

궤적 정보를 이용한 냉동 컨테이너 모니터링 시스템

이명진¹ · 이응재¹ · 하덕천¹ · 류근호^{1*} · 백승재²

Reefer Container Monitoring System using Trajectory Information

Myung-Jin LEE¹ · Eung-Jae LEE¹ · Deok-Cheon HA¹
Keun-Ho RYU^{1*} · Seung-Jae BAEK²

요 약

위성 통신 기술의 발달로 국부적으로 수행되던 위치 추적의 범위가 전 세계로 확산되었다. 하지만 기존의 물류 관제 시스템들은 관제 서버와 물류간의 통신을 위하여 휴대폰 통신망을 이용하기 때문에 일부 지역 내에서 이동하는 물류에 대해서만 관제가 가능하다. 이 논문에서는 위성 통신을 이용하여 전 세계를 이동하는 물류 매체인 냉동 컨테이너의 위치 및 상태 정보를 관리하기 위한 시스템을 제안하였다. 제안 시스템은 냉동 컨테이너의 상태를 직접 관제하는 데이터 수집부, 관제 서버와의 통신을 담당하는 위성 통신부, 냉동 컨테이너 정보를 관리하는 관제부로 구성된다. 시스템의 관제부에서는 냉동 컨테이너의 위치 추적 및 관제를 효과적으로 수행하기 위하여 기존의 TB 트리를 기반으로 하는 다중 버전 이동 객체 색인을 사용하였다. 제안된 냉동 컨테이너 관제시스템은 화주, 운송회사 등 육해상 물류관련 기관에서 냉동컨테이너 및 선박 위치추적, 컨테이너 통제, 컨테이너 통제 등 다양한 용도로 사용될 수 있어 화주에게는 컨테이너 운송에 대한 서비스를 제공하며, 선사에게는 선박안전경보시스템, 선박 관리, 냉동컨테이너를 효율적인 관리 기능을 제공하게 한다.

주요어: 물류관제 시스템, 냉동 컨테이너 관리 시스템, 시공간 데이터베이스, 이동객체 데이터베이스

ABSTRACT

As developing satellite communication, the tracking range of the moving objects which move in local area is expanded to the whole world. However previous logistics management system is able to monitor freight which transporting in local area using mobile communication system. In this paper, we propose the reefer container management system that manages the location information and other related information such as temperature, humidity of container using the satellite system. The proposed system consists of three parts: data collector, satellite communication manager, reefer conta

2004년 12월 31일 접수 Received on December 31, 2004 / 2005년 3월 8일 심사완료 Accepted on March 8, 2005
1 충북대학교 데이터베이스연구실 Database Laboratory, Chungbuk National University
2 청주기능대학 정보통신시스템과 Dept. of Information Communication System, Cheongju Polytechnic College
*연락처자 E-mail: khryu@dblab.chungbuk.ac.kr

iner information manager. And the proposed system uses the moving object index for managing the trajectory of container and tracing the location of container or vessel that is transporting the container, and supports various services such as reefer container and vessel tracking, container control and container statistics to logistic companies like shipper and forwarding agent. And the system can be increasing the quality of container transportation service to the shipper, and it makes the efficient management of reefer container to the shipping company.

KEYWORDS: *Logistics Management System, Reefer Container Control System, Spatiotemporal Database, Moving Object Database*

서 론

운송 시스템은 차량, 기차, 선박 및 항공기의 다양한 개별 운송 시스템과 여러 가지 운송 시스템이 혼합된 복합 운송 시스템에 의하여 구분된다. 화물의 운송에 있어서 중요한 것은 화물의 안전이 보장되고 예정된 기일에 정확히 화물이 도착되어야 하는 것이다. 특히, 위험물 또는 비교적 고가의 화물 등의 특수 화물을 운송하는 컨테이너의 경우에는 반드시 화물의 안전 보장과 도착일이 엄격히 지켜져야 한다.

현재 컨테이너의 운송은 트럭, 선박 등의 다양한 운송 및 관리 방법에 의해 여러 단계를 거쳐 이루어지고 있다. 이러한 복합적인 운송 관리 방법으로 인하여 컨테이너의 위치를 추적할 경우, 컨테이너의 위치 추적 방법의 연속성이 결여되어 위치 추적이 단절될 뿐만 아니라 각 운송 단계별로 상호 정보의 교환이 이루어지지 않기 때문에 컨테이너에 대한 정보 수집이 용이하지 않는 문제가 발생한다. 또한, 복수의 운송업자가 참여하기 때문에 컨테이너의 감시와 관리가 상당히 어려우며, 특히 컨테이너의 분실 또는 파손사고가 발생할 확률이 높고, 분실 및 파손 시 책임을 규명하기 곤란하다. 이러한 문제들은 화주와 운송업자에게 보험료 부담을 가중시키는 등 막대한 경제적, 시간적 피해를 준다.

이 논문에서는 위성 시스템을 이용하여 컨테이너로 전 세계로 운송되는 화물의 위치 및 관

련 정보를 관리하기 위한 냉동 컨테이너 관제 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 복합 운송 시스템에 의하여 운송되는 컨테이너의 위치 및 상태정보를 (준)실시간으로 수신하여 데이터 베이스에 저장한다. 또한 시간의 흐름에 따라 지속적으로 이동하는 컨테이너의 위치 및 이동 궤적 정보를 효과적으로 관리, 검색하기 위하여 이동 객체 색인을 사용한다. 이동 객체 색인은 냉동 컨테이너의 이동 궤적을 빠르게 검색하기 위하여 TB-Tree(Pfoser 등, 2000)를 기반으로 하며, 시간의 흐름에 따라 발생하는 방대한 양의 위치 정보를 저장하기 위하여 다중 버전의 색인 파일을 지원하도록 확장하였다. 제안하는 시스템은 컨테이너의 온도, 습도, 알람들의 상태 정보를 컨테이너 관리자에게 전달해 주어, 컨테이너의 상태를 지속적으로 모니터링하여 운송과정에서 발생할 수 있는 컨테이너의 이상 상황을 빠른 시간 내에 파악하여 조치를 취할 수 있다. 발송화주, 수신화주, 운송업자 등의 운송관련업자들에게는 지도 정보와 함께 컨테이너의 위치 정보를 포함하는 컨테이너 상태 정보를 제공한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 선박 및 컨테이너 관제시스템 개발과 관련한 세계적인 흐름을 설명한다. 3장에서는 냉동 컨테이너 관제 시스템의 구성 및 데이터 구조를 설명하고, 4장에서는 냉동 컨테이너 관제 시스템의 구성, 색인 파일 관리 방법에 대하여 설명한다. 5장에서는 구현된 냉동 컨테이너 관제 프로그램

을 살펴보고, 제안된 시스템에서 사용된 색인에 대한 성능을 평가한다. 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

관련 연구

이 장에서는 해양·물류 분야, 선박 및 컨테이너 관제시스템 개발과 관련한 세계적인 흐름과 기본적인 요구 기능, 그리고 국내에서의 위치 추적과 관련한 기술 현황 및 문제점을 설명한다.

1. 해양·물류 분야의 흐름

미국의 9·11 테러 사건은 전쟁과 경제의 불황 등 여러 가지 측면에서 세계전역에 막대한 영향을 미쳤다. 해운업계와 항만업계, 그리고 관련 보험업계도 9·11 테러 이후 해상화물과 선박, 항만에 대한 안전문제가 세계 해운항만업계의 최대 현안으로 부각되었다. 하지만 미국과 국제기구에서 도입하고 있는 선박 및 컨테이너에 대한 보안강화조치는 우리나라의 기존 시스템과 상충되는 면이 많아 적극적으로 대처할 필요가 있다. 특히 선박, 컨테이너 등에 대한 보안 강화조치는 화물 운송시스템과 이에 종사하는 사람에 대한 보안에 초점이 맞추어져 있는데 이는 선박이나 컨테이너 자체가 테러 무기로 악용되거나 대량살상무기를 밀반입하는 도구로 사용될 수 있는 가능성이 높기 때문이다(김중원, 2000).

이런 세계적 흐름을 발맞추어 선박 및 컨테이너 추적 및 보안에 대한 연구가 활발히 일어나고 있는 추세이다. 컨테이너 전자철(electronic seal) 개발을 위해 세계적인 컨소시엄이 구성되어 한창 개발 진행 중이다. 또한 선박의 긴급 상황 시, 응급버튼을 이용하여 선박 보안과 관련된 기구로 응급 데이터를 전송하는 선박안전경보시스템(ship security alert system: SSAS)는 국제해사기구(international maritime organization: IMO)에 의해 2004년 7월 1일부터 강제규정으로 되어 세계적으로

SSAS 개발 흐름이 형성되었다. SSAS 시스템은 해양에서의 선박 추적 및 알람 정보를 관제센터로 전송해야 하기 때문에 이 논문에서와 같이 RF와 위성통신을 채택한 시스템 개발(한국선급, 2004)이 활발히 이루어지고 있다.

2. 국내 관제 시스템의 현황과 문제점

위치 추적 및 관제 시스템 연구와 관련된 국내외 연구 기술은 최근 상당한 수준으로 진척되어 있다. 전자 지도상에서 점선 면적을 위상적으로 연결 관리하고 이를 분석 응용하는 GIS(geographic information system)기술과 GPS(global positioning system) 위성의 위치 정보를 수신하여 전자 지도상에 이동 객체의 위치 및 속도 등의 상태 정보를 표시함으로써 교통 문제 해결과 물류비용 감소, 물류 통제에 활용한 차량 관제 시스템 등은 이미 높은 기술 수준을 가지고 있다. 그러나 현재 많이 개발되어지고 있는 관제 시스템, 특히 차량 관제 시스템(이연우 등, 2002; 박남규, 2000; 이종연 등, 1998; 이철영, 1998) 등은 국한된 지역에서의 휴대폰 통신망을 이용해 관제한다.

그러나 해양 및 수많은 나라들을 돌아다니는 선박 및 컨테이너의 경우 이런 휴대폰 통신망을 이용하여 관제하는 것은 불가능하며, 이동 객체의 위치 추적 및 관제를 위한 국내의 시스템 개발이 저조한 편이다. 국내 굴지의 선박 회사의 경우도 선박의 경로를 추적하는 방법은 사람들의 수작업으로 이루어진다. 이러한 수작업에 의한 선박의 경로 추적은 선박의 GPS 장치로부터 위도, 경도를 읽은 다음, 위성을 통해 본사에 전화로 위도, 경도를 알려주어 이를 사람 손으로 직접 지도상에 표기하거나 전자지도 상에 표현하기 때문에 지속적인 위치 정보 관리가 어렵다. 따라서 위치 추적 및 관제를 자동화, 전산화하여 국제적 흐름에 발 빠르게 대응해야 할 필요성(최재선 등, 2002; 구자윤, 2000)이 대두되고 있다.

3. 이동 객체의 위치 추적을 위한 위치 정보 관리 기법

이동 객체의 위치 정보를 신속하게 처리하기 위해서는 이동 객체의 특성을 효과적으로 활용한 색인에 대한 연구가 필수적이다. 기존의 이동 객체의 정보를 다루는 색인 연구들은 크게 이동객체의 과거 이력 정보 및 궤적을 다루는 색인과 이동 객체의 단순한 현재 위치만을 처리하기 위한 색인에 대한 연구로 구분할 수 있다 (Mokbel 등, 2003).

전자의 경우에 해당하는 색인 연구로는 3DR-Tree(Theodoridis 등, 1996), STR-Tree, TB-Tree 등의 연구가 있다. 3DR-Tree 색인 기법은 기존의 공간 데이터베이스에서 활용되던 R-Tree(Guttman, 1984) 색인을 확장하여 시간 축을 하나의 공간 좌표축으로 간주하고, 3차원 공간 데이터로 처리한 방법이다. 이 방법은 범위 질의에는 좋은 성능을 보이지만, 이동 객체가 이동한 궤적과 관련된 질의 처리에는 성능이 떨어지는 단점이 있다. STR-Tree와 TB-Tree는 이동 객체의 궤적과 관련된 질의를 빠르게 처리를 위해 궤적을 보호하며 색인을 구성함으로써, 궤적 관련 질의에 좋은 성능을 보인다.

후자의 경우에 해당하는 연구로는 R-Tree, TPR-Tree(Saltinis 등, 2000), Bottom-Up Update(Jensen 등, 2004) 등이 있고, 이동 객체의 현재 위치 정보만을 다룰 때는 시간 속성을 고려하지 않기 때문에 기존의 공간 데이터베이스에서 활용되던 R-Tree, R*-Tree(Beckman 등, 1990)를 그대로 이용할 수 있다.

TPR-Tree는 이동 객체가 빈번한 위치 이동으로 인한 갱신 비용이 크다는 문제를 해결하기 위한 방법으로, 갱신 비용을 감소시키기 위해 객체의 이동을 간단한 선형 함수로 표현하는 방법이다. 하지만 객체의 이동이 매우 복잡할 경우, 간단한 선형 함수는 객체의 이동을 저장하는데 적합하지 않고, 많은 갱신 연산을 요구하게 된다. 실제로, 객체의 위치를 서술하기에 적

합한 선형 함수는 거의 존재하지 않기 때문에, 선형 함수는 객체의 위치 정보를 정확하게 저장할 수 없는 문제를 포함하고 있다.

Bottom-Up Update는 보조 저장 구조를 통해 R-Tree의 단말 노드에 직접 접근하고, 상위 노드를 상향으로 접근하여 색인을 갱신하는 방법을 이용한다. 또한 갱신 효율을 위해 MBR을 확장하도록 하였지만, 이로 인하여 색인의 검색 성능이 R-Tree보다 오히려 나빠지는 단점이 있다. 또한 단말 노드부터 루트 노드로 상향 탐색하기 위해 항상 상위 노드 포인터를 유지해야 하는 문제점을 가지고 있다.

냉동 컨테이너 관제 시스템의 구현

1. 관제 시스템의 구성도

컨테이너 관제 시스템에서 사용되어지는 컨테이너 데이터는 컨테이너의 GPS 정보(위치, 속도, 시간 등)와 컨테이너 컨트롤러로부터 수집하는 온도(설정온도, 현재온도 등), 습도, 컨테이너 문의 개폐 상태, 알람 정보 등 다양한 정보를 포함한다. 컨테이너 데이터는 위성 통신을 이용하여 중앙관제센터로 전송되어, 화주에게 자신의 화물을 실은 컨테이너가 현재 어디에 있으며, 어떤 온도 및 습도 조건으로 이동하고 있는지, 그리고 목적지에 언제 도착할지를 시각적인 정보와 함께 제공한다. 또한 선사(船社)에게는 냉동 컨테이너의 위치, 온도, 습도 및 알람 정보를 지속적으로 모니터링 할 수 있도록 한다.

이 논문에서 제안하는 냉동 컨테이너 관제 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 관제 시스템은 크게 데이터 수집부, 위성 통신부, 컨테이너 관제부로 구분된다. 데이터 수집부는 컨테이너에 장착하여 데이터를 수집하는 단말기와 각 단말의 데이터를 모으는 중계기, 그리고 단말기와 중계기 간의 무선 통신으로 구성된다. 그리고 각각의 단말기와 중계기는 위성 안테나, 위성 단말기, GPS 단말기, RFM(radio frequency

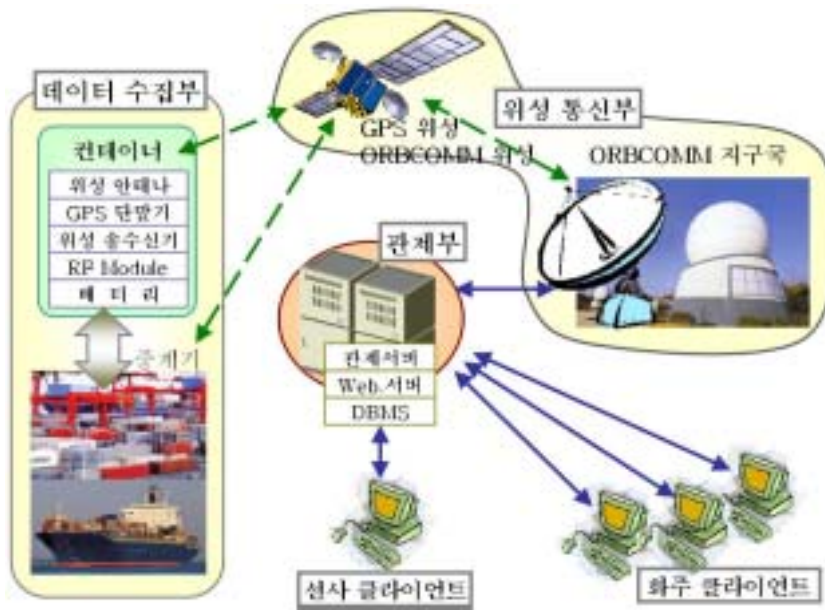


FIGURE 1. 관제시스템 구성도



FIGURE 2. 오브컴 위성 시스템 구성도

modem)으로 구성된다. RFM(Pozar, 2002)은 전자파를 이용하여 컨테이너 단말기와 중계 간의 무선 통신이 가능하도록 하는 장비이다.

위성 통신부는 단말기와 위성 간, 중계기와 위성 간, 위성과 기지국과의 위성 통신으로 구성되는데, 제안 시스템에서는 오브컴의 위성 통신 시스템(Orbcomm, 2004)을 이용하였다. 오브

컴 위성 시스템은 그림 2와 같이 광범위한 지역에서 데이터 패킷 교환이 가능하도록 하는 양방향 데이터 통신 시스템이다. 이 시스템은 우주부, 지상부, 가입자부로 구성되어 있고, 전 세계가맹국의 시스템 운용을 지원하는 네트워크 운용 센터(network control center: NCC, 미국)로 구성된다. 우주부는 35개의 비정지 저궤도 위성

으로 구성되어 있으며, 지상부는 관문 지구국과 각 국에 위치한 망 운용센터로 이루어져 있다. 또한 저궤도 위성을 통하여 송수신하는 단말기(subscriber communicator: SC)로 구성된 가입자부로 구성된다.

관제부는 기지국과 관제 센터 간의 네트워크 망을 통하여 컨테이너 데이터를 수신한다. 관제부는 컨테이너 데이터를 수신하여 가공하는 GIS, 가공된 컨테이너 정보를 웹으로 제공하는 웹서버, 디지털 worldwide MAP, 데이터를 저장 및 관리하는 DBMS, 클라이언트/서버 방식의 관제프로그램, 웹 페이지로 구성되어진다.

2. 데이터 구조

무선 통신에서 데이터 패킷의 최적화가 통신의 효율성을 결정하는 중요한 요소가 된다. 따라서 단말기와 관제시스템 사이의 데이터 교환을 위한 효율적이고 논리적인 데이터 구성이 필요하다. 제안 시스템은 저궤도 위성통신인 오브컴 위성망의 전송 규약에 따라 데이터 구조를 설계하였다. 냉동컨테이너로부터 수집되는 데이터는 컨테이너의 위치, 온도, 습도 그리고 컨테이너 문의 개폐 여부에 관한 정보를 포함한다. 이러한 컨테이너 정보들은 단말기의 위성 송수신기가 송신하는 데이터를 구별하기 위한 컨테

이너의 고유 번호를 추가 하여 구성한다. 또한 관제 서버와 관제 클라이언트 사이에 주고받는 TCP/IP 응용계층의 데이터 포맷을 정의하였다.

냉동 컨테이너의 위치 정보는 위도와 경도로 표현되며 시간 정보와 함께 저장된다. 표 1은 제안 시스템에서 사용한 위치 측위 정보의 예를 보여준다. 표 1에서 위도와 경도는 실수 형태의 데이터 타입으로 표현되며 도(度)를 기본 단위로 한다. week는 1980년 1월 1일부터 몇 주가 지났는지를 표현하며, time은 일요일 자정부터 몇 초(UTC)가 지났는가를 의미한다. type은 냉동 컨테이너가 비어있는 지에 대한 상태를 나타낸다.

표 2는 냉동 컨테이너의 상태 정보의 예를 보여준다. 냉동 컨테이너의 컨트롤러로부터 수집되는 온도는 현재의 온도인 외부 온도, 냉동 컨테이너가 유지해야 할 온도인 설정 온도, 그리고 냉동컨테이너에서 제공하는 공급 온도로 구성된다. 날짜 및 습도 정보 그리고 냉동 컨테이너 컨트롤러로부터 발생하는 경고 메시지 번호 등의 정보를 포함한다.

표 2에서 최근 알람 및 알람수는 정수로 표현되며, 온도 및 습도는 부호 1bit, 정수 7bit 그리고 소수 8bit로 표현된다. 표 3은 습도를 표현하기 위한 데이터 구조를 나타내며, Sign '-1'

TABLE 1. 측위된 위치 데이터의 예

구분	Bat		경도				위도				time		week		type		
Byte	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Data	02	2E	42	FF	3E	72	42	14	8E	C9	00	03	21	7C	04	98	11

TABLE 2. 냉동 컨테이너의 상태 정보의 예

구분	최근 알람	알람 수	설정 온도	공급 온도	외부 온도	습도		time		week		type						
Byte	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Data	01	01	00	00	00	00	00	00	00	00	52	00	03	21	7C	04	98	12

TABLE 3. 습도 데이터 구조

Byte	09							08								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
내용	Sign		정수					소수								

은 음수, 0은 양수를 의미한다.

표 4는 컨테이너 문의 개폐 상태에 대한 정보를 보여준다. 컨테이너의 개폐 정보는 컨테이너 문의 열렸을 때의 시간 정보를 포함하며, 컨테이너의 비정상적인 개폐 정보를 모니터링 하는 것이 주된 목적이다. 표에서 컨테이너의 문의 열린 경우 Door 필드의 값이 0x00, 닫힌 경우 0xFF 값을 갖는다.

통하여 관제 센터로 송출한다. 데이터 수집부는 RFM을 sleep 모드로 전환시키고, 위성 송수신기 자신도 다음의 이벤트가 발생하기 전까지 sleep 모드로 전환된다. 그러나 위성 송수신기가 위성과의 통신에 실패하게 되면 RFM으로 하여금 중계기를 검색하여 무선 통신을 시도한다. 무선 통신이 이루어지면 RFM으로 하여금 냉동 컨테이너의 상태 정보와 GPS 위치데이터를

TABLE 4. 컨테이너 개폐 상태 정보의 예

구분	Door		Time			Week		Type
Byte	8	7	6	5	4	3	2	1
Data	FF	00	03	21	7C	04	98	24

3. 시스템 내의 데이터 흐름

저래도 위성을 이용한 컨테이너 관제시스템은 컨테이너의 데이터를 정기적으로 보고할 경우 단방향 통신을 한다. 그러나 컨테이너를 선적한 선박과의 통신은 기본적으로 양방향 통신을 지원한다. 제안된 시스템의 경우 4시간 마다 한번씩 정기적으로 컨테이너의 데이터를 보고한다.

컨테이너 정보의 정기적인 보고를 위한 데이터의 흐름은 다음과 같다. 데이터 발생 이후 4시간이 경과하면 데이터 생성 이벤트가 발생한다. 이벤트가 발생하면 단말기 내의 위성 송수신기는 sleep 모드에서 깨어나 RFM을 구동시켜 냉동컨테이너 컨트롤러로부터 컨테이너 데이터를 수집하도록 하며, GPS로부터 컨테이너의 위치 정보를 얻는다. 이후 위성 과 통신을 시도하여 통신이 이루어지면, RFM이 수집한 냉동 컨테이너 정보와 위치 데이터를 위성 시스템을

RFM으로 하여금 중계기로 송출하게 하고 RFM, 위성송수신기 모두 sleep 모드로 전환한다. 각각의 데이터 수집부로부터 데이터를 전송 받은 중계기는 수집한 냉동 컨테이너 데이터를 위성 시스템에 전송하기 위한 시도를 한다. 위성을 통해 기지국으로 전송된 컨테이너 데이터는 인터넷을 통해 관제 서버로 전송된다. 관제 서버는 전송된 컨테이너 데이터를 검사하여, 부적절한 데이터일 경우에는 해당 데이터를 삭제한다. 올바른 데이터의 경우에는 컨테이너의 데이터를 웹 및 클라이언트 관제프로그램에서 표현되는 데이터 형태로 변경 및 지도에 표현가능하게 변환한 후, 데이터베이스에 저장한다. 이렇게 저장된 데이터들은 사용자의 요구가 있을 시, 클라이언트 프로그램이나 웹에서 표현된다. 그림 3은 위 과정에서의 데이터 흐름을 흐름도로 표현한 것이다.

제안 시스템은 사용자가 컨테이너 선박의 위

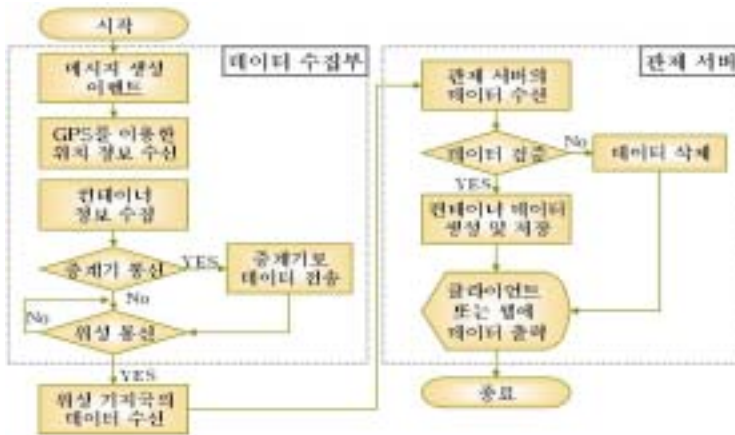


FIGURE 3. 정기적인 컨테이너 정보 보고

치를 요구하거나, 해상에서 이동하는 선박으로 데이터를 전송하기 위하여 양방향 통신을 지원한다. 사용자가 클라이언트 프로그램이나 웹에서 선박 위치를 확인하고자 할 경우, 관제서버는 사용자의 요구를 담은 데이터를 기지국에 전송하고 기지국은 위성과의 통신을 통해 선박의 중계기로 데이터를 송신한다. 선박의 중계기에서는 데이터가 위치 정보를 요구하는 데이터인지, 기타 정보를 요청하는 데이터 인지를 판단하여 각기 다르게 처리한다. 위치 이외의 다른

정보가 요청된 경우 선박의 모니터부와 무선 통신을 수행하여 정보를 전송하고, 모니터부의 컴퓨터에서는 위성을 통하여 정보를 수신한다. 또한 선박에서도 위성 시스템을 통하여 관제센터나 일반 사용자들에게 정보를 전송할 있다. 선박(또는 컨테이너)의 위치 정보를 요구하는 데이터일 경우, 중계기 내의 GPS를 통해 GPS 데이터를 발생시켜서 이를 위성을 통해 관제센터로 보낸다. 그림 4는 선박의 위치 추적을 위한 데이터 흐름도를 보여준다.

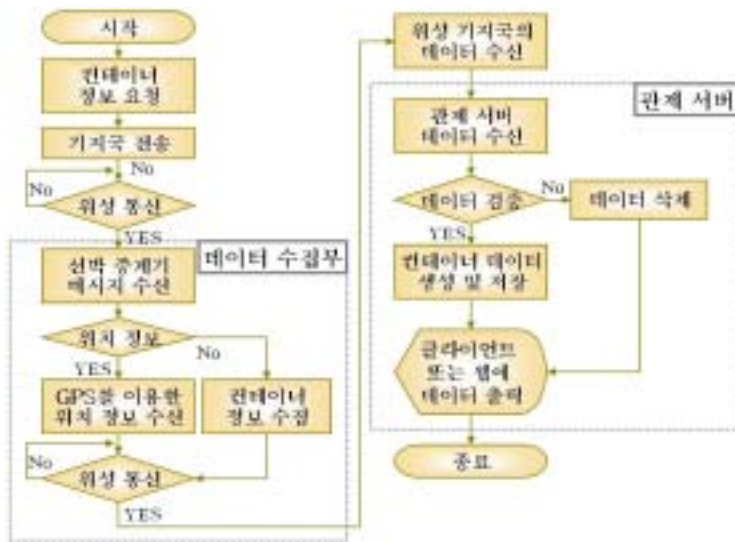


FIGURE 4. 컨테이너 위치 추적

냉동 컨테이너 데이터 수집부

1. 데이터 수집부의 구성

그림 5는 컨테이너 데이터를 수집하는 데이터 수집부의 구성도를 보여준다. 데이터 수집부는 크게 컨테이너에 부착되어 컨테이너 상태 정보를 읽어 위성 시스템 또는 중계기로 송출하는 데이터 수집 장치인 단말기, 무선 근거리 통신을 통해 다수의 컨테이너의 정보를 수집하여 위성으로 송출하는 데이터 중계기, 현장에서 그 상태 정보들을 모니터링하기 위한 모니터링 시스템으로 구성된다.

선적장을 벗어난 육지에서는 트럭으로 운송되기 때문에 컨테이너 단말기는 항상 위성과의 통신이 가능하다. 컨테이너가 선박이나 선적장에서 하단에 적재되어 있는 경우에는 위성과의 통신이 불가능하기 때문에 각각의 선적장 및 선박 내에는 RFM을 이용한 데이터 중계기를 설치하여 하단에 적재되어 있는 컨테이너의 데이터를 수집하여 관제센터로 전송하는 역할을 하게 된다. 데이터 수집기가 위성과의 통신을 시도하여 위성과의 통신에 성공하면 컨테이너 관련 정보는 관제센터로 전송한다. 그러나 위성과의 통신에 실패할 경우에는 선적장 및 선박에 설치된 중계

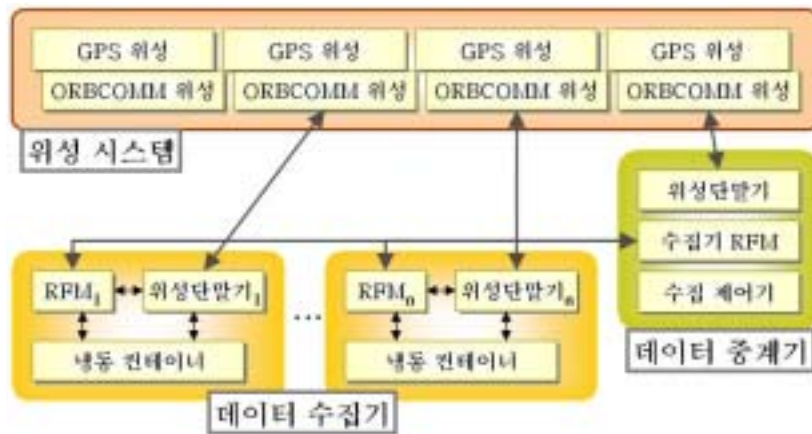


FIGURE 5. 데이터 수집부 구성

데이터 수집 장치는 컨테이너에 직접 장착되는 단말기로 컨테이너의 위치 정보를 측정하기 위한 GPS, 냉동컨테이너 상태 정보의 수집 및 단말기와 무선 통신 기능을 수행하는 RFM, 위성 통신을 담당하는 위성 송수신기 및 위성 안테나, 그리고 냉동 컨테이너에 전원이 공급이 차단되거나 순간적으로 고전압이 흐르는 것을 방지하기 위해 정전압 기능을 갖춘 배터리로 구성된다. 단말기의 동작은 우선 저궤도 위성과의 통신을 시도한다. 컨테이너가 선박으로 운송되거나 선적장에 선적되어 있는 경우, 보통 4~5단으로 적재된다. 이때 가장 상단에 위치한 컨테이너만이 위성과의 통신이 가능하고, 선박과

기와 무선통신을 시도하여 컨테이너 관련 정보를 중계기로 전송하고, 중계기는 각각의 컨테이너 단말기로부터 수집한 데이터를 위성을 통해 관제센터로 전송하게 된다. 이런 중계기는 무선 통신을 하는 RFM과 위성통신을 하는 위성안테나 및 위성송수신기로 구성되어진다. 단말기와 중계기에 있는 RFM간에는 근거리 무선 통신(424Mhz의 주파수 대역)이 이루어지며, 단말기와 중계기에 있는 위성송수신기와 위성 간에는 위성통신 및 GPS통신을 이용한다. 단말기와 위성과의 통신이 가능한 지역에서는 냉동 컨테이너의 컨트롤러를 통해 단말기의 위성 송수신기, 위성 시스템을 거쳐 데이터를 전송한다. 단말기

와 위성과의 통신이 불가능한 지역에서는 냉동 컨테이너 컨트롤러에서 단말기의 RFM, 중계기의 RFM, 위성 시스템을 거쳐 관제센터로 데이터를 전송한다. 선박은 220V 혹은 440V를 겸용을 사용하지만 냉동컨테이너는 440V를 사용하기 때문에 냉동컨테이너에 전원을 켜올 때 비정상적인 고전압이 흐르는 경우가 발생한다. 따라서 220V, 440V 겸용 및 정전압 기능을 갖춘 배터리를 장착하여 단말기에 안정적인 전원 공급이 이루어지도록 한다.

2. 컨테이너 단말기 및 중계기의 구성

단말기는 근거리 무선 통신을 위한 RF부, 냉동컨테이너의 컨트롤러의 데이터를 수신하기 위한 RS-232 변환부, 컨테이너의 문의 개폐 정보 수신을 위한 디지털 I/O 변환부, GPS 데이터를 수신하는 GPS 수신부, 위성과 데이터를 송수신하는 위성데이터 송수신부, 위성송수신기 제어부로 이루어져 있다. 그림 6은 단말기의 블록 다이어그램을 나타낸 것이다.

중계기는 처리 반경 내의 RFM을 통해 컨테이너의 상태 데이터를 수집하고, GPS 위성으로부터 위치 데이터를 수신하여 위성으로 송출하는 역할을 하는 장치로 중계기의 블록 다이어그램은 그림 8과 같다.

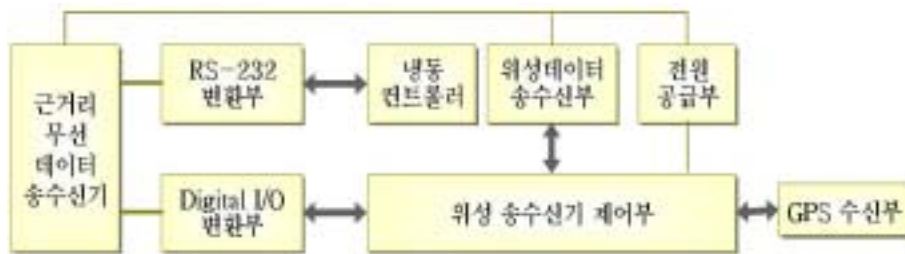


FIGURE 6. 단말기의 블록 다이어그램

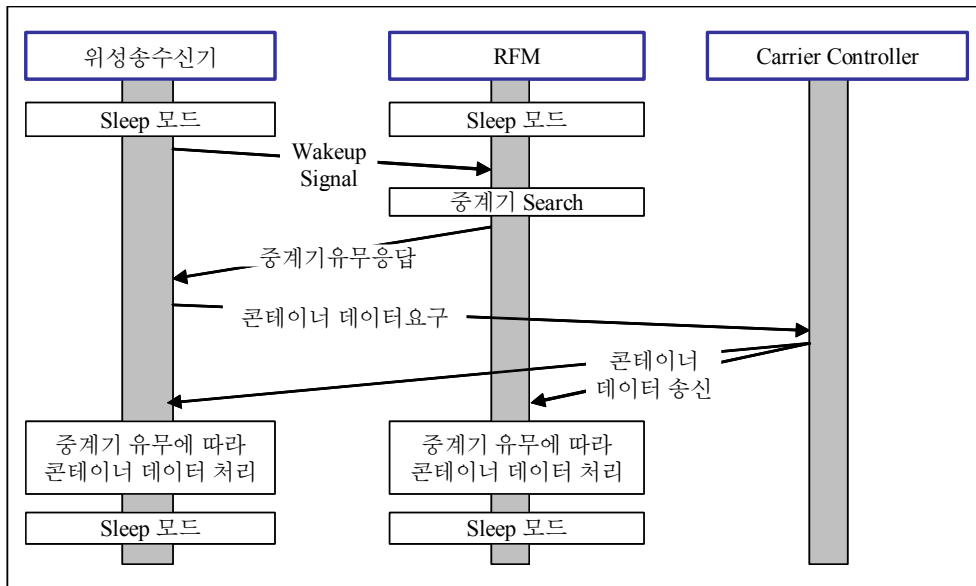


FIGURE 7. 컨테이너 단말기의 데이터 흐름도



FIGURE 8. 중계기의 블록 다이어그램

중계기는 중계제어를 위한 제어기와 위성 및 GPS 데이터 처리를 위한 위성송수신부, 위성송수신기를 제어하는 제어부, RF 무선통신을 위한 무선데이터 송수신기(MRFM) 그리고 전원공급부로 구성된다.

일반적으로 컨테이너 선박의 경우 냉동컨테이너들은 선박의 선교 옆에 쌓는 것이 일반적이다. 따라서 반경 250m의 처리 반경을 갖는 중계기를 선교에 설치할 경우, 하나의 중계기로 컨테이너 선박 내의 모든 냉동 컨테이너의 데이터를 수집할 수 있다. 그림 9는 컨테이너 선박의 선교에 설치된 중계기의 모습이다.



FIGURE 9. 선교에 설치된 중계기

냉동 컨테이너 관제 프로그램

관제 프로그램은 관제 센터 혹은 사용자가 냉동 컨테이너의 온도, 습도, 위치 등의 정보를 모니터링하여, 냉동 컨테이너 관리를 효율적으로 하기 위한 프로그램으로 전체 관제 시스템에서 관제부에 해당한다. 관제 프로그램은 냉동 컨테이너의 위치 파악 및 추적, 냉동컨테이너의 이상 유무를 모니터링하여 적절한 조치를 취하도록 하며, 냉동컨테이너의 설정 온도 및 설정 습도의 적절한 변경이 가능하여 원격으로 냉동 컨테이너의 단순하지만 중요한 조치들을 취하게 한다.

1. 관제 프로그램의 구성

냉동컨테이너의 컨트롤러는 컨테이너의 온도, 습도, 컨테이너 문의 개폐 여부, 배터리 전압 등을 취득하여 위치 정보와 함께 일정 시간을 주기로 저궤도 위성을 통해 데이터를 위성지구국으로 전송한다. 위성지구국은 저궤도위성으로부터 수신된 냉동 컨테이너 정보를 관제센터로 전송하고, 전송된 데이터들은 데이터베이스에 저장된다. 사용자는 클라이언트/서버 방식의 관제 프로그램 또는 웹을 통하여 냉동 컨테이너를 관제할 수 있다. 관제 프로그램은 그림 10과 같이 크게 GPS 로그 서버, GIS Map 서버, 컨테이너 정보 관리 서버로 구성된다. GPS 로그 서버는 단말기들로부터 전송 받은 컨테이너의 위치 정보를 저장하기 위한 데이터베이스로서,

제안된 시스템에서는 컨테이너의 이동 경로를 신속하게 처리하기 위하여 이동 객체 궤적 관련 색인 기법인 TB-Tree에 의해 관리된다. 또한 가장 최근에 입력된 위치 정보에 대한 관리는 R*-Tree에 의하여 관리한다. GIS Map 서버는 컨테이너 위치와 함께 지리 정보를 제공하기 위하여 ArcIMS로 관리되는 지리 정보 데이터베이스 서버이고, 컨테이너 정보 관리 서버는 컨테이너의 온도, 습도, 개폐 상태 등의 컨테이너 관련 정보를 저장하기 위한 데이터베이스 서버이다.

2. 컨테이너 궤적 관리를 위한 색인

제안하는 시스템의 관제부에서는 컨테이너의 위치 정보를 효과적으로 관리 및 검색하기 위하여 그림 11과 같은 구조를 갖는 위치 정보 색인

을 사용한다. 데이터 수집부로부터 전달된 컨테이너의 위치 정보는 관제 서버의 위치 정보 색인을 통하여 실시간으로 관리된다.

위치 정보 색인 모듈은 컨테이너의 현재 위치 정보 관리를 위한 색인과 과거 정보 관리를 위한 색인으로 구성된다. 데이터 수집부로부터 전송된 위치 정보는 R*-Tree(Beckmann 등, 1990)로 구현된 현재 위치 색인 파일에 저장된다. 새로운 컨테이너의 위치 정보가 보고되었을 경우, 새로운 위치 정보는 이전의 위치 정보와 함께 하나의 선분으로 표현되는 궤적 정보로 변환되어 과거 위치 색인에 저장된다.

제안된 시스템은 컨테이너의 이동 궤적을 효과적으로 관리하고, 궤적 관련 질의 요청 시 빠르게 궤적 데이터를 검색하기 위하여 TB-tree를 기반으로 하는 이동 객체 색인을 사용하였

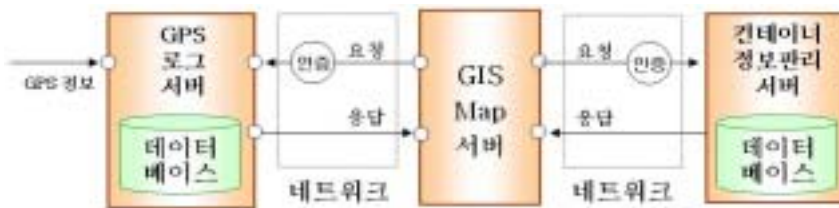


FIGURE 10. 관제 프로그램의 구성도

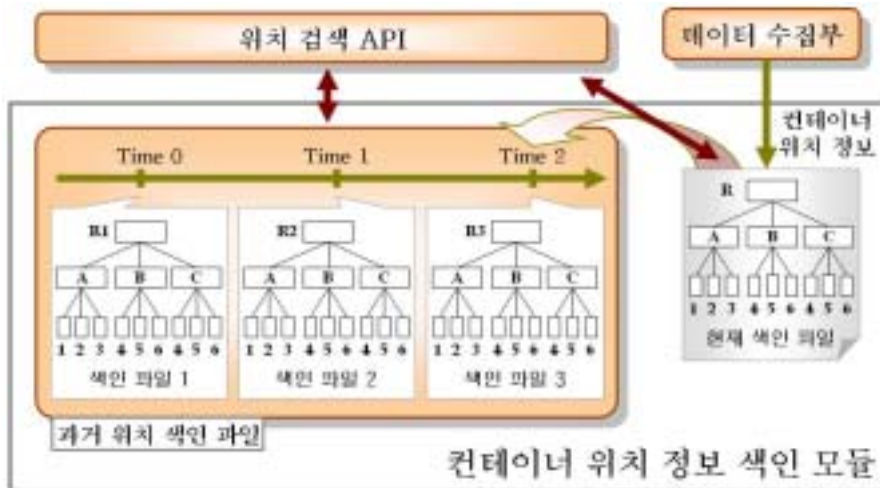


FIGURE 11. 위치 정보 관리 색인

다. TB-tree는 특정 이동 객체의 이동 궤적을 보호하기 위하여 동일한 궤적을 구성하는 선분 정보를 동일한 단말 노드에 저장하고, 같은 궤적을 구성하는 선분들을 저장하는 단말 노드들 간에는 링크드 리스트를 사용하여 연결하였기 때문에 특정 컨테이너의 궤적 정보를 빠르게 검색할 수 있는 장점을 갖는다.

과거 위치 색인에서 데이터 수집부로부터 전송된 컨테이너의 모든 궤적 정보를 하나의 색인 파일로 관리할 경우, 시간의 흐름에 따라 발생하는 방대한 양의 데이터를 저장하여야 하기 때문에 색인 파일의 크기가 커지고 검색성능이 저하되는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 제안된 시스템에서는 색인 파일의 다중 버전 기법을 사용하였다. 컨테이너들의 궤적 정보는 열흘 단위로 새로운 색인 파일에 저장된다. 이때 새롭게 입력되는 데이터가 두 개의 색인 파일에 걸쳐서 보고되는 경우 버전 분할에 의하여 두개의 색인 파일에 저장된다. 클라이언트에서 전송된 질의 요청은 질의 처리 모듈에서 날짜별로 분리되고 위치 정보 색인 모듈에서 해당 날짜의 색인 파일을 검사하여 질의 결과를 반환한다. 이러한 색인 파일의 다중 버전 및 데이터의 버전 분할은 데이터의 중복 저장 및 이들 이상의 날짜에 걸치는 질의를 처리할 때 색인의 성능을 저하시킨다. 하지만 시간의 흐름에 따라 저장되는 데이터의 크기가 크게 증가하는 컨테이너 위치 정보 관리 환경에서 색인 파일의 관리 및 오래된 색인 파일의 이주 정책 설계가 용이해지며, 각각의 색인 파일에 대한 질의 요청 시 검색하기 위한 색인의 깊이가 낮아지기 때문에 특정 시간 구간의 컨테이너 궤적을 검색할 경우 오히려 질의 처리 성능이 좋아지는 장점을 갖는다.

구현 및 평가 분석

제안된 시스템은 웹을 통한 접근과 클라이언트/서버 방식의 접근 방법을 지원한다. 웹을 통

한 접근은 선박 및 컨테이너의 위치와 상태 정보의 확인만이 가능하며, 클라이언트/서버 방식의 접근은 컨테이너의 위치와 상태 정보 확인뿐만 아니라 컨테이너의 상태를 제어할 수 있다. 이 장에서는 제안된 시스템의 구현 결과 및 컨테이너 위치 정보 관리를 위한 색인의 성능 및 비교 분석을 수행한다.

1. 클라이언트/서버 방식의 관제 프로그램

제안 시스템의 관제부에서 클라이언트/서버 방식의 접근을 위한 프로그램은 Delphi 5.0으로 작성되었으며, 데이터베이스는 MY-SQL을 사용하였다. 클라이언트/서버 방식의 프로그램은 컨테이너가 어디에 위치해 있으며, 컨테이너가 어느 선박에 선적되어 있는지, 컨테이너에 이상이 발생하지 않았는지, 정상적인 경로를 따라 이동하고 있는지 등의 다양한 정보들에 대한 모니터링 기능을 제공한다. 또한 냉동 컨테이너의 상태를 제어할 수 있도록 컨트롤러를 원격으로 조정할 수 있다. 그림 12는 관제 프로그램의 구현화면을 보여준다.

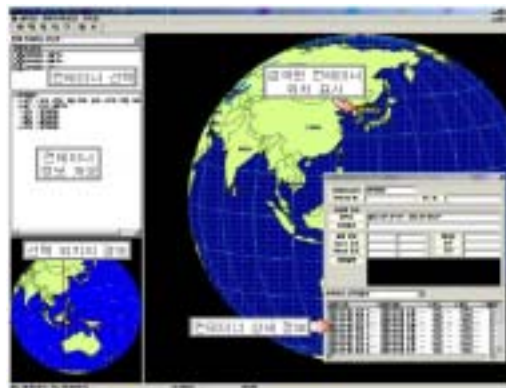


FIGURE 12. 냉동 컨테이너 관제 프로그램

그림 13은 컨테이너의 이상이 있을 경우 사용자에게 알람 메시지를 전송하고, 냉동 컨테이너의 각종 데이터를 출력하는 화면이다.



FIGURE 13. 컨테이너 상태의 모니터링

그림 14는 컨테이너를 선적한 선박의 이동 경로를 추적한 화면이다.

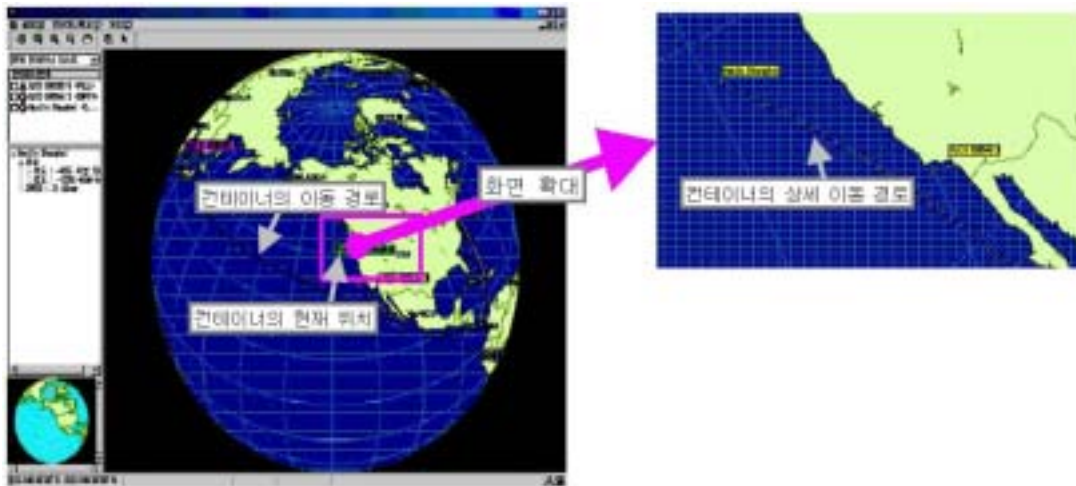


FIGURE 14. 컨테이너의 이동 경로 추적

2. 웹을 통한 관제 프로그램

웹을 통한 관제 프로그램은 인터넷을 통하여 화주들에게 자신의 화물을 선적한 컨테이너가 현재 어디에 있으며, 어느 선박에 실려 어떤 온도·습도 상태를 유지하며 운송되어지는지를 확인 할 있으며, 목적지에 도착하는 시간 등의 정보를 제공한다. 웹을 통한 관제 프로그램은 자바로 작성되었으며 JDK 1.4.2를 기반으로 구동된다. 그림 15는 웹을 통하여 컨테이너를 선적

한 선박의 이동 경로 및 이동 상태를 검색한 화면이다.

냉동 컨테이너 관제 시스템은 마땅한 통신 시스템이 없는 해양 및 통신 환경이 서로 다른 나라들을 적재된 상태로 이동하는 컨테이너 및 선박을 관제하는 시스템이므로 위성통신과 RF 무선통신을 이용하였다.

3. 궤적 관리 색인의 날짜별 파일 분할 관리

제안된 시스템에서는 컨테이너의 이동 궤적을 관리하기 위하여 TB-Tree 색인 방법을 이용하였다. 하지만 기존의 색인 방법에서와 같이 컨테이너의 모든 궤적 정보를 하나의 파일로 관리할 경우, 시간이 지남에 따라 색인 파일의 크

기가 너무 커져 시스템 내에서 관리하기 어려운 문제가 발생하기 때문에 제안된 시스템은 일정한 기간 단위로 색인을 생성하여 관리하는 다중 버전 기법을 사용하였다. 이 논문에서는 궤적 관리 색인의 다중 버전 기법의 성능을 평가하기 위하여 한 주에 100회씩, 3주에 걸쳐 위치 정보를 갱신하는 것을 가정하여 실험 데이터를 생성하였다.

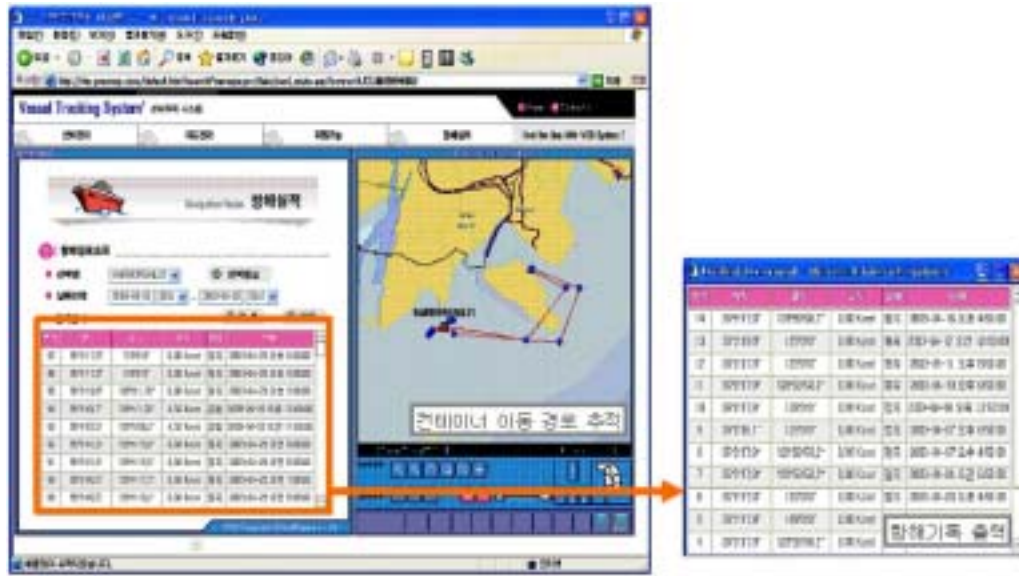
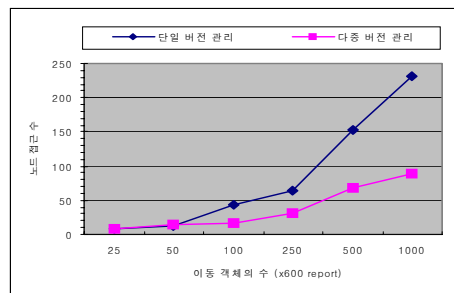
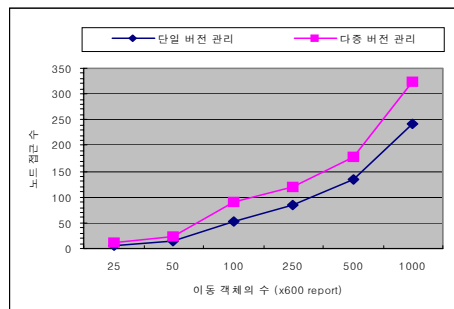


FIGURE 15. 웹을 통한 컨테이너 정보 모니터링

그림 16과 그림 17은 위치 정보를 하나의 색인에 통합 관리하였을 경우와 다중 버전으로 분할하여 관리하였을 경우의 성능을 보여준다. 그림 16처럼 단일 버전의 색인 관리 방법은 색인할 데이터 량이 적고 통합 관리 방법보다 트리의 높이가 낮기 때문에 하나의 색인 파일이 관리하는 시간 구간 이내의 질의에서 성능이 향상된다. 반면 두 개의 색인 파일이 관리하는 시간 구간에 걸친 질의에서는 단일 버전 색인 방법이 트리의 깊이는 낮지만 두 개의 파일을 검색하여야 하기 때문에 질의 성능이 낮아진다. 또한 그림 17-b와 같이 계적 질의에서도 단일 버전 방법의 계적 관리 방법은 시간 구간이 변경될 때마다 계적 선택을 위한 범위 질의를 수행하여야 하기 때문에 성능이 저하된다. 하지만 그림 17-a처럼 단일 버전 색인 방법은 하나의 파일에 색인되는 데이터의 량이 적기 때문에 색인의 삽입 성능은 향상된다.

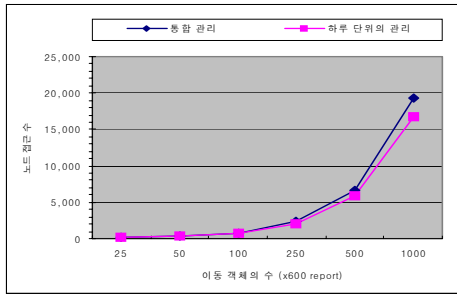


(a) 단일 구간 이내에서의 시공간 질의

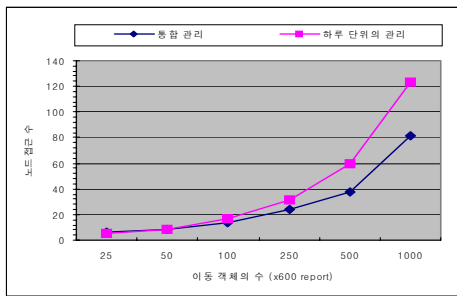


(b) 두 개의 구간에 걸친 시공간 질의

FIGURE 16. 색인의 범위 질의 성능



(a) 데이터 삽입 성능



(b) 이들에 걸친 추적 질의

FIGURE 17. 데이터 삽입 및 추적 질의 성능

결론

무선 통신 및 위성 통신 기술의 발달로 지역적으로만 관리되었던 객체의 위치 정보가 세계적으로 확대되어 추적/관리가 가능하게 되었다. 이 논문에서는 이동하는 물류매체인 냉동컨테이너와 선박의 위치 및 상태정보를 수집하여, 이를 저궤도 위성통신을 이용하여 사용자에게 가공된 정보형태로 사용자에게 보여주고, 또한 사용자는 원격지에 있는 물류매체를 제어할 수 있도록 하는 시스템을 설계하고 그 구성 요소들을 구현하였다. 이 논문에서 개발한 저궤도 위성을 이용한 컨테이너 관제시스템은 데이터를 수집하는 단말기, 다중의 데이터를 수집하는 중계기로 구성된 데이터 수집부, 데이터 전송을 담당하는 위성통신부 그리고 컨테이너 데이터를 가공하여 사용자로 하여금 관제할 수 있도록 하는 관제부로 구성하였다.

컨테이너가 육상에서 운송될 때는 1단으로 적재되어 운송되기에 단말기를 컨테이너 상단에 위치하면 언제 어디서든지 위성통신을 이용하여 데이터를 전송할 수 있다. 그러나 컨테이너가 선적장이나 컨테이너선에 실려 운송될 때는 보통 여러 단으로 적재되어 운송되기 때문에 하단에 적재된 컨테이너 단말기는 상단의 컨테이너에 가려져서 전혀 위성을 사용할 수 없는 상태가 된다. 따라서 제안 시스템에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 컨테이너가 적재되는 선적장 및 선박에 중계기를 구성하여 항상 위성 통신이 가능하도록 하였다. 중계기는 RF 범위 내에 있는 각각의 컨테이너 단말기와 무선통신을 하여, 각각의 컨테이너 단말기가 수집한 컨테이너 데이터를 모아 저궤도 위성을 통해 일괄 전송하게 하여 컨테이너 적재 시, 저궤도위성을 통해 데이터를 전송할 수 없는 단점을 해결하였다. 저궤도위성을 통해 위성망의 지구국으로 전송된 데이터는 관제센터로 인터넷 망을 통하여 화주 등에게 제공되도록 하였다. 제안된 시스템은 상이한 운송 방식에 의한 컨테이너 위치 추적의 연속성 결여 및 단절, 각 운송 단계별 상호 정보 교환의 어려움, 다수의 운송업자가 참여하기 때문에 발생하는 관리/감독의 어려움을 해결하여 언제 어디서든지 물류매체를 추적하고, 감시, 통제할 수 있다. 또한 컨테이너의 추적 추적을 위한 이동 객체 색인 기술을 적용하여 컨테이너 위치 및 이동 궤적을 빠르게 검색하도록 하였다. 향후 연구로는 무선통신 환경에서 데이터 송수신 시의 정보 보호를 위한 종합적인 보안 체제 구성에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

참고문헌

구자운. 2000. 새로운 항해장비의 국제적 동향과 대응방안. 한국해양수산연수원.

김종원. 2000. IMO 해상안전협약의 최근동향. 해양안전 소식지 2000년 가을호. http://www.kmst.go.kr/report/2000/2000_con

- tents29.shtml.
- 박남규. 2000. 인터넷을 이용한 컨테이너 화물 위치추적 시스템 개발에 관한 연구. 동명정보대학고 논문집. 3:351-362.
- 이연우, 남시병. 2002. GPS를 이용한 이동물체의 위치추적에 관한 연구. 삼척대학교 논문집. 354: 171-178.
- 이종연, 신예호, 류근호. 1998. 자동 차량관제 시스템을 위한 능동적 시공간 자료 처리. 컴퓨터 정보통신 연구 논문집. 6(1):109-122.
- 이철영. 1998. 항만물류시스템, 효성출판사. 459-510쪽.
- 최재선, 조동오. 2002. 최근의 해사보안 강화 동향과 정책 시사점. 해양수산 현안분석 보고서, 한국해양수산개발원.
- 한국선급. 2004. Guidance Note for Ship Security Alert System(SSAS). <http://www.krs.co.kr/kor/dn/Tec/SSAS-GN.pdf>.
- Beckmann, N., H.-P. Kriegel, R. Schneider, and B. Seeger. 1990. The R*-tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles. Proceedings of the 1990 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. Atlantic City, New Jersey, USA, May 23-25, 1990. pp.322-331.
- Guttman, A. 1984. The R-trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching. Proceedings of the 1984 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. Boston, Massachusetts, USA, Jun. 18-21, 1984. pp.47-57.
- Jensen, C. S., D. Lin and B. C. Ooi. 2004. Query and Update Efficient B+-Tree Based Indexing of Moving Objects. Proceedings of the 30th International Conference on VLDB. Toronto, Canada, Aug.29-Sep.3, 2004, pp.768-779.
- Mokbel, M. F., T. M. Ghanem and W. G. Aref. 2003. Spatio-Temporal Access Methods. IEEE Data Engineering Bulletin 26(2)::40-49.
- Orbcomm. 2004. <http://www.orbcomm.co.kr/>.
- Pfoser, D., C. S. Jensen and Y. Theodoridis. 2000. Novel Approaches to the Indexing of Moving Object Trajectories. Proceedings of the 26th International Conference on VLDB. Cairo, Egypt, Sep. 10-14, 2000. pp.395-406.
- Pozar, D. M. 2002. Microwave and RF Design of Wireless Systems. Wiley.
- Saltenis, S., C. S. Jensen, S. T. Leutenegger and M. Lopez. 2000. Indexing the Positions of Continuously Moving Objects. Proceedings of the 2000 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, Dallas, Texas, USA, May 14-19, 2000. pp.331-341.
- Theodoridis, Y., M. Vazirgiannis and T. Sellis . 1996. Spatio-Temporal Indexing for Large Multimedia Applications. Proceedings of the 3rd IEEE Conference on Multimedia Computing and Systems. Hiroshima, Japan, June, 1996. 