트롤러에서 차량콘트롤러로 정보를 전달하기 위하여 필요한 통신포맷과 그 내용을 정의한다.

5. AGVS 콘트롤 스테이션

개발지원시스템에서 AGVS콘트롤러의 역할을 수행하는 하드웨어와 소프트웨어를 AGVS콘트롤 스테이

선이라 정의한다. 차량의 배차결정, 운행지시, 유휴차량의 처리, 운행경로 및 일정의 계획 등과 같은 운영정책을 관리하는 콘트롤 소프트웨어 그리고 이를 지원하기 위한 컴퓨터와 통신케이블로 구성된다.

〈그림 6〉에서와 같이 콘트롤 소프트웨어는 대상시스템의 실시간제어, 운영의 유연성과 효율성을 위해 다음 기능들이 요구됨을 알 수 있다

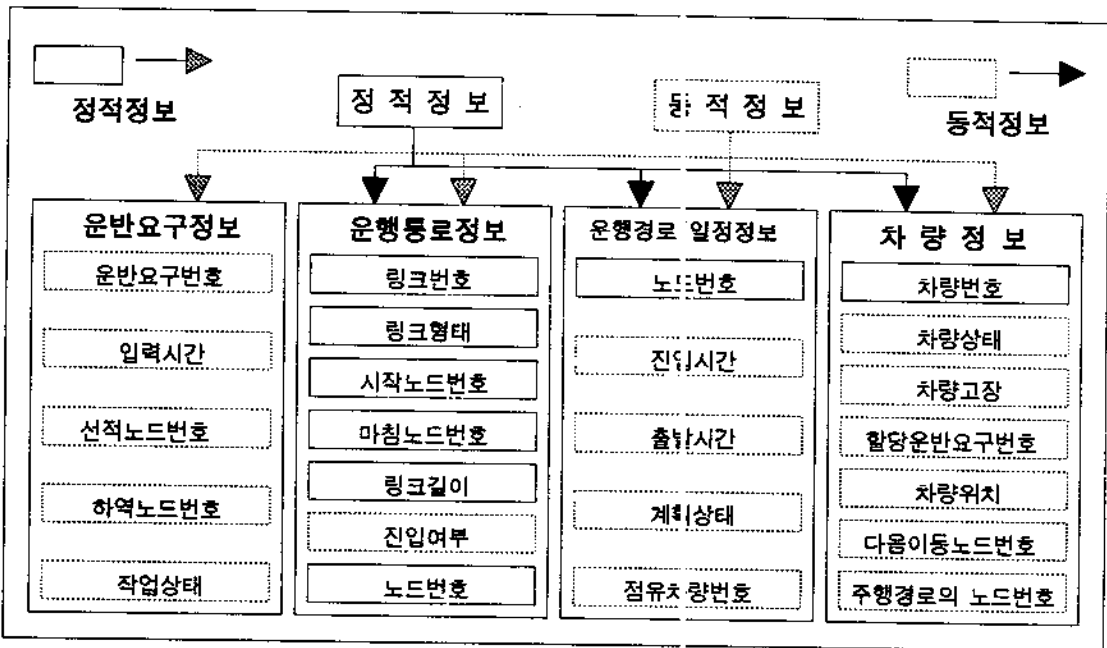
- (1) 현장의 운반요구에 대해 동적 상황들을 신속하게 반영하면서 정확한 반응을 위해 계산속도가 빨라야 한다.
- (2) 운행경로 상에서의 차량들 간의 충돌이나 교차상태를 운행경로와 일정을 계획하는 단계에서 고려하여 이에 따른 작업지시들이 효율적으로 수행되도록 하여야 한다.
- (3) 차량들의 운행계획은 현재의 상황과 기존의 계획을 참조하여 예외적인 변동에 대해 신속하게 대처하고 일관성을 유지한다.
- (4) 시스템이 자동화되어 있더라도 경우에 따라서는 운영자가 제어작업에 개입할 수 있게 함으로써 운영의 유연성이 유지되도록 하여야 한다.

5.1 콘트롤 소프트웨어의 구조

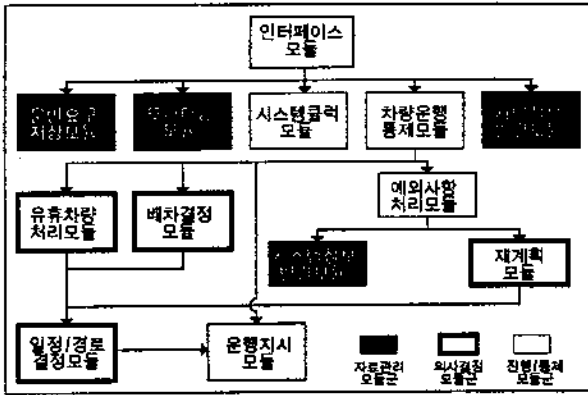
콘트롤 소프트웨어의 모듈별 주요 역할에 따라 의사결정모듈군, 진행및 통제모듈군, 자료관리모듈군으로 구분하였다. 자료관리모듈군은 시스템콘트롤러의 적용 대상의 환경, 즉 운행통로에 대한 정보, 차량에 대한 정보들을 내부정보로 관리한다. 콘트롤소프트웨어에서 여러 정보들은 〈그림 7〉에서와 같이 시스템사양과 운영규칙을 설정하는 정적 정보들과 시뮬레이션스테이션에서 전송되는 내용 또는 의사결정에 따라 수시로 변경되는 동적 정보로서 구분하여 관리될 수 있음을 알 수 있다.

의사결정모듈군은 시뮬레이션으로 부터 전송받은 정보에 대해서 작업차량의 결정, 유휴차량의 처리 등과 같은 의사결정과 계획을 행함으로써 새로운 계획정보를 생성한다.

진행및 통제모듈군은 차량에 대한 작업을 집행하는 기능을 가진다. 차량으로부터 전송받은 정보와 콘트롤소프트웨어가 보유한 기존의 상태정보, 계획정보를 서로 비교하여 차량의 작업을 진행시키고 상태정보를



(그림 7) 콘트롤소프트웨어의 관리 데이터



〈그림 8〉 콘트롤소프트웨어에서의 모듈들의 관련구조

수정한다. 즉, 콘트롤 소프트웨어의 내부정보를 차량의 실제 상황과 일치시키고 새로운 작업지시를 전송하거나 기존의 작업지시를 수정하는 메시지를 전달하게 된다.

앞에서 정의된 기능요소들은 보다 상세히 개별적 독립성을 갖춘 모듈로 구축되어 〈그림 8〉과 같이 표현될 수 있다. 이들 모듈은 서로 밀접한 관련을 가지는데 의사결정과정에서는 동시에 몇개의 모듈들이는 리에 따라 순차적으로 때로는 분리되어 수행된다.

시뮬레이션 스테이션에서 전송되는 정보와 콘트롤 소프트웨어의 내부정보를 기초로 하여 여러 상황들을 처리하는 동적 통제논리의 과정을 〈그림 9〉에 정리하였다. 우선 인터페이스 모듈은 전송자료의 사건코드를 미리 정해 놓은 포맷에 따라 운반요구와 차량에 관련된 부분으로 구분한다. 차량이 보고하는 정보인 경우에는 가장 먼저 고장여부를 점검한다. 그 다음에는 차량이 의사결정이 이루어져야 하는 점검구역에 진입한 경우인지를 확인한다. 본 연구에서는 차량의 운행방식으로서 point-to-point 방식을 적용하므로 운행통로망상의 교차로를 다음 운행경로가 결정되는 점검구역으로 설정하였다. 차량에 대해 계획되어진 예정위치와 현위치를 비교하여 시스템에서의 차량정보와 콘트롤 소프트웨어 내부정보가 서로 일치하지 않는 경우 수정시켜 나간다. 기존 작업의 할당여부와 차량의 상태를 살펴 상황에 따라 의사결정을 한다. 전송되는 자료가 작업장 콘트롤러로부터 입력되는 것으로 가정한다.

운반요구인 경우에는 이를 AGVS 콘트롤러의 내부정보로 저장하여 콘트롤 소프트웨어가 통제하는 차량들의 상태에 따라 배차된다.

운영측면에서는 주요 기능들을 〈표 4〉와 같이 결정요소와 진행요소로 구분하여 살펴볼 수 있다.

5. 주요모듈별 기능 및 구조

운영에 필요한 의사결정을 지원하는 모듈로서는 운반요구와 차량을 연결시켜 주는 배차결정모듈, 작업을 마친 유휴차량을 처리하는 유휴차량처리모듈, 차량의 운행일정 및 경로를 계획하는 일정/경로 결정모듈, 그리고 계획된 일정에 차질이 발생하는 경우 이를 수정하는 재계획모듈 등이 있다.

그 외의 인터페이스모듈, 모니터링모듈, 차량운행통제모듈, 예외상황처리모듈 등은 콘트롤 소프트웨어의 진행과 계획의 수행을 지원하는 기능을 가진다.

5.1.1 인터페이스모듈

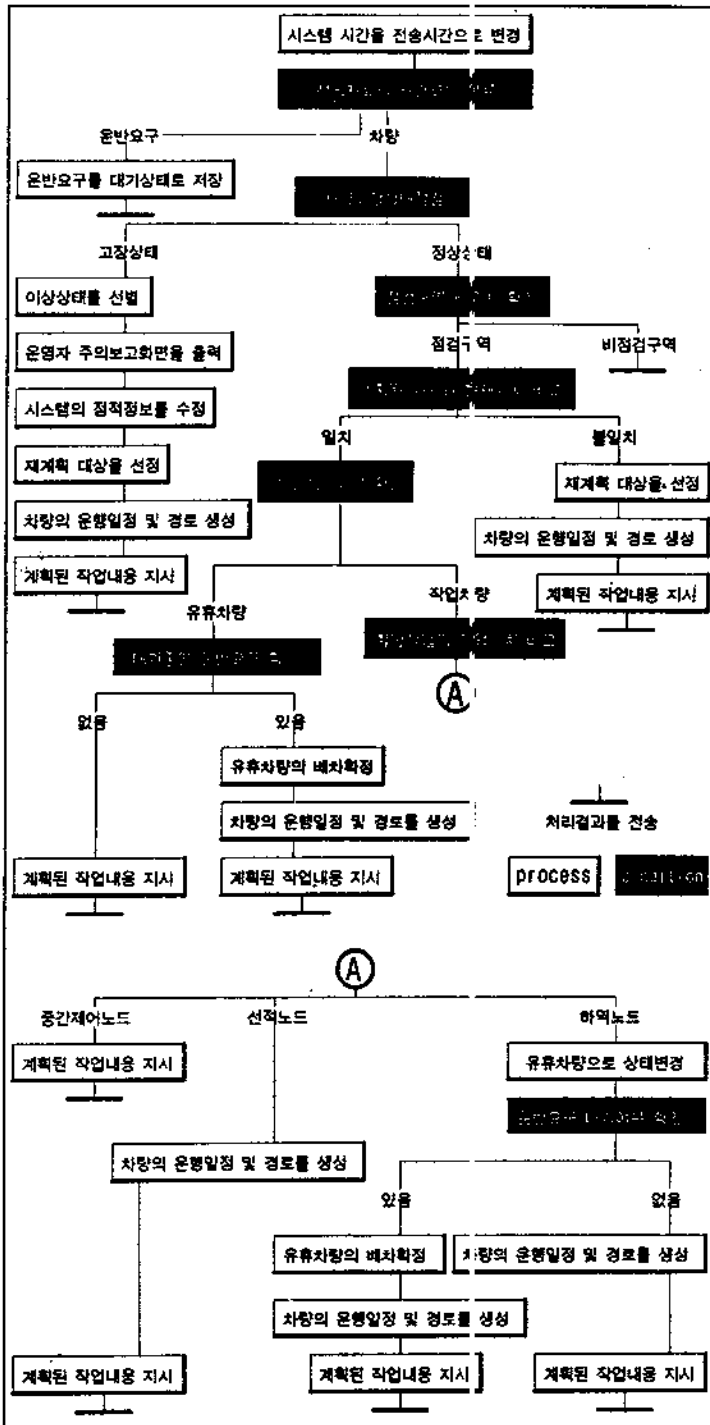
시뮬레이션 스테이션에서 전달되는 통신내용을 해당사건코드에 따라 상위콘트롤러와 차량의 경우로 분리하고 하부모듈의 수행결과를 통신포맷에 맞추어 송수신하는 기능을 가진다. 수행 초기에 통신상태가 초기화되며 시뮬레이션의 완료신호를 접수하면 콘트롤 소프트웨어의 수행을 종결시키는 메인모듈의 역할을 한다.

5.1.2 모니터링모듈

AGVS콘트롤러가 수집한 제어대상의 실시간자료들을 운영자에게 제시하여 준다. 차량의 상태정보들을 전송받을 때마다 현재의 위치, 에러상태, 작업내용 등을 변경시켜 표시함으로써 운영자는 실제 시스템을 명확히 파악하고 콘트롤 소프트웨어의 의사결정과정을 확인한다.

5.1.3 시스템클럭모듈

시뮬레이션 스테이션의 진행시간을 기준으로 콘트롤 소프트웨어의 내부시간을 동기화시켜 운행일정및 경로정보를 시간축에 따라 전개한다. 중앙통제방식에



(그림 9) 콘트롤 소프트웨어의 수행절차

〈표 4〉 시스템 콘트롤러 기능의 분류

의사결정 기능	진행 기능
<ul style="list-style-type: none"> · 운반요구선택 · 작업차량의 배차 결정 · 운행일정 및 경로 생성 · 유틸차량의 주차위치 · 운행일정 및 경로의 재 계획 	<ul style="list-style-type: none"> · 시스템 진행시간의 갱신 · 후속 작업 및 경로 지시 · 운행일정 및 경로 수정 요구 · 차량의 이상상태 보고 · 차량 및 네트워크의 이상현상에 대한 조치

서는 차량의 현재위치를 정확하게 파악하여 계획치를 조정하기 어려우므로 차량의 작업소요시간을 시간의 흐름에 따라 줄임으로써 현 작업의 완료와 다음 작업의 시작시점을 인식하여 점검구역내의 현재차와 대조할 수 있다.

5.3.4 차량운행통제모듈

차량으로부터 전송받은 정보, 즉 차량의 위치, 상태, 고장여부 등을 계획된 운행경로 및 일정, 운반요구 등의 콘트롤 소프트웨어의 내부정보와 비교하여 다음 의사결정 과정을 유도한다. 배차결정, 예외상황처리, 유틸차량처리모듈 등의 하위모듈을 실행시킨다. 차량이 점검구역내에 진입하게 되면 계획차질에 의한 재계획이 필요한지 여부를 점검한다.

5.3.5 예외상황처리모듈

차량의 고장발생이 감지되거나 차량에 대한 계획과 현재의 상태정보가 차이가 많은 경우에 차량운행통제 모듈에서는 미완료 작업에 대한 정보를 유지하면서 내부의 정보를 통제하고 작업내용이 일관성을 가질 수 있도록 예외상황처리모듈이 수행된다. 고장에 의한 재계획과 계획차질에 의한 재계획으로 구분하여 계획과 관련된 내부정보를 변경하고 새로운 운행경로/일정을 계획하고 운행지시모듈을 실행하게 된다.

5.3.6 배차결정모듈

배차란 상위콘트롤러에서 전달된 운반요구와 차량을 연결해주는 의사결정으로서 차량이 운반작업을 완료했을 때 대기하고 있는 운반요구 중에서 어떤 것을 수행케 할 것인가 혹은 여러 대의 유틸차량 중 어느

것을 선택할 것인지를 결정하는 문제다. 콘트롤러에 저장되어 있는 운반요구를 운영규칙에 따라 선정하고 작을 가능한 차량을 선택하여 두 요소를 결합하여 의사결정의 결과로서 제시한다.

5.3.7 유틸차량처리모듈

유틸차량이 다른 차량의 운행에 방해 하지 않으면서 다음 작업배정을 대기하기 위해 운행통로상에 지정된 위치로 이동한다. 대상시스템의 특성상 투입되는 차량의 수만큼의 주차공간을 확보해야 한다. 주차가능 지면이 두 곳 이상인 경우에는 타 차량의 주차위치를 고려하여 유연성있게 새 유틸차량의 주차위치를 변경 시켜으로써 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다.

5.3.8 일정/경로계획모듈

7 존의 전통적 운행통로시스템에서는 두 지점 사이의 최단거리운행경로를 차량콘트롤러에 기억시켜 두고 AGVS콘트롤러에서 운반명령을 내리면 기억된 최단거리 경로를 따라 그대로 운행하는 방식을 많이 사용하고 있다. 본 연구에서는 유연성을 향상시키고 효율을 증대시키기 위해서 타 차량들의 운행계획 정보를 감안하여 최단시간 운행경로를 찾아 경로상의 각 교통통제 노드를 통과하는 일정계획을 세움으로써 동일 작업장 사이를 상황에 따라 서로 다른 경로와 일정을 이용하였다. 막힘을 고려한 최단시간경로 알고리즘에 관한 Kim과 Tanchoco[10]의 연구결과를 채택하였는데 이는 기존의 계획운행일정과 경로를 유지하는 보수적 입장을 가지며 최단거리 네트워크 문제로서 해법 속도가 빠르다.

5.3.9 재계획모듈

시스템 운영시 차량 혹은 경로상에 예외상황이 발생하여 차량의 감지장치에서 이를 감지하여 콘트롤러에 보고하게 되면 재계획 모듈에서 기존에 계획된 운영일정과 경로를 수정하고 시스템환경에 적합한 새로운 계획을 수립한다. 이 시점에서의 일정 및 경로 결정을 위한 우선순위 정책은 상위 운영 규칙과 일관성을 유지하게 결정한다.

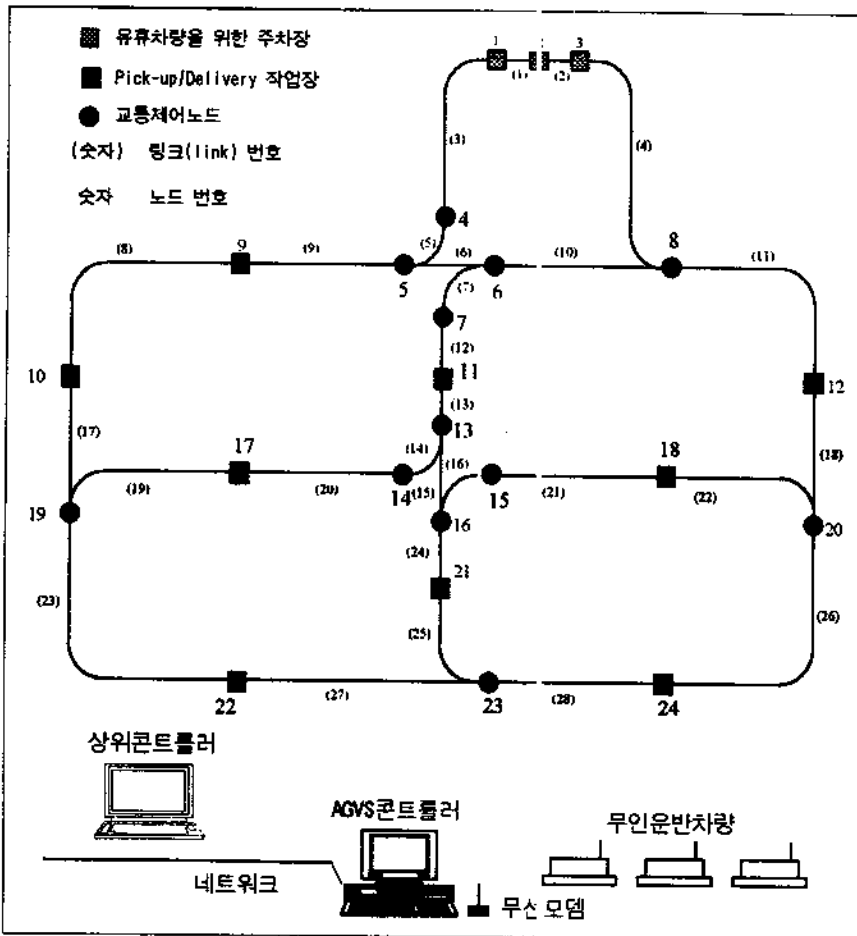
5.4 콘트롤 소프트웨어의 특성

본 연구에서는 무인운반차량들의 교통 통제를 위해 일정계획 작성에 있어서 안전여유치를 도입함으로써 차량의 감지 장치의 작동으로 작업 중인 차량들이 서로 방해에 의한 지연을 방지한다. 또한 새로운 작업 지시를 결정하는 점검구역으로서 차량의 진행 중 일시적 감속이나 미끄럼으로 발생될 수 있는 구간의 이동시간의 오차를 허용한다. 진행을 방해하는 예외사건이 빈번하게 일어나는 경우 계획된 운행일정과 경로에 대한 수정을 요구하는 기준이 된다.

Polling communication 방식을 가정함으로써 AGVS콘

트롤러는 계속해서 차량과 정보를 교환할 수 있고 현장 상황을 즉시 수집하여 운영자를 위해 정보들을 모니터링하고 AGVS콘트롤러의 콘트롤 소프트웨어는 이에 대한 의사결정을 실시간으로 처리하여 무인운반차 시스템에 대한 실시간 제어를 할 수 있다.

시스템 내의 임의의 차량에서 주요한 고장이 발생하여 운행통로에서 벗어나 수리를 할 경우 운영자로 하여금 대외사항에 대한 조치를 경고한 후 조치완료까지 다음의 의사결정에 반영이 되도록 콘트롤 소프트웨어가 정적정보로서 관리하고 있는 차량의 가용성 정보를 변경하게 한다. 그리고 정상상태로 복귀하면 다시금 정적정보로서 입력받을 수 있도록 한다.



(그림 10) 예제 시스템의 구성

6. 시험적 실행 사례

6.1 대상시스템의 정의

〈그림 10〉에서와 같이 그물망식(Network) 운행통로망이 설치된 현장에 3대의 무인운반차량이 투입되어 있다. 유류차량의 처리 규칙 중에서 주차결정법을 고려하여 3칸의 주차위치, 9곳의 운반물 선하적 작업장과 12개의 교통제어노드가 설치되어 있다. 대상 생산시스템은네트워크를 통해 AGVS콘트롤러에 작업장 콘트롤러로부터 운반요구에 대한 정보가 전달되고 콘트롤러는 각 차량들로부터 다양한 정보를 전송받아 작업지시를 전송하고 있다.

차량에 대한 기초자료는 〈표 5〉에서 정리하였다. 대상시스템의 운행통로상에서 가상노드 간의 이동소요시간은 〈표 6〉에 정리되어 있다. 평균 108초의 지수분포로 발생하는 운반요구에 대한 정보 내용은 유입 유출 표의 형식으로 〈표 7〉에서 나타낸다. 회전구역은 같은 직선구역에서 이동소요시간의 1.5배로 산정하여 계산하였다. 작업장과 통제노드의 길이는 3m로 정하였고 주차장에서 차량의 충전이 이루어진다.

〈표 5〉 차량의 기초 정보

유도방식	전자유도방식
주행속도	2.5m/sec
차량의 길이	1.2m
차량당 적재수량	1 개
배차규칙	선입선출
유류차량 처리	주차장 방식

6.2 실험의 결과

앞에서 제시된 시스템 구성에 따라 시뮬레이션 스테이션에 대해 SIMAN으로 작성된 모델화일과 실험화일을 작성한다. AGVS콘트롤 스테이션의 콘트롤 소프트웨어는 동일한 시스템 구성을 갖추게 한다. 다음 내용은 시뮬레이션 스테이션과 AGVS콘트롤 스테이션을 두 대의 컴퓨터에 분리 설치한 뒤 널모뎀으로 연결되어진 상태에서 수행되어지는 결과를 제시한다.

〈표 6〉 대상 운행통로망에서의 노드간의 거리

링크 번호	이동거리(m)	소요시간(sec)
1, 2, 6, 12, 13, 16, 24	10	4
3, 8, 11	30 (10)	14
4	40 (20)	20
5, 7, 14, 16	10 (10)	6
9, 10, 17, 18, 20, 21, 28	20	8
19, 22, 25	20 (10)	10
23, 26	40 (10)	18
27	25	10

() 안의 숫자는 회전구간의 길이

대상시스템의 시뮬레이션 스테이션에서 CINEMA 수행 화면과 AGVS콘트롤 스테이션에서의 모니터링 출력화면을 〈그림 11〉과 〈그림 12〉에 나타내었다.

〈그림 11〉에 나타난 CINEMA 수행화면은 대상시스템의 운행통로망, 차량의 상태와 시뮬레이션 시각 등을 제시함으로써 사용자가 현장 상황을 관찰하는 것과 동일한 시각적 효과를 가질 수 있다.

〈그림 12〉의 AGVS콘트롤러 수행화면은 제어하는 차량정보, 운반요구정보, 진행 중의 통신내용 등을 모니터링 한다. 차량의 경우에 현재 작업내용, 위치, 할당된 운반요구, 상태 등을 제시하고 운반요구에 대해서는 수신시각, 선적/하적 위치 및 진행상황을 나타낸다. 차량의 고장상태와 같이 사용자가 주의해야 하는 메시지를 화면에 나타내기도 한다.

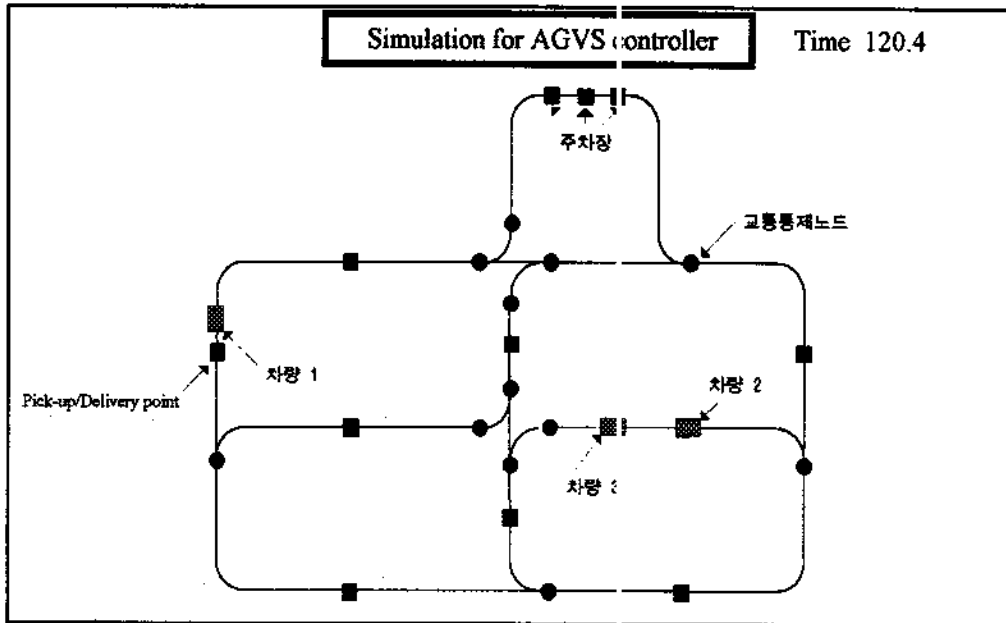
콘트롤 소프트웨어는 120.4 시각에 시뮬레이션 스테이션의 1번 차량과 교신하였다. 차량은 17번 작업장에서 선적작업이 필요한 3번 운반요구에 할당되어 있다. 그리고 배차작업을 수행하기 위해 10-19-17의 운행경로를 가지고 8번 링크상을 이동 중이다. 또한 3번 차량이 1번 운반요구의 작업을 수행하던 중 21번 링크에서 에러상태로 대기 중임을 경고하고 있다.

7. 결론 및 향후 과제

현장에서의 무인화와 유연성을 위해 무인운반차량 시스템을 운용할경우 적용 대상의 시설 및 상황을 충분히 고려하여 최적의 운영정책을 채택해야 한다. 이

〈표 7〉 작업장간의 운반요구에 대한 유입 유출표 (회/30시간)

FROM \ TO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	합계
1	-	10	5	10	20	20	10	15	10	100
2	5	-	10	15	10	25	15	10	10	100
3	20	15	-	15	20	5	10	10	5	100
4	20	10	30	-	10	20	20	20	20	150
5	30	10	20	30	-	10	20	20	10	150
6	5	5	10	5	5	-	5	10	5	50
7	10	5	5	5	5	5	-	10	5	50
8	20	20	20	20	20	40	40	-	20	200
9	20	10	10	10	10	20	10	10	-	100



〈그림 11〉 예제의 CINEMA 수행화면

는 여러 대안에 대한 성능의 비교 평가를 위해 많은 시간과 비용이 소용되는 과정을 거쳐야 한다. 본 연구에서는 의사결정 규칙들이 결합된 최적의 운영논리를 조합하여 단기간에 AGVS콘트롤러를 개발하도록 콘트롤 소프트웨어의 개발을 지원하고 현장 상황과 유사한 시뮬레이션 환경에서 실험할 수 있는 통합 소프트웨어 환경을 구축하였다. 시뮬레이션 스테이션과 AGVS콘트롤 스테이션이 분리되어 개발되었으며 작

업장에 대한 모델링과 콘트롤 소프트웨어가 독립적으로 수정될 수 있도록 하였다. 일차적으로 사용자가 손쉽게 운영규칙을 설계하여 접속할 수 있도록 콘트롤 소프트웨어에 대한 개념모델을 제시하였고 다음으로 AGVS콘트롤러의 소프트웨어의 모델을 제시하고 성능 평가를 위한 시뮬레이션을 분리해서 개발할 수 있는 프로그래밍의 시스템을 제시하여 보았다. 따라서 개별적 운영정책을 AGVS콘트롤러의 한 모듈로서 작

AGVS controller						
communication r0001204132200					time 120.4	
Vehicle#	Status	location	job	demand	error	route
1	action	8link	move	3	0	10 19 17
2	action	18node	load	2	0	
3	error	21link	wait	1	2	
Demand#	time	pick-up	delivery	status		
1	84.3	12node	21node	active		
2	104.6	18node	24node	active		
3	112.5	17node	21node	active		
caution! vehicle 3 broken						
P.N.U IE						

〈그림 12〉 예제의 AGVS 콘트롤러 수행화면

성할 수 있게 하였다. 현장과 유사한 시뮬레이션 기능이 통합된 개발지원시스템이 제공하는 효과는 다음과 같다 :

(1) AGVS콘트롤러를 시스템의 사양이 모델링된 시뮬레이션과 동시에 수행하여 여러 가지 설계 대안의 성능 평가에 이용할 수 있다.

(2) 콘트롤 소프트웨어가 시뮬레이션을 통하여 많은 수정이 가해질 수 있어서 시뮬레이션 모듈을 제거하고 현장에 투입될 경우 변경해야 할 부분이 적고 기능별로 모듈들이 분리되어져 있으므로 새로운 기능의 추가나 기존 모듈의 확장이 용이하다.

보다 유연하고 지능적 AGVS콘트롤러를 개발하기 위해서는 본 연구 결과를 기초로 하여 다음과 같은 몇 가지 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

(1) 좀더 사용자가 편하고 이해가 쉬운 인터페이스를 통해 제어논리를 변경, 첨가가 가능하도록 Direct manipulation interface에 대한 개발 연구가 수행되어야 한다.

(2) 차량의 배치규칙, 재계획 범위 등의 개개의 운영규칙에 대한 모듈의 최적화에 대한 이론적 연구가 더 활발히 이루어져야 한다.

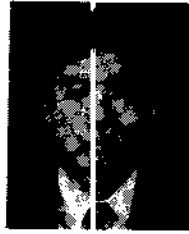
(3) 자율운행시스템이나 다중운반차량 등으로의 적

용범위의 확장이 추후 과제로서 제시될 수 있다.

【참고문헌】

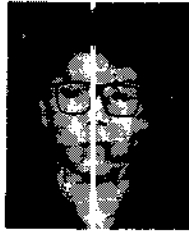
- [1] Rembold, U., B. O. Nnaji, A. Storr, Computer Integrated Manufacturing and Engineering, Addison-Wesley, 1993
- [2] Co, C. G., J. M. A. Tanchoco, "A review of research on AGVS vehicle management", Engineering Costs and Production Economics, Vol. 21, pp. 35-42, 1991
- [3] Egbelu, P. J., "A Design Methodolgy for Operational Control Elements for Automated Guided Vehicle Based Material Handling Systems", Ph.D. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1982
- [4] Lin, J. T., "Development of a Graphic Simulation Model for Design of Automated Vehicle Systems", Ph.D. Dissertation, Lehigh University
- [5] 김갑환, 김판수, 배종욱, "무인운반차시스템의 설계를 위한 시뮬레이션 코-드 작성시스템", 경영과학, 제11권, 제1호, 1994년

- [6] Taghaboni, F., J. M. A. Tanchoco, "A LISP-based controller for free-ranging automated guided vehicle systems", International Journal of Production Research, Vol. 26, No. 2, pp. 173-188, 1988
- [7] Gaskin R. J., J. M. A. Tanchoco, "AGVSim2-A Development Tool for AGVS controller Design", International Journal of Production Research, Vol. 27, No. 6, pp. 915-926, 1989
- [8] Pegden, C. D., R. E. Shannon, R. P. Sadowski, Introduction to Simulation Using SIMAN, McGraw-Hill, 1990
- [9] Thompson, M.B., "Expanding Simulation beyond planning and design", Industrial Engineering, Vol. 26, No. 10, pp. 64-66, 1994
- [10] Kim, C. W., J. M. A. Tanchoco, "Conflict-free shortest-time bidirectional AGV routing", International Journal of Production Research, Vol. 29, No. 12, pp. 2377-2391, 1991



김기환

현재 부산대학교 산업공학과 부교수로 재직중이다. 서울대학교 산업공학과에서 공학사, 한국과학기술원에서 공학석사, 공학박사학위를 취득하였다. 주요관심분야는 물류관리, 생산관리 등이다.



배종묵

현재 부산대학교 산업공학과 박사과정 재학중이다. 부산대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사학위를 취득하였다. 주요관심분야는 물류관리, 생산관리 등이다.

95년 10월 최초 접수, 95년 11월 최종 수정