한국항해항만학회지 제29권 제6호, pp. 567~572, 2005 (ISSN-1598-5725)
Journal of Korean Navigation and Port Research

자동화 컨테이너 터미널을 위한 멀티에이전트 기반의 운영시스템 모델링

강경원* · 유선영** · 모수종*** · 임재홍****

*(주)토탈소프트뱅크, **,***한국해양대학교 전자통신공학과, ****한국해양대학교 전파 · 정보통신공학부 부교수

Multi-Agent based Operation System Modeling for Automated Container Terminals

*K. W. Kang** · *S. Y. Yu*** · *S. J. Mo**** · *J. H. Yim*****

* *Total Soft Bank LTD., Busan 603-3000, Korea*
, * *Graduate school of Korea Maritime University, Busan 410-4718, Korea*
**** *Div. of Radio & Information Communication Eng., Korea Maritime University, Busan 410-4318, Korea*

요 약 : 세계무역기구(WTO : World Trade Organization)를 설립된 이후 무역은 세계화가 되고, WTO에서 무역 장벽을 낮춰 국가 간의 경제 교류가 점점 증가하면서 국제적인 물류 시스템이 필요하게 되었다. 원가를 절감하기 위해 대량 수송 수단으로 컨테이너선을 이용하면서 대형 컨테이너 선사들은 국제적인 물류 시스템의 대안으로 기업에게 화물추적 정보시스템의 제공이나 장비, 기기 관리를 위한 정보시스템 네트워크를 구축하여 자동화 시스템을 도입했다. 컨테이너 터미널 자동화를 위해 본 논문에서는 수시로 변경되는 정보를 인식하여 에이전트간의 정보교환을 위해 유동적으로 대처할 수 있는 XML(eXtensive Markup Language)과 JMS(Java Message Service)를 이용한 멀티에이전트간의 통신모델을 제안했다. 이 논문은 기존의 자동화한 컨테이너 터미널 시스템 사례와 자동화 시스템을 개발하는데 어려움, 컨테이너 터미널 시스템이 요구하는 통신과 자동화에 대하여 분석하였다.

핵심용어 : 지능형 에이전트, 자동화 컨테이너 터미널, XML, JMS

Abstract : *Trade between nations has been globalized since establishing the WTO(World Trade Organization). By lowering trading barriers under the WTO's system, trade in goods has been gradually increased. It requires global logistic system that transports goods in between nations. To save cost of product, cargo of product is containerized and container ships to carry container cargo is going to be bigger. In the market, there are many vendors to provide artificial intelligent modules to operate container terminal. In order to integrate automated container terminal system easily and successfully, this thesis proposes high-level XML/JMS(eXtensive Markup Language/Java Message Service) communication model and multi-agent based system architecture to share knowledges, solve problems, and active objectives by cooperating between autonomous and intelligent agents that are developed by 3rd party companies in the market. This thesis analyzed current situation of advanced automated container terminal with case studies on implemented systems and difficulties to develop automated container terminal system, reviewed technologies of intelligent agent, communication and automation that unmaned automated container terminal is required.*

Key words : *Intelligent Agent, Automatic container terminal, XML, JMS*

1. 서 론

오늘날 세계 각국은 무역, 금융 등 국제교역에서 장벽의 철폐와 경제블록화로 국제 분업체제를 구축하고 있어 기업 활동의 범위가 국제적으로 확대되고 있다. 즉, 기업의 세계화가 활발히 이루어지고 결과적으로 국가 간의 무역장벽의 철폐를 초래하고 국제화, 세계화를 지향하는 경제교류의 활성제, 촉진제 역할을 하고 있다(최, 2000).

정확하고 신속한 제품의 인도가 요구되는 21세기에는 물류 경쟁력이 상품경쟁력만큼 중요하고 세분화되는 소비자 요구에 보다 효과적으로 부응하면서도 리드타임을 단축하고 동시에 원가를 절감하기 위해 기업들은 대량 수송 수단으로 컨테이너선을 이용한다. 오늘날 대형 컨테이너 선사들은 범세계적인 해상 및 육상 수송망과 전용터미널, 창고 및 물류 센터 등 물류거점을 확보하고, 기업에게 화물추적 정보시스템을 제공하여 장비, 기기 관리를 위한 정보시스템 네트워크를 구축하

* 대표저자 : 강경원(정회원), niceysy@hhu.ac.kr 051)410-4910
** 정회원, arnold@tsb.co.kr 051)603-3085
*** 정회원, mosoojong@hanmail.net 051)410-4910
**** 정회원, jhyim@hhu.ac.kr 051)410-4318

고 있다. 기업의 수송시간 단축을 통한 비용절감의 필요성이 지속적으로 요구되면서 컨테이너 터미널은 기존의 운영 및 경영 개선을 통한 생산성 향상의 한계에 도달한 상황에서 보다 나은 생산성 증대를 위해 자동화 시스템을 도입하게 된다.

컨테이너 터미널 자동화는 계획시스템, 운영통제시스템, 하역장비 자동화 영역으로 구분해서 단일 에이전트를 구현하고, 단일 에이전트간의 통신으로 컨테이너 터미널의 운영을 부분적으로 자동화하고 있다. 현재 컨테이너 터미널 자동화를 위해 이용되고 있는 단일 에이전트는 필요한 정보를 기업의 데이터베이스로부터 수집하여 기능을 수행하고 있다. 그러나 자연적, 인위적인 변경요인이 많은 항만수송 과정에서 각각의 에이전트는 변경된 정보를 데이터베이스로부터 수집하여 이를 토대로 기능을 수행하는 과정을 거쳐야 하므로 많은 시간을 낭비할 뿐만 아니라, 정보교환이 빈번하게 이루어지는 에이전트간의 통신을 원활하게 할 수 없다.

이러한 한계를 극복하기 위해 본 논문에서는 수시로 변경되는 정보를 인식하여 에이전트간의 정보교환을 유동적으로 처리할 수 있는 XML(eXtensive Markup Language)과 JMS (Java Message Service)를 이용한 멀티에이전트간의 통신모델을 제안하였다. 본 논문의 구성은 제 2 장에서 자동화 컨테이너 터미널의 개념과 현황을 소개하고, 제 3 장에서 에이전트 통신을 고찰하고, 제 4 장에서 제안한 XML과 JMS를 이용하는 시스템을 설명하고, 제 5 장은 결론과 향후 연구과제에 대하여 기술한다.

2. 자동화 컨테이너 터미널

터미널이 서비스 경쟁체제로 전환되면서 정박시간 단축이 주 이슈가 되고 있으며, 이에 따라 선박 당 할당되는 장비대수를 증가시키는 추세가 뚜렷하게 나타난다. 장비대수 증가는 장비간섭 문제로 한계가 있으며, 장비대수가 증가할수록 최적 장치계획 및 최적 장비할당을 위한 계획시스템 및 운영통제시스템의 중요성이 커지고 있다. 컨테이너 터미널에서 사용되는 장비들은 생산성을 높이기 위해서 고도로 숙련된 장비 기사를 필요로 하지만 국내외적으로 컨테이너 터미널 건설이 활발하게 이루어지면서 숙련된 장비 기사 확보가 어렵고 인건비의 비중이 높아지면서 인력 절감의 필요성이 높아지고 있다.

이러한 추세가 확산되면서 장비 무인화를 통한 인력 수급 문제 해결 및 인건비 절감 방안이 모색되고 있다. 컨테이너 터미널은 기존 시스템의 생산성 증대가 한계에 도달한 상황에서 그 이상의 생산성 증대가 필요할 때 신기술에 의한 자동화 시스템 도입을 추진한다. 자동화 시스템을 도입할 때 주 관심사는 장비의 이용률 극대화를 위한 컴퓨터 시스템 도입과 특수장비 및 자동화 하역장비 개발이다.

일반적으로 컨테이너 터미널 자동화는 하역장비의 무인화 측면에서 계획시스템 자동화, 운영통제시스템 자동화, 하역장비 자동화 등으로 구분해서 고려해야 한다. 하역장비의 자동화는 운영통제시스템의 자동화가 선행되는 것을 조건으로 하기 때문에 하드웨어 자동화와 소프트웨어 자동화는 밀접하게 관련되어 있으며, 우선순위를 따지자면 소프트웨어 측면의 자동화가 선결되어야 한다(김, 1999; 김, 2001).

외국의 주요 터미널들은 CCTV와 전산망, 통신망을 이용하여 터미널 상황을 실시간으로 파악하고 있어서 효율적인 계획수립과 하역작업을 완벽하게 통제할 수 있다. 특히, 독일 함부르크 HHLA의 경우 인공위성을 이용하여 터미널 상황을 실시간으로 모니터링하여 계획과 작업을 통제하고 있으며, 로테르담의 경우 무인 반송차와 무인 야드 크레인에 의하여 장치 작업이 이루어지고 있다. 싱가포르 터미널을 제외한 나머지 터미널들은 야드 장치 계획과 본선 적부 계획을 컴퓨터를 이용하여 수작업으로 행하는 Computer-Aided Planning System을 이용하고 있다. 홍콩 국제 터미널의 경우 기존의 시스템을 부분적으로 자동화한 계획시스템을 구축하여 사용하고 있고, 야드 장치 계획 및 적부 계획시스템의 자동화에 가장 앞선 싱가포르의 경우 계획가들의 지식을 바탕으로 한 전문가 시스템을 구현하여 계획을 자동으로 수립하므로 작업 계획에 소요되는 시간을 단축하여 터미널의 효율을 높인다.

국내의 통합 운영 상용화 시스템은 (주)토탈소프트뱅크의 C3IT(Command Control Communication and Intelligence for Terminal)가 유일하다. 이 시스템은 현재 부산항 4단계 일부 터미널에 모니터링과 작업 프로세스 중심으로 통합 운영되고 있다. 그러나 대부분의 부산항 터미널의 운영시스템은 개별 시스템 중심으로 개발되어 제반 하드웨어 기술과의 연계 및 통합화가 미흡하고 자동화 측면에서 최적화 및 지능화 기술의 한계를 내포하고 있다((주)토탈소프트뱅크, 2002; (주)토탈소프트뱅크, 2003).

상용 자동화 운영시스템 및 자동화 장비의 에이전트간 표준이 없어 개발 및 시스템 통합구축에 많은 시간과 노력이 필요하며, 경우에 따라서는 시스템 구축을 실패할 수도 있다. 실제 자동화 터미널시스템 구축에 실패한 주요 원인 중 하나는 각 장비의 개발업체가 다르기 때문에 장비간 인터페이스를 통한 전체 시스템 통합작업이 어렵다는 것이다.

기존 운영시스템의 경우 데이터베이스를 매개로 한 모듈간의 인터페이스로 자동화 터미널의 다양한 요구사항을 수용하기 위한 에이전트의 변경이 어렵다. 즉, 개별 응용 에이전트의 인터페이스를 변경할 경우 데이터베이스나 에이전트와 관련 없는 애플리케이션을 변경해야 한다. 다른 인터페이스 방법으로 소켓을 통한 메시지를 이용하지만, 에이전트를 제공하는 업체별로 상이한 프로토콜을 사용하므로 통합 운영시스템의 관점에서는 표준화 및 통일되지 않은 여러 인터페이스를 유지해야 한다. 이 두 가지 방법은 운영시스템에 새로운 에이전트의 추가와 교체 및 통합에 경직된 구조를 가지고 있다.

3. 에이전트 통신

3.1 에이전트 통신 언어

멀티에이전트 시스템에서 에이전트란 "분산 환경에서 상호

협력을 통해 작업을 수행하는 컴퓨터 프로그램"을 말한다. 멀티에이전트 환경은 작은 단위의 응용 에이전트들이 모여서 이루어지는 에이전트 사회를 형성한다. 에이전트 사회에서 에이전트는 특정 도메인에 한정적인 작업의 수행만을 담당하는 단순 에이전트의 형태를 가지고 있고, 복잡한 작업이 요청되는 경우에 하나가 아닌 다수의 응용 에이전트들의 상호작용과 협동에 의해 수행이 이루어진다(박, 1999).

에이전트는 자신의 목적을 위해 외부 에이전트 정보를 이용하거나 자신의 정보를 제공할 수 있는 메커니즘을 확보해야 한다. 이에 대한 가장 보편적인 해결책이 에이전트 사회에서 통용될 수 있는 공통된 정보교환 및 대화 수단을 제공하는 에이전트 통신 언어이다.

에이전트간의 정보교환을 위해 공통된 언어를 지식 표현에 사용하거나 번역 가능한 언어를 사용하여 서로간의 통신이 가능해야 한다. 지식 표현을 위해 공통 언어로 KIF(Knowledge Interchange Format)를 사용하고 동일한 시스템 또는 이종 시스템간의 지식 교환을 위해 KQML(Knowledge Query and Manipulation Language)을 사용한다.

에이전트간의 지식 교환을 위한 메시지이고 상호간의 통신 규약으로 표현된 지식을 전달하기 위한 형식인 KQML은 실제 전달하는 지식의 내용에 대해서 독립적이고, 지식을 표현하기 위해 다양한 언어를 쓸 수 있다.

KQML 처리기는 KQML로 표현된 메시지를 처리하는 독립적인 모듈로서 확장성과 외부 에이전트와의 연결 및 효과적인 사용을 위해 인터페이스를 지원하고, KIF 번역기는 에이전트에 전달하는 지식을 KIF로 표현하고 KQML을 통해 메시지를 전달한다. KQML 처리기의 하부구조에 속한 KIF 번역기는 전달받은 메시지를 번역하여 에이전트에 전달하거나, 메시지를 KIF 형태로 변환하고 에이전트의 라우팅 정보를 찾아서 외부 에이전트로 전달한다.

메시지 전달 기능을 담당하는 KQML 처리기는 에이전트에 정보를 등록하거나 알려주는 메시지, 질문 메시지를 처리한다. 에이전트 사회에서 에이전트간의 거래나 협상을 위해 필요한 것은 에이전트들이 서로 공유하여 활용할 수 있는 에이전트 온톨로지이다. 특정 분야에서 사용되는 표준 어휘들의 모음이라고 정의되는 온톨리지를 구성하는 기본 언어로는 KQML, MCF(Meta Content Format), XML 등이 있다(W3, 2003).

XML은 에이전트의 외부언어인 KQML과 다르게 KIF와 같은 내부 언어를 별도로 가지고 있지 않아도 될 뿐만 아니라 분리되어 있는 에이전트에서 관련 정보를 찾아 처리하는데 특화된 능력을 가진 언어이다. 또한 에이전트가 필요로 하는 정보가 있는 데이터베이스의 종류와 무관하게 정보를 질의하여 얻을 수 있고, 각각의 데이터베이스에서 얻은 정보를 취합하여 하나의 새로운 정보로 재생할 수 있다. KQML에 비해 XML은 객체나 객체간의 관계를 표현하기 쉽고 에이전트간의 상호작용을 원활하게 할 수 있다.

3.2 메시지 큐(Message Queue : MQ)

멀티에이전트를 통합 운용하기 위해 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 방식의 기존 프로토콜을 사용해왔다. TCP/IP 방식은 네트워크가 정상적으로 동작하지 않을 때를 대비한 예비회선을 구축비용과 새로운 서비스를 추가할 경우 확장에 드는 추가비용 또한 상당하다. 오늘날 멀티에이전트 운용은 나날이 증가하는 환경적인 변수와 다양한 기술을 충족시키기 위해 필요한 많은 구축비용에 대해서 한계성이 지적되고 있다. 기존의 TCP/IP 방식에 대한 대안으로 엔터프라이즈 메시징 시스템(Enterprise Messaging System), MOM(Message Oriented Middleware)이라 불리는 애플리케이션간 메시징 시스템이 부각되고 있다.

메시지 기반 미들웨어는 애플리케이션간의 통신논리 처리와 메시징에 초점을 맞추고 보안층 제공과 버퍼 크기 최적화 등의 다른 관리층에 대한 서비스를 포함한다. 상대편 애플리케이션이 동작하지 않더라도 메시지 송수신이 가능하며 비동기 통신 방식을 사용하므로 송신 애플리케이션이 수신 애플리케이션이 응답을 보낼 때까지 기다리지 않는다.

메시징 시스템의 특징은 동적이고, 신뢰성 있고 유연한 시스템을 구현할 수 있고, 시스템의 나머지 부분에 영향을 주지 않고 하위 애플리케이션의 전체적인 구성을 변경할 수 있다. 메시징 시스템은 애플리케이션간의 통신에서 메시지를 이용하여 객체간의 결합성을 약화시키고 안전성, 확장성, 동기화, 보안 등의 문제에 대한 해결책을 제시하고 있다.

오늘날 메시징 시스템을 이용하고 있는 대표적인 소프트웨어는 마이크로소프트사의 MSMQ(Microsoft Message Queue)와 선마이크로시스템사의 JMQ(Java Message Queue)이다.

MSMQ는 각기 다른 시간에 실행되는 응용 프로그램들이 일시적으로 오프라인이 될 수도 있는 혼합된 네트워크와 시스템 통신이 가능하다. 응용 프로그램은 메시지 큐로 메시지들을 보내고 메시지 큐로부터 메시지를 읽는다. MSMQ는 서버와 클라이언트의 계층적인 구조에 의존하고, 최상위 루트는 큐의 위치와 큐의 메시지를 사용하는 다른 서버와 클라이언트들에 대한 정보가 담겨진 기본 엔터프라이즈 컨트롤러라고 불리는 객체이다. MSMQ에서 사용되는 메시지 전달방식은 기본 엔터프라이즈 컨트롤러를 중심으로 구성된 트리간의 통신으로 이루어진다. 트리는 복잡한 경로를 따라야 하고 이때 MSMQ가 적용하는 것이 각 연결간의 가중치를 통한 비용을 설정하여 효율적인 경로를 찾게 한다(Alex, 1998).

자바를 기반으로 하는 메시징 서비스는 자바 메시지 서비스(Java Message Service : JMS)라는 이름으로 J2EE(Java 2 Enterprise Edition)의 일부분으로 자바 개발자들이 엔터프라이즈 메시징 시스템의 공통적인 특징에 접근하기 위해 표준 응용프로그램 인터페이스(Application Program Interface : API)를 제공한다.

JMS는 머신 아키텍처와 운영체제에 상관없이 클라이언트 애플리케이션의 이식성뿐만 아니라 메시징 제품에 상관없는 이식성을 갖고 있다. 즉, JMS로 작성된 클라이언트 애플리케

이션은 JMS 호환 메시징 시스템을 변경하지 않고 사용할 수 있다. 또한 많은 메시징 시스템 벤더들은 그들의 제품에 맞게 JMS를 구현하고 자바를 사용하여 시스템의 기능에 접근할 수 있도록 하고 있다(Richard, 1999).

발행/구독 메시징 시스템은 메시지의 전송에 참여하고 있는 생산자와 소비자가 이벤트를 사용하여 통신한다. 생산자는 이벤트를 생성하고 소비자는 자신이 관심을 갖고 있는 이벤트를 수신하여 그 이벤트를 소비한다. 생산자는 특정한 토픽에 연관된 메시지를 토픽에 등록한 소비자에게 전달한다. 점대점 메시징 시스템에서 메시지는 개개의 소비자에게 전달되며, 각각의 소비자는 들어오는 메시지를 저장하는 큐를 갖고 있다. 메시징 애플리케이션은 지정된 큐에 메시지를 보내고, 클라이언트는 큐로부터 메시지를 읽는다(Subrahmanyam, 2002).

MSMQ와 JMS는 이질적인 환경에 대한 이식성은 뛰어나지만 현재 MSMQ가 마이크로소프트 단독으로 개발되어 제품의 완성도 측면에서 JMS를 능가하고 있는 것처럼 보이지만 JMS의 중추적 하부구조인 EJB 2.0의 발표 시기가 마이크로소프트의 COM+에 비해 3년 정도 늦었다는 점과 JMS가 Sun을 중심으로 하여 기존의 MOM(Message Oriented Middleware)에 관련한 많은 벤더들이 공동으로 참여하여 제품의 개발이 활발하게 이루어지고 있다는 점을 감안한다면 이런 격차는 중요하게 생각할만한 문제가 아니다(SUN, 2002).

현재 MSMQ의 문제점은 마이크로소프트사의 제품에 의존하므로 MSMQ가 독자적으로 독립적 기능을 수행할 수 있는 솔루션들을 모두 갖추고 있지 않는 한 확장성에 관한 문제에 직면하게 될 것이다. 이에 반해 JMS의 구성은 개발 벤더들의 집합체이므로 충분한 확장성을 보장하다. 또한, MOM 시장은 비용이 많이 드는 사업으로 치부되어져 왔으나 JMS를 비롯한 여러 개발 벤더들이 꾸준히 노력한 결과 MOM 제품은 보다 저렴한 가격으로 시장에 공급되어 가격경쟁력에서 MSMQ를 능가하고 있다. 즉, MOM이 추구하는 확장성과 이식성, 경제적인 측면에서 MSMQ보다 JMS가 훨씬 유리하다.

다양한 데이터베이스에 저장된 정보를 에이전트간의 빈번한 통신을 통해 얻어야 하는 자동화 컨테이너의 운영시스템에서는 KQML보다는 XML이 훨씬 효율적이다. 또한, 멀티 에이전트간의 통신을 통해 자동화 컨테이너 터미널 시스템을 운영하려면 거래하는 선사의 운영체제와 클라이언트 애플리케이션의 이식성을 고려하여 JMS을 이용하는 것이 더 효율적이다.

4. 자동화 컨테이너 터미널 시스템

4.1 자동화 터미널 시스템의 구성도

자동화 터미널의 운영시스템은 다양하고 복잡한 개별 응용 에이전트들이 분산 환경에서 개별적으로 동작할 수 있는 사용성(usability), 유연성(flexibility), 확장성(scalability), 상호운용성(interoperability)이 확보된 환경이다. 또한 다양한 형태의 응용 에이전트들이 실행될 수 있는 기반과 에이전트간 적시에 적절한 통신을 할 수 있다. 자동화 터미널 운영시스템의 개념적인 구성도는 Fig. 1과 같다.

응용 시스템은 데이터, 프로세스, 프리젠테이션으로 구성되고, 이 구성은 시스템 아키텍처의 설계에 따라 배치되어 분산처리될 수 있는 멀티티어(multi-tier) 아키텍처이다. 즉, 데이터는 데이터베이스 서버에 의해서 관리되며 비지니스 프로세스 및 공유되는 개별 응용 에이전트는 운영시스템 서버에 의해서 운영되고, 이동 장비 및 특정 자동화 장비의 운영을 위한 개별 응용 에이전트는 무선통신 환경 및 특정 분산 네트워크에서 운영시스템 서버내의 에이전트들과 상호 협력하여 동작한다. 사용자와 운영시스템간 상호 인터페이스와 프리젠테이션을 위한 클라이언트 응용 에이전트가 운영된다.

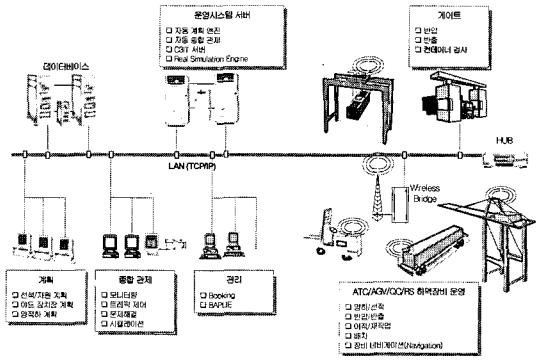

Fig. 1 자동화 터미널 운영시스템 구성도

자동화 터미널의 운영시스템에 대한 소프트웨어 기능도는 Fig. 2와 같다.

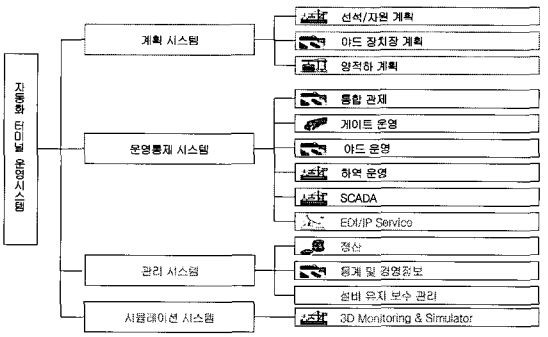

Fig. 2 터미널 운영시스템 소프트웨어 기능도

일반적인 터미널 운영시스템은 기능에 따라 계획시스템, 운영통제시스템, 관리 및 시뮬레이션 시스템으로 나눌 수 있다. 자동화 터미널 운영시스템은 일반 터미널 운영시스템과 비슷하지만 각 서브시스템별 모듈에 대한 기능은 훨씬 다양하다. 터미널 자동화는 운영, 관리, 지원, 보완 시스템 등 전반적으로 정보시스템을 구축, 적용하는 추세이다. 또한 기존 터미널에서 검증된 상용 소프트웨어를 구매하여 통합하는 방식으로 프로젝트를 진행할 예정이므로 모듈간의 통합이 큰 과제이다.

자동화 터미널 운영시스템을 구축할 경우 필요한 개별 응용 에이전트간의 통신에 필요한 핵심 에이전트는 작업 계획과

작업을 관제하는 응용 에이전트와 실제 자동화 장비를 제어 운영하는 무인자동화 기능을 수행하는 에이전트이다. 에이전트간의 상호 관계에 대한 구성도는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 보는 것과 같이 무인 자동화 터미널을 구축하기 위해서 다수의 응용 에이전트가 필요하고 에이전트간 상호 작용이 일반 터미널에 비해 훨씬 복잡하다.

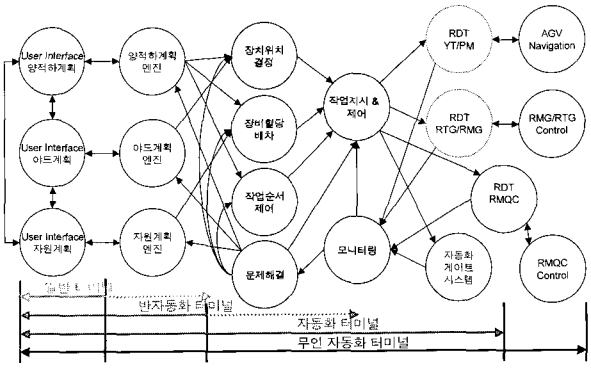

Fig. 3 터미널 운영시스템 에이전트 구성도

4.2 XML/JMS 기반의 멀티에이전트간 통신 모델

자동화 운영시스템의 핵심 에이전트는 터미널 운영에 있어서 상시 서비스(non-stop service)와 에이전트간 실시간 협력이 필요하다. 무인 자동화 터미널로 발전할수록 에이전트의 기능이 다양해지고 에이전트간 통신이 복잡해진다. 또한 운영시스템 개발을 위한 업체가 다양하므로 에이전트간 통신 및 인터페이스의 표준이 필요하다. 본 논문은 에이전트간 통신 및 인터페이스의 공통 표준으로 XML/JMS을 이용한 멀티에이전트간 통신 모델을 Fig. 4와 같이 제안한다.

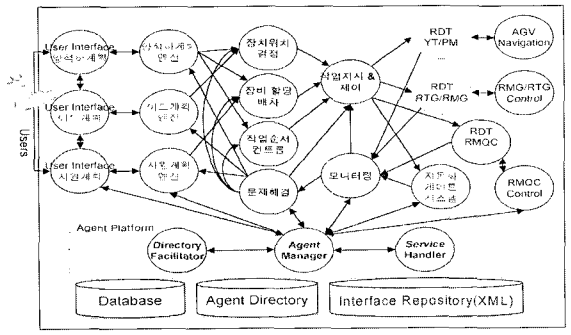

Fig. 4 XML/JMS 기반 멀티에이전트 통신 모델

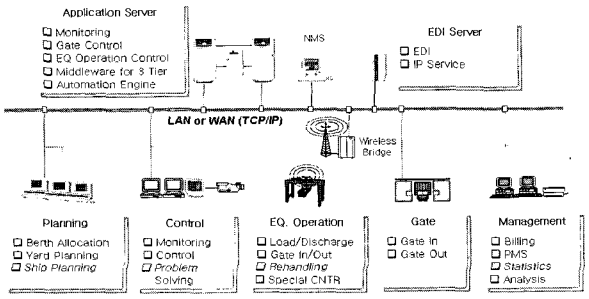

Fig. 5 시스템 다이어그램

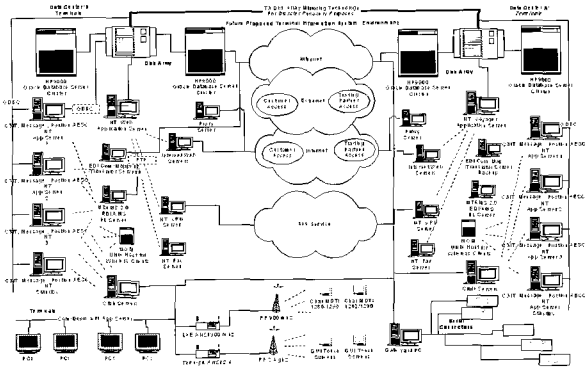

Fig. 6 시스템 구성에 따른 프로토타입

Fig. 4와 같은 통신모델을 적용한 시스템의 시스템 다이어그램과 프로토타입은 각각 Fig. 5와 Fig. 6과 같다.

멀티에이전트는 FIPA(Foundation for Intelligent Physical Agents)의 AP(Agent Platform) 모델을 기반으로 구성한다. 각각의 응용 에이전트의 관리는 중앙 집중적인 AP에 의해서 이루어진다. AP는 플랫폼에 소속된 에이전트에 대해 에이전트 레벨의 서비스, 즉 에이전트 등록, 에이전트 이름과 주소 매핑(agent name resolution), 에이전트 통신, 서비스 찾기(service location), 에이전트 관리 등을 제공한다.

Agent Manager는 시스템 에이전트의 작동 및 정지와 같은 에이전트 라이프 사이클을 관리하고, Directory Facilitator는 일종의 "Yellow Page" 제공자의 역할을 하고 시스템 내 모든 구성 에이전트들이 가지고 있는 서비스의 리스트에 대한 정보를 Agent Directory에 저장 및 제공한다. Service Handler는 생성된 계획 규칙에 따라 작업흐름을 제어하며 에이전트간의 인터페이스 역할을 한다. Interface Repository는 에이전트 시스템에 필요한 규칙과 역할 정보를 XML 형태로 관리한다. 이 시스템의 조정 작업을 위해 작업 규칙을 계층적으로 구성하고 계획규칙을 통해 시스템에서 제공할 서비스의 기본 흐름을 정의하고 Service Handler를 이용하여 계획규칙에 접근한다.

세부적인 작업 순서는 그룹 규칙으로 정의하여 그룹 내의 에이전트의 흐름을 제어한다. 그룹 내의 하위 작업 에이전트의 능력은 작업규칙으로 정의한다. 에이전트간 통신을 위한 Agent Communication Channel은 운영 시스템 환경에 독립적인 자바 기반의 메시징 시스템인 JMS로 한다.

자동화 컨테이너 터미널은 에이전트 또는 모듈간 인터페이스를 위한 표준 에이전트 프레임워크와 통합 및 공유를 간편하게 개선할 수 있고 에이전트는 ATC, AGV(Automated Guided Vehicle)와 같은 이동장비에 탑재할 수 있는 간단한 통신방법이어야 한다. 또한, 특정 플랫폼에 독립적인 언어이고 적용될 기술은 국제/산업계 표준이 있어야 한다.

5. 결 론

자동화 터미널 시스템 모델은 급변하는 항만 환경 변화에

부응하며, 기존 시장의 자동화 기술을 통합할 수 있는 표준 이 필요하다. 본 논문에서 제시한 자동화 컨테이너 터미널 시스템은 에이전트간 협동 및 지식 공유를 위한 멀티에이전트 기반 시스템으로 FIPA의 AP 모델을 적용하고 에이전트간의 통신을 위하여 개발 환경에 유연한 XML을 이용한다. 또한, 통신 프로토콜은 안정적인 메시징 시스템이 가장 적합하므로 산업계 여러 표준기술 중 플랫폼에 독립적인 JMS를 적용하고, 자동화 터미널 운영시스템을 위한 기능과 요소기술을 통합 구축하기 위한 전체적인 통합시스템의 모델을 제시하였다.

자동화터미널의 운영시스템은 멀티에이전트간 상호 협동하여 목표를 달성하는 분산구조로 구성되고, 단일 업체에서 모든 에이전트를 구현하여 공급할 수 없으므로, 다양한 업체의 상용 에이전트간 인터페이스와 통합 구축을 위해서 표준화된 JMS 기반의 XML 통신모델이 적합하다. 제안한 자동화 터미널의 운영시스템은 표준화된 통신모델을 기반으로 급변하는 자동화 터미널 운영시스템의 요구사항을 충족하는 다양한 상용 에이전트를 추가/확장/교체/통합할 수 있다.

향후 XML/JMS 기반의 멀티에이전트 시스템 구축을 위한 인터페이스 모델을 기반으로 자동화 터미널의 에이전트간 표준 통신을 위한 가이드라인과 시스템 개발을 위한 프레임워크의 프로토타입을 구현하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 김우선(1999), "컨테이너 터미널 운영 개선을 위한 시뮬레이션 모형 설계 및 개발", 한국해양대학교 석사학위논문

[2] 김종렬(2001), "국내 자동화 컨테이너 터미널의 개발 방향에 관한 연구", 한국해양대학교 석사학위논문

[3] 박영택(1999), 최중민, 이근배, "에이전트 속성 및 설계에 관한 연구", 과학기술부

[4] (주)토탈소프트뱅크(2002), "유전알고리즘을 이용한 최적화 자동 컨테이너 위치결정 및 적하 계획 시스템 개발 최종보고서", 한국해양대학교 산업기술연구소

[5] (주)토탈소프트뱅크(2003), "동적 AGV 컨테이너 작업할당과 주행 알고리즘 개발 최종보고서", 한국해양대학교 산업기술연구소

[6] 최장림(2000), "자동화 컨테이너터미널 통합운영시스템의 개념적 설계", 한국해양대학교 석사학위논문

[7] Alex H.(1998), David Sussman, "MTS MSMQ", WROX

[8] Richard M. H.(1999), David Scharpel, 김기현(역) "Java Message Service", 한빛미디어

[9] Subrahmanyam A.(2002), 신정환, 이대희, "Professional Java Server Programming J2EE 1.3 Edition", 정보문화사

[10] SUN(2002) "웹서비스 구축을 위한 기반으로서의 J2EE와 .NET", Sun newsletter, pp.13-23

[11] W3C(2003), "XML 1.1" http://www.w3.org/TR/xml11/

원고접수일 : 2005년 2월 3일
원고채택일 : 2005년 8월 26일