

군용 항공 장비의 임베디드 기반 실시간 DBMS

사용을 위한 미들웨어

양종원^o 전호석 이종순
LIGNEX1(주)

jwyangb@lignex1.com mpcom@lignex1.com jslee@lignex1.com

A Middleware for Using Embedded-Based Real-time DBMS on the Military Aircraft

Yang Jongwon Jeon Hosuk Lee Jongsoon
LIGNEX1 Corporation

요 약

군용 항공 장비는 정보의 수집, 분석, 식별, 외부 상황의 대처와 같이 다량의 데이터 혹은 복잡한 데이터 구조를 필요로 하는 작업을 수행하는 경우가 많으며 네트워크 중심전(NCW)의 등장으로 데이터 관리의 중요성이 점차 높아지는 추세이다. 군용 항공 장비에서는 일반적인 데이터베이스 시스템의 사용을 제약하는 제약 사항이 존재하며 선행 연구에서 이러한 문제점을 완화시키는 임베디드 기반 실시간 DBMS에 대한 리뷰 및 임베디드 기반 실시간 DBMS를 이용한 간단한 아키텍처 및 외부 장비와의 연동 방안을 제시하였다. 본 논문에서는 군용 항공 장비가 임베디드 기반 실시간 DBMS의 효율적인 이용을 가능하게 하는 모듈들을 포함하는 미들웨어의 구조와 외부 장비 및 사용자 작성 응용 프로그램과의 연동, 미들웨어 내부에서의 데이터의 흐름 방식을 제안한다.

1. 서 론

군용 항공 장비가 수행하는 대표적인 임무로는 정찰 등을 통한 외부 데이터의 수집, 수집한 데이터의 분석, 기 작성된 데이터 라이브러리와 연동을 통한 데이터의 식별, 데이터 형태로 장비에 장입된 대응 솔루션을 이용한 외부 상황의 대처 등이 있다. 이러한 임무들은 대량의 데이터 혹은 복잡한 구조를 가진 데이터를 필요로 하며 네트워크 중심전(NCW) 개념이 미래의 방위 산업의 주요 화두로 떠오르는 만큼 데이터의 양은 점차 증가하고 데이터 구조 역시 복잡해질 전망이다. 일반적인 시스템의 경우에 다량의 데이터 혹은 복잡한 구조를 가진 데이터를 효율적이고 편리하게 처리하기 위하여 데이터베이스를 사용하지만 군용 항공 장비의 경우 여러 제약 사항으로 인하여 일반적인 데이터베이스의 사용 자체가 제한된다.

군용 항공 장비에서의 일반적인 데이터베이스 사용의 첫 번째 제약 사항은 군용 항공 장비 운용 시 장비에 가해지는 기압이다. 항공 장비는 운용 시에 지상 기압의 9배인 9G의 기압을 받으며 9G는 일반적인 데이터베이스 관리 시스템이 탑재되는 하드 디스크를 물리적으로 파손시킬 수 있는 기압 수치이다.

군용 항공 장비에서의 일반적인 데이터베이스 사용의 두 번째 제약은 역시 데이터베이스 관리 시스템이 탑재

되는 하드 디스크의 제약으로 인한 것으로 군용 항공 장비의 운용 시 필요로 하는 실시간성 조건에 상충된다. 하드디스크는 CPU나 RAM에 비하여 상대적으로 매우 느린 속도로 동작하기 때문에 때때로 실시간성을 보장할 수 없으며 군용 항공 장비의 경우 이 제약 사항은 치명적인 결과를 가져올 수 있다.

군용 항공 장비에서의 일반적인 데이터베이스 사용의 세 번째 제약은 일반적인 운영체제를 지원하는 데이터베이스 관리 시스템에 비하여 군용 항공 장비가 사용하는 VxWorks 등의 실시간 운영체제를 완벽하게 지원하는 데이터베이스 관리 시스템에 비하여 수적으로 적다는 점이다.

이러한 제약 사항들을 해결 혹은 완화시키는 데이터베이스 관리 시스템을 임베디드 기반 실시간 DBMS라 하며 임베디드 기반 실시간 DBMS에 대한 리뷰 및 간단한 아키텍처, 외부 장비와의 연동 방안의 제시를 선행 연구 [1]에서 수행하였다.

본 논문에서는 임베디드 기반 실시간 DBMS를 이용하여 효율적으로 데이터를 관리하는 미들웨어를 제시하며 제시된 미들웨어의 각 모듈의 특성 및 데이터의 흐름에 대하여 설명한다.

본 논문의 2장에서는 선행 연구 [1]에서 수행한 임베디드 기반 실시간 DBMS의 요건 및 현황에 대하여 간략하게 요약할 수행하며 3장에서는 임베디드 기반 실시간 DBMS를 효율적으로 이용할 수 있도록 하는 미들웨어의

아키텍처와 미들웨어를 구성하는 각 모듈과 인터페이스들의 특성 및 모듈 간의 연동을 제시한 후 결론을 내리도록 한다.

2. 임베디드 기반 실시간 DBMS의 요건 및 현황

군용 항공 장비의 제약 사항들을 해결 혹은 완화시키는 데이터베이스를 본 논문 및 후속 연구에서는 임베디드 기반 실시간 DBMS라 정의한다. 선행 연구에서는 임베디드 기반 실시간 DBMS가 갖추어야 할 5개의 요건을 제시하였으며 그 내용은 표 1과 같다.

표 1 임베디드 기반 실시간 DBMS의 요건

VxWorks 등의 실시간 운영체제(이하 RTOS)에 포팅 가능
디스크가 아닌 In-memory 데이터베이스 형태로 사용 가능
실시간성을 제공하는 빠른 접근 솔루션을 제공
외부와의 효율적인 인터페이스를 제공
서버나 데스크탑에 비해 한정된 자원을 이용하여 동작

표 1에서 제시하는 요건들을 만족하는 임베디드 기반 실시간 DBMS는 COTS 형태로 존재하며 대표적인 임베디드 기반 실시간 COTS DBMS로는 Oracle Berkeley DB, Oracle TimesTen, MCOject eXtreme DB, SQLite 등이 존재하며 이 COTS DBMS들은 표 1에서 제시된 조건을 모두 만족한다. 표 1에서 제시된 조건의 만족 여부 외의 DBMS들의 특징 및 장단점에 대해서는 선행 연구에서 제시하였다.

3. 임베디드 기반 실시간 DBMS를 위한 미들웨어

본 장에서는 임베디드 기반 실시간 DBMS를 항공 장비에서 효율적으로 사용하기 위한 미들웨어의 아키텍처를 제시하며 미들웨어를 구성하는 모듈의 특성 및 미들웨어의 인터페이스, 미들웨어 내부의 데이터 흐름을 제시한다. 본 논문에서 제시하는 임베디드 기반 실시간 DBMS를 위한 미들웨어의 구조와 인터페이스, 미들웨어를 구성하는 모듈들과 외부와의 데이터 흐름은 그림 1에 도시되어 있다.

그림 1에서 임베디드 기반 실시간 DBMS를 위한 미들웨어 (이하 미들웨어)는 임베디드 기반 실시간 DBMS와 사용자가 작성하는 군용 항공장비 소프트웨어의 중간에 위치하고 있다. 실제 미들웨어 구현 시에는 임베디드 기반 실시간 DBMS가 독립적인 프로세스로 동작하는 형태가 아닌, 사용자 작성 프로그램에 라이브러리 형태로 링크되어 사용자 작성 프로그램과 동일한 프로세스로 동작

하는 형태임을 감안할 필요가 있다. 따라서 미들웨어는 임베디드 기반 실시간 DBMS의 라이브러리를 사용하여 내부적인 모듈들을 구현하고 외부에는 인터페이스만이 드러나는 라이브러리 형태로 구현되는 것이 바람직하다.

실제로는 응용 프로그램, 미들웨어, DBMS가 하나의 프로세스 상에서 동작하는 하나의 프로그램이지만 임베디드 기반 실시간 DBMS가 응용 프로그램과 별도의 프로세스로 작동하는 것으로 인식되는 것처럼 미들웨어 역시 상위 레벨의 프로그램에 별도의 프로세스로 작동하는 것으로 인식된다.

미들웨어의 사용은 군용 항공장비에서 임베디드 기반 실시간 데이터베이스를 사용하는 사용자들에게 데이터베이스 사용의 편의성 및 추가적인 기능을 제공한다. 미들웨어가 제공하는 대표적인 부가 기능으로는 외부 데이터를 변환하여 데이터베이스에 저장하거나 데이터베이스에 저장된 데이터를 변환하여 외부로 전송하는 기능, 일반적인 임베디드 기반 실시간 DBMS가 제공하지 않는 스토어드 프로시저 기능, 데이터를 암호화 및 복호화하여 군용 장비의 경우 중요성이 매우 높은 보안성의 제공 등을 들 수 있다. 또한, 임베디드 기반 실시간 DBMS의 종류 또는 네트워크의 종류와 무관하게 군용 항공 장비의 응용 프로그램에게 인터페이스를 제공하여 프로젝트 수행 및 확장을 수월하게 할 수 있다.

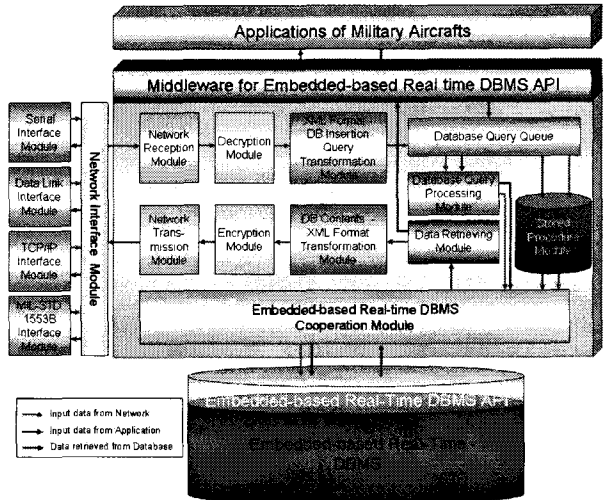


그림 1 임베디드 기반 실시간 DBMS 사용을 위한 미들웨어의 구조와 데이터 흐름

3.1 미들웨어의 구성 모듈

그림 1에는 미들웨어를 구성하고 있는 세부적인 모듈들이 도시되어 있다. 본 절에서는 모듈들의 특성 및 기능에 대해 서술한다.

- 네트워크 수신 모듈 (Network Reception Module): 시리얼 인터페이스, 데이터 링크, TCP/IP, MIL-STD 1553B 등의 군용 항공 장비에서 사용하는 다양한 중

류의 네트워크 프로토콜을 통하여 외부 장치로부터 미들웨어에 전송된 데이터를 수신하는 역할을 수행한다.

- 복호화 모듈 (Decryption Module): 입력된 데이터를 복호화하는 기능을 수행한다. 군용 항공장비는 운용 특성 및 목적 상 보안의 중요성이 매우 크다. 데이터를 암호화 및 복호화하는 알고리즘에 대해서는 본 논문에서는 다루지 않는다.
- XML 포맷 - DB 장입 질의어 변환 모듈(XML Format - DB Insertion Query Transformation Module): 입력되는 데이터는 일정한 구조화된 포맷을 갖추어야 한다. 본 논문 및 후속 연구에서는 구조화된 포맷으로 XML을 제시하며 이 모듈에서는 XML 포맷으로 입력된 데이터를 DB에 장입할 수 있는 질의어로 변환한다. XML과 DB에 장입되는 질의어 간의 변환은 일반적으로 사용되는 XML - DB 데이터 변환 방식을 사용하며[3] 구체적인 변환 방식은 본 논문에서 새롭게 정의되는 것이기 보다는 기존의 방식을 이용하는 것이기 때문에 생략한다.
- 데이터베이스 질의어 큐 (Database Query Queue): 시스템 외부 혹은 사용자가 작성된 응용 프로그램으로부터 많은 질의어가 짧은 시간에 요청될 경우가 있다. 데이터베이스 질의어 큐에서는 요청된 질의어를 일반적인 메시지 큐와 같은 형식으로 메모리에 저장하며 우선순위에 따라 질의어를 순차적으로 처리할 수 있도록 한다. 우선순위 결정 전략은 사용자가 지정할 수 있도록 한다. 기본적인 우선순위 결정 전략은 FIFO (First In First Out) 방식이다.
- 데이터베이스 질의어 처리 모듈 (Database Query Processing Module): 데이터베이스 질의어 큐에 저장된 질의어를 임베디드 기반 실시간 DBMS 연동 모듈로 전송하여 DBMS에서 처리한 후 결과를 반영할 수 있도록 한다.
- 스토어드 프로시저 모듈 (Stored Procedure Module): 사용자가 스토어드 프로시저를 작성하여 스토어드 프로시저를 사용할 수 있도록 한다. 일반적인 DBMS와는 달리 실시간 기반 임베디드 DBMS는 스토어드 프로시저가 존재하지 않기 때문에 미들웨어에서 스토어드 프로시저를 지원하는 기능의 추가가 필요하다. 현재 스토어드 프로시저 모듈에 대해서는 구체적인 구현 방식에 대한 연구가 진행되지 않았으며 미들웨어 구현 시 가장 낮은 우선순위로 개발될 예정이나 장기적으로 데이터의 효율적인 사용을 위하여 필요하다고 판단하기 때문에 본 논문에서 제시하는 아키텍처에는 포함된다.
- 데이터 추출 모듈 (Data Retrieving Module): 임베디드 기반 실시간 DBMS로부터 데이터를 추출하여 배열이나 구조체 형식의 데이터로 변환한 후 다른 모듈로 전송하는 역할을 수행한다.
- DB 내역 - XML 포맷 변환 모듈 (DB Contents - XML Format Transformation Module): DBMS에서 추출한 정보를 XML 포맷으로 변환하는 역할을 수행한다.
- 암호화 모듈 (Encryption Module): 복호화 모듈과 정

반대의 작업을 하는 모듈로 입력한 데이터를 암호화하는 작업을 수행한다. 복호화 모듈과 마찬가지로 군용 항공장비의 정보 보안의 중요성으로 인하여 중요성이 높은 모듈이다.

- 네트워크 송신 모듈 (Network Transmission Module): 네트워크를 통하여 데이터를 외부 장치로 송신하는 역할을 수행한다.

3.2 미들웨어의 인터페이스

미들웨어는 외부와 연동하는 3종의 인터페이스가 존재한다. 본 절에서는 3종의 인터페이스의 특성에 대하여 서술한다.

- 항공 장비 응용 프로그램과의 인터페이스: 임베디드 기반 실시간 DBMS 미들웨어 API (Middleware for Embedded-based Real time DBMS API)에서 이루어진다. 항공 장비 응용 프로그램이 바라보는 입장에서 이와 같이 명명하였다. 전술한 것처럼 항공 장비와 미들웨어, DBMS는 실제로는 하나의 프로세스로 동작하며 인터페이스는 라이브러리 함수를 이용하여 구현된다. 미들웨어는 항공 장비 응용 프로그램이 데이터베이스의 기능을 이용할 수 있는 기본적인 API를 제공한다. 대표적인 기능은 데이터의 입력, 변경, 삭제, 추출과 데이터베이스의 열기, 닫기로 일반적인 DBMS와의 인터페이스와 동일하다. 하지만 미들웨어를 통하여 DBMS와는 무관하게 동일한 인터페이스를 제공받을 수 있으며 스토어드 프로시저를 정의 및 사용할 수 있다.
- 외부 장비와의 인터페이스: 네트워크 인터페이스 모듈 (Network Interface Module)에서 이루어진다. 외부 장비와의 인터페이스는 물리적인 레벨에서 다양한 네트워크 프로토콜을 통하여 이루어지며 많은 경우 데이터의 입출력이 군용 항공 애플리케이션 동작과 무관하게 이루어질 필요가 있다. 따라서 외부 장비와의 인터페이스를 담당하는 부분은 실시간 운영 체제 상에서 별도의 태스크로 동작하는 것이 바람직하며 외부에서 입력된 데이터 또는 외부로 내보낼 데이터는 전역 변수 또는 태스크 간 통신을 통하여 인터페이스와 미들웨어 간의 전송을 수행한다. 외부 장비와의 인터페이스는 네트워크 프로토콜 방식과는 무관하게 미들웨어에 동일한 데이터를 전송하는 adapter 패턴[5]과 유사한 기능이 필요하다.
- DBMS와의 인터페이스: 임베디드 기반 실시간 DBMS 연동 모듈 (Embedded-based Real time DBMS Cooperation Module)에서 이루어진다. 미들웨어 내부의 질의어를 입력받아 DBMS의 질의어로 변환한 후 DBMS의 API에 명령을 내려 어떤 DBMS를 사용하더라도 상위 구조에는 영향을 미치지 않는 투명성을 제공한다. 역시 이 기능은 adapter 패턴과 유사한 방식으로 구현된다. 또한 본 인터페이스는 데이터베이스로부터 데이터를 추출하여 데이터 추출 모듈로 전송하는 역할을 수행한다.

3.3 데이터 흐름

미들웨어는 DBMS를 지원하여 외부 또는 군용 항공 응용 프로그램에서 입력된 데이터를 효율적으로 데이터베이스에 입력하거나 데이터베이스에서 데이터를 효율적으로 추출하여 외부에 전달하는 것이 주목적이기 때문에 데이터의 흐름을 이해하는 것은 본 논문에서 제시하는 미들웨어의 이해에 필수적이다. 본 절에서는 외부 장비에서 네트워크를 통하여 입력된 데이터의 흐름, 군용 항공 응용 프로그램에서 입력된 데이터의 흐름, 데이터베이스에서 추출되어 네트워크를 통하여 외부로 전달되는 데이터의 흐름, 데이터베이스에서 추출되어 군용 항공 응용 프로그램으로 전달되는 데이터의 흐름에 대하여 서술한다.

3.3.1 네트워크를 통하여 입력된 데이터의 흐름

그림 2는 네트워크를 통하여 외부로부터 입력된 데이터가 데이터베이스에 입력되기까지의 과정을 도시하고 있다. 외부로부터 입력된 데이터는 보안을 위하여 암호화되어 있으며 전송한 것처럼 구조화되고 표준화된 데이터 포맷을 제공하기 위하여 XML 형태로 포맷팅되어 있다. 다양한 종류의 네트워크 프로토콜을 통하여 입력된 외부 입력 데이터는 외부 장비와의 인터페이스를 통하여 네트워크 인터페이스 모듈이 제공하는 adapter에 의하여 공통되는 하나의 인터페이스 형태로 변형된 후 네트워크 수신 모듈에 입력된다. 입력된 데이터는 암호화된 상태이기 때문에 복호화 모듈에서 복호화 과정이 이루어진 후 XML 포맷 - DB 장입 질의어 변환 모듈을 통하여 XML 포맷 형태로 저장되어 있던 데이터를 데이터베이스에 저장하는 내부 질의어 포맷으로 변환된다. 질의어는 데이터베이스 질의어 큐에 저장되어 있다가 지정된 우선 순위 정책에 의하여 차례가 되면 데이터베이스 질의어 처리 모듈이나 스토어드 프로시저 모듈을 거쳐 DBMS와의 인터페이스를 담당하는 임베디드 기반 실시간 데이터베이스 연동 모듈에서 하부 DBMS의 데이터 입력을 지원하는 데이터베이스 API 형태로 변환되어 데이터베이스에 외부로부터 입력된 데이터를 저장하도록 한다.

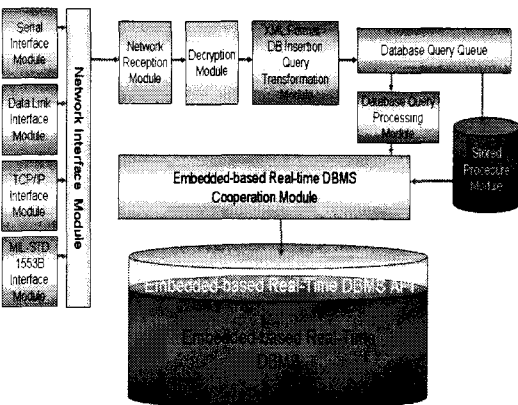


그림 2 네트워크를 통하여 입력된 데이터의 흐름

3.3.2 응용 프로그램에서 입력된 데이터의 흐름

그림 3은 응용프로그램으로부터 입력된 데이터가 데이터베이스에 저장되기까지의 흐름을 도시하고 있다. 응용 프로그램은 라이브러리 형태로 제공되는 API를 통하여 미들웨어에 질의어를 보내며 질의어는 데이터베이스 질의어 큐에 저장되어 있다가 차례가 되면 데이터베이스 질의어 처리 모듈이나 스토어드 프로시저 모듈을 거쳐 DBMS와의 인터페이스를 담당하는 임베디드 기반 실시간 데이터베이스 연동 모듈에서 데이터베이스 API 형태로 변환되어 데이터베이스에 응용프로그램으로부터 입력된 데이터를 저장하도록 한다.

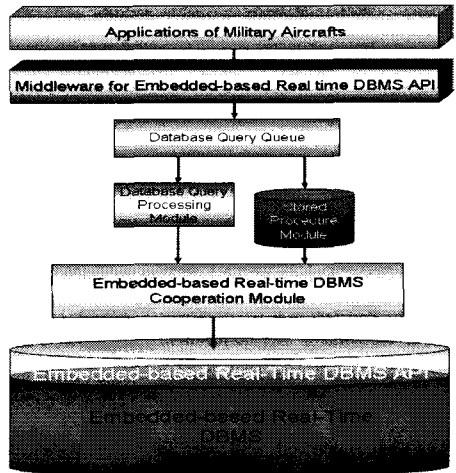


그림 3 응용프로그램에서 입력된 데이터의 흐름

3.3.3 데이터베이스에서 추출된 데이터의 외부로의 흐름

그림 4는 데이터베이스에서 추출된 데이터가 네트워크를 통하여 외부로 전송되는 흐름을 도시하고 있다. 데이터베이스로부터 추출된 데이터는 인터페이스를 거쳐 데이터 추출 모듈에 저장된다. 데이터 추출 모듈에 존재하는 데이터는 정형화된 형식이 아니라 배열 혹은 구조체 형식의, 외부에서는 사용할 수 없는 포맷이기 때문에 구조화된 포맷으로 변환할 필요가 있다. 외부로 추출되는 포맷 역시 입력되는 포맷과 마찬가지로 XML을 사용하며 XML 포맷은 보안을 위하여 암호화 모듈에서 암호화가 수행된다. 암호화 모듈을 거쳐 데이터는 네트워크 송신 모듈과 네트워크 인터페이스를 거쳐 장비에 연결되어 있는 네트워크 프로토콜의 데이터 포맷으로 변환한 뒤 각 네트워크 프로토콜을 이용하여 외부로 전송된다.

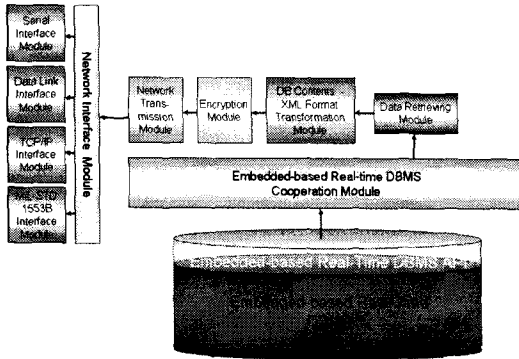


그림 4 데이터베이스에서 추출된 데이터의 외부로의 흐름

3.3.4 데이터베이스에서 추출된 데이터의 응용 프로그램으로의 흐름

그림 5는 데이터베이스에서 추출된 데이터가 응용 프로그램으로 이동하기까지의 흐름을 도시하고 있다. 데이터베이스에서 추출된 데이터는 인터페이스를 통하여 미들웨어로 전송된 후 데이터 추출 모듈에 데이터를 배열 또는 구조체 형태로 저장된다. 데이터 추출 모듈에 저장된 데이터는 API를 통하여 응용 프로그램으로 전송되어 응용 프로그램에서 데이터베이스에서 추출한 데이터를 사용할 수 있게 된다.

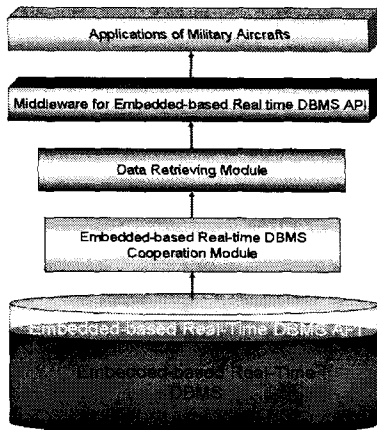


그림 5 데이터베이스에서 추출된 데이터의 응용 프로그램으로의 흐름

4. 결론

본 논문에서는 선행 연구에서 수행한 임베디드 기반 실시간 DBMS의 요건 및 현황에 대한 요약을 제시한 후 임베디드 기반 실시간 DBMS의 효율적인 사용을 위한 미들웨어의 구조 및 데이터의 흐름을 제시하였다. 본 논

문에서 제공하는 미들웨어의 이용은 군용 항공 장비에서 임베디드 기반 실시간 데이터베이스를 이용하는데 부가적인 기능들과 외부와의 인터페이스를 제공한다. 이 특성들로 인하여 사용자와 장비는 사용의 편의성 및 데이터 관리의 효율성을 제공받는다.

임베디드 기반 실시간 DBMS와 그 효율적인 사용을 위한 미들웨어의 이용은 현재 사용되는 군용 항공 장비의 데이터 관리 뿐만이 아니라 현재 화두가 되는 네트워크 중심전 (NCW)에 포함되는 차후의 군용 항공 장비의 개발 및 운용을 효율적으로 수행할 수 있게 할 것으로 기대된다. 차후의 군용 항공 장비를 개발하는 프로젝트에서는 현재 제시한 미들웨어의 각 모듈을 우선순위에 따라 순차적으로 적용할 계획이며 그 결과는 후속 연구에 반영될 예정이다.

참고문헌

- [1] 양종원 외, 임베디드 기반 실시간 DBMS를 이용한 임베디드 시스템에서의 데이터 관리 방안, 제11차 통신/전자학술대회, 2007
- [2] McObject, Data Management for Military and Aerospace Embedded Systems, McObject white paper, 2006
- [3] K.Williams 외, Professional XML Databases, Wrox Press, 2001
- [4] Gye-Jeong Kim, Seung-Cheon Baek, Hyun-Sook Lee, Han-Deok Lee, Moon Jeung Joe, "LGeDBMS: A Small DBMS for Embedded System with Flash Memory", VLDB Conference, pp 1255-1258, 2006
- [5] Bobineau, C., Bouganim, L., Pucheral, P., and Valuriez, P, "PicoDBMS: Scaling down Database Techniques for the smartcard." VLDB Conference, pp 11-20, 2000
- [6] Nagender Bandi, Chengyu Sun, Amr El Abbadi, Divyakant Agrawal, "Hardware Acceleration in Commercial Databases: A Case Study of Spatial Operations"VLDB Conference, pp 1021-1032, 2004
- [7] E.Gamma 외, GoF의 디자인 패턴. Addison Wesley, 2003