IE Interfaces
Vol. 15, No. 2, pp. 159-171, June 2002.

조선산업의 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템 개발

황성룡[1] · 김재균[2†] · 장길상[3]

[1]신한기계㈜ 부설연구소 / [2]울산대학교 산업정보경영공학부 / [3]동국대학교 정보산업학과

Development of Data Warehouse Systems to Support Cost Analysis in the Ship Production

Hwang Sung-ryong[1] · Kim Jae-gyun[2] · Jang Gil-sang[3]

[1] Research Institute, Shinhan Machinery, Ulsan, 689-890

[2] School of Industrial Engineering, University of Ulsan, Ulsan, 680-749

[3] Department of Information Systems, University of Dongguk, Gyeongju, 780-714

Data Warehouses integrate data from multiple heterogeneous information sources and transform them into a multidimensional representation for decision support applications. Data warehousing has emerged as one of the most powerful tools in delivering information to users.

Most previous researches have focused on marketing, customer service, financing, and insurance industry. Further, relatively less research has been done on data warehouse systems in the complex manufacturing industry such as ship production, which is characterized complex product structures and production processes.

In the ship production, data warehouse systems is a requisite for effective cost analysis because collecting and analysis of diverse and large of cost-related(material/production cost, productivity) data in its operational systems, was becoming increasingly cumbersome and time consuming.

This paper proposes architecture of the data warehouse systems to support cost analysis in the ship production. Also, in order to illustrate the usefulness of the proposed architecture, the prototype system is designed and implemented with the object of the enterprise of producing a large-scale ship.

Keywords: data warehouse, data mart, decision support systems, cost analysis, ship industry

1. 서 론

데이터 웨어하우스(data warehouse)는 "다년간 기업의 운영시스템에 집적된 데이터를 주제영역별로 통합하여 별도의 프로그램 없이 다양한 각도에서의 분석을 가능케 하는 시스템"이다(Inman, 1996). 보다 실무적인 측면에서의 데이터 웨어하우스는 "의사결정을 위해 필요한 분석 정보를 자동으로 모아주고, 결합시켜 사용자가 원하는 시점에 원하는 형태로 제공하는 시스템"이라는 정의가 보편적으로 사용되고 있다(Oracle, 1997).

양키 그룹에 따르면 ERP(enterprise resource planning) 시스템의 한계를 다음과 같이 지적하고 있다(Yankee Group, 1998). 이는 거래처리 수준에 있는 거의 모든 OLTP(online transaction processing) 시스템에 적용될 수 있는 내용이다.

- ERP 시스템은 다양한 분석을 위해서 필요한 과거의 자료를 제공하지 못한다. 따라서 다른 데이터 저장소(data store)로부터 추가적인 데이터 지원을 받아야 한다.
- ERP 시스템은 기업의 일부 기능 및 부서를 지원하는 데

† 연락저자 : 김재균 교수, 680-749 울산시 남구 무거동 산29 울산대학교 산업정보경영공학부, Fax : 052-259-2180, e-mail : jgkim@mail.ulsan.ac.kr
2001년 10월 접수, 1회 수정 후 2002년 2월 게재 확정.

그치고 있다. 이러한 이유로 특정한 의사결정에 대해서는 여러 데이터 저장소로부터 데이터를 제공받아야 하는 어려움이 있다.

- ERP 시스템은 미리 정해진 데이터 형태로 제공한다. 따라서 이러한 데이터는 때때로 별도의 변형이 가해져야만 분석에 이용될 수 있다.

기존 OLTP 시스템의 데이터 저장소(data store)에는 기업의 업무 현황을 파악할 수 있도록 최신의 상세 데이터를 보관하고 있으며, 상황의 변화와 신규 거래의 발생으로 데이터의 내용이 계속적으로 갱신되고 있다. 이러한 OLTP 시스템의 데이터 저장소의 특성은 운영시스템을 효율적으로 관리하기 위해서는 필수적이라 할 수 있으나 의사결정지원 차원에서는 여러 가지 한계가 있다((Park and Hwang, 1999).

데이터 웨어하우스는 기존 OLTP 시스템의 한계로 대두되고 있는 데이터 통합성, 분석 및 의사결정에 필요한 데이터 제공의 적시성, 필요 데이터 추출 및 변형, 데이터 구조의 유연성 등의 문제를 극복하기 위한 우수한 해결책으로 대두되고 있다.

1990년대 초 국내에 데이터 웨어하우스 개념이 소개된 이후에 서비스, 유통, 금융, 통신업계 등에서는 데이터 웨어하우스 시스템을 구축과 이에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으나 조선산업과 같은 수주생산(make to order) 환경에서의 데이터 웨어하우스 시스템 구축에 관한 연구는 상대적으로 미비한 실정이다.

본 연구는 복잡한 제품구조와 생산공정을 가지는 조선산업을 연구대상으로 한다. 조선산업의 부문별 업무 기능을 지원하는 다양한 운영계 시스템들은 이기종 전산환경, 사용자 정보 요구와 관점의 차이에서 발생하는 상이한 데이터 체계(data structure), 통합성 부재로 인한 업무 코드(business code)와 데이터 단위의 불일치 등을 근간으로 하고 있다(Hwang, 1999). 이러한 이유로 특정 의사결정에 필요한 비용 데이터(재비, 생산공수)와 각종 생산성 데이터(중량, 수량, 재질, 치수, 손실률 등)를 수집하여 분석하거나 이를 이용하여 보고서를 작성하는 데 많은 노력과 시간이 소모되고 있다. 이상의 문제점을 해결하기 위해서는 기능별 운영시스템에서 분산 관리되고 있는 비용 데이터와 각종 생산성 데이터를 자동으로 집계하여 통합적으로 관리함으로써 이들 정보에 근거한 신속한 분석업무를 지원하는 데이터 웨어하우스 시스템이 필요하다.

비용분석 데이터 웨어하우스 운영계 시스템의 비용 데이터와 각종 생산성 데이터를 자동으로 추출 및 변형한 다음 이를 분석단위(선종, 프로젝트, 부서, 도면, 장치, 선박 구성품 등)별로 가공한 후에 데이터 웨어하우스에 적재하여 통합적으로 관리함으로써 다양한 의사결정에 필요한 요약 및 집약 정보를 신속하게 제공하는 의사결정 지원용 시스템이다.

본 연구에서는 조선산업에서 운영되고 있는 운영계 시스템의 특징과 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템의 구조(architecture)를 제시하고, 대형 선박을 제조하는 H사를 대상으로 웹기반(web-based)의 프로토타입 시스템을 설계 및 구현하고자 한다.

2. 조선산업과 조선산업의 운영계 시스템

2.1 조선산업의 특성

조선산업의 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템을 개발하기 위해서는 조선산업의 특성과 더불어 제품구조(product structure)와 공정계층(process hierarchy)에 대한 이해가 필요하다.

Hatchuel (1997) 등은 수주생산 환경에서의 복잡한 산업(complex industry)의 특성을 복잡한 제품구조, 복잡한 생산공정, 그리고 매우 소량의 주문량으로 정의하고 있다. 본 논문은 이상의 특성을 가지는 대표적인 산업 중의 하나인 조선산업을 대상으로 한다. 조선산업은 다양한 설계 및 제조능력과 장기간의 건조기간을 요구하는 프로젝트형 산업이다. 조선산업의 주요한 특징은 선각과 의장 등의 다양한 설계부문과 생산, 자재 등의 생산부문 그리고 많은 하청업체와 공급업체들이 연관된 매우 복잡하고 반복적인 공정을 포함하고 있으며, 설계가 완료되지 않은 상태에서 자재조달, 계획 및 생산의 동시 다발적인 수행으로 빈번한 설계변경(engineering change)이 발생한다는 것이다. 이러한 조선산업의 특징과 더불어 관리해야 할 복잡하고 방대한 양의 데이터는 효율적인 데이터 처리 및 분석을 어렵게 한다(Brodda, 1991; Hwang, 1999).

Wade (1997) 등은 제품구조를 중간품목(interim product)과 이와 연관된 구성품 및 자재를 표현하는 계층적인 구조로 정의하고 있다. 선박 제품은 수십만 가지의 품목으로 구성된 매우 복잡한 제품으로 크게 선체의 외형과 골격을 의미하는 선각품목과 엔진, 거주구 등의 주요기관을 포함해서 관제작품, 철의장품, 전장품 등을 통칭해서 일컫는 의장품목으로 구분된다. 선각품목은 블록이 형성되어가는 과정을 반영하면서 업무흐름을 중심으로 구조화되며, 의장품목은 선각품목의 형성과정에 의존적이면서 블록, 구역, 대구획 등과 같은 작업장소를 중심으로 구조화된다. <그림 1>은 선박에 대한 제품구조로, 원자재와 중간품목으로부터 선박제품을 생산하는 데 필요한 품목과 품목 간의 관계를 표현한 것이다(Hwang, 1999).

조선산업의 제품구조는 최상위 수준의 선박과 최하위 수준의 자재, 그리고 선박과 자재 사이의 무수한 중간품목으로 구성된다. 중간품목은 선각 중간재(대구획, 구역, 탑재블록, 조립블록, 단위블록, 소조품, 선각부재), 의장 중간재(모듈 유니트, 파이프 유니트 등), 그리고 단위 제작품(관제작품, 철의장품, 기계가공품, 목의장품, 전장품 등)으로 구분된다. 제품구조상의 최하위에 위치하는 자재는 특정 주문 선박과 무관하게 사용되는 공용자재(common item)와 특정한 주문 선박에만 사용되는 주문자재(order item)로 구분된다.

공정계층은 임의의 수준에서 생산공정을 분할한 것으로 제품의 복잡성과 관리의 용이성에 의존한다. 조선산업은 복잡한

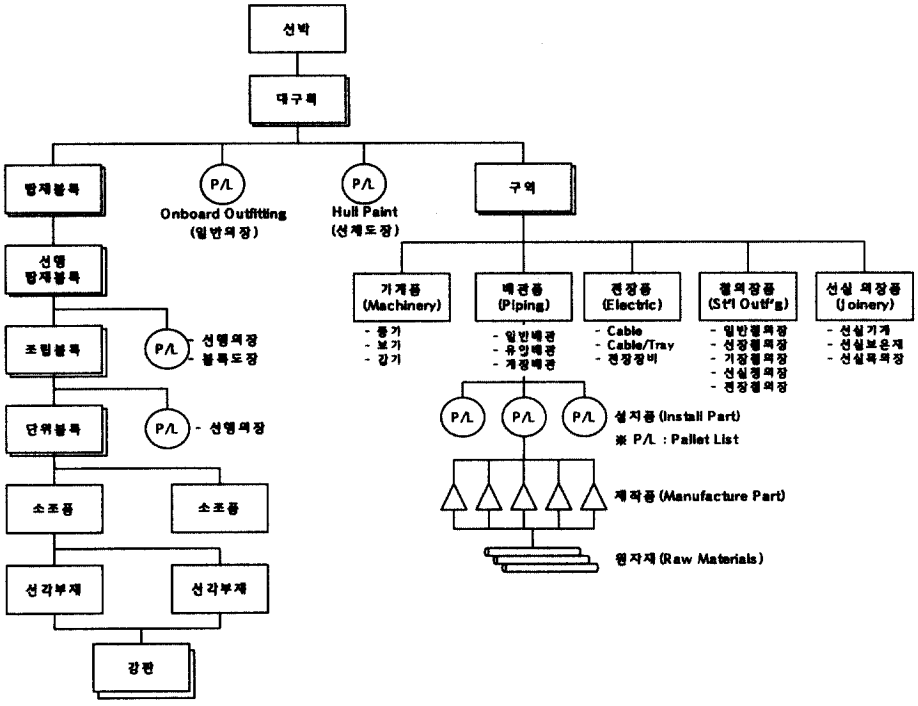


그림 1. 선박의 제품구조.

선박제품을 생산하므로 타산업에 비하여 공정수준이 많으며, 이들 수준은 대절점, 중공정, 공정, 단위작업, 요소작업의 5수준으로 이루어져 있다. <표 1>은 공정계층상의 각 수준의 의미와 각 공정수준의 용도를 정리한 것이다.

2.2 조선산업의 운영계 시스템

국내의 조선업계는 생산성 향상을 위하여 10여 년 전부터 CAD/CAE/CAM 시스템을 중심으로 선박 설계 및 생산시스템의 전산화와 자동화를 지속적으로 추진해 왔으며, 최근에는 CIM(computer integrated manufacturing) 시스템 구축에 많은 노력과 비용을 투자하고 있다. <그림 2>는 설계 및 생산정보를 포함하는 논리적 통합 데이터베이스를 중심으로 조선 CIM 시스템 내의 주요 시스템 간의 연관관계와 각 시스템에서 수행하는 주요 기능을 시간의 흐름에 따라 표현한 것이다(Hwang, 1999).

표 1. 조선산업의 공정계층

공정계층	의 미	용 도
대절점 (Main Event)	- 조선생산에서 관리하는 4개의 주요한 대절점 - W/C(생산착수), K/L(건조착수), L/C(진수), D/L(인도)	- 선표계획(dock schedule)의 단위 - 장납기(long term lead time) 자재계획
중공정 (Process)	- 작업장소와 생산흐름별로 그룹화한 작업단위 - 가공, 소조립, 조립, 선행의장, 선행도장, 선행탑재, 건조, 후행의장, 후행도장, 시운전, 인도	- 기준생산계획(master production scheduling)의 단위 - 중/단납기(mid/short term lead time) 자재계획
공정 (Activity)	- 중간조립품, 단위제작품을 제작/가공 또는 조립/설치하기 위하여 중공정을 공사종류(공종)별로 분할한 작업단위 - 선각/의장/도장 공정으로 구분	- 공정계획(process planning)의 단위 - 일정계획(operation scheduling)의 단위 - 단납기(short term lead time) 자재계획
단위작업 (Operation)	- 공정을 각 작업반에서 관리하는 단위로 분할한 작업단위	- 작업지시 및 작업실적 집계의 단위 - 공정 예산 편성의 단위
요소작업	- 단위물량에 대한 생산표준공수의 관리단위 - 단위공사별 예산을 산출하기 위한 품셈코드의 단위	- 예산 산출의 단위

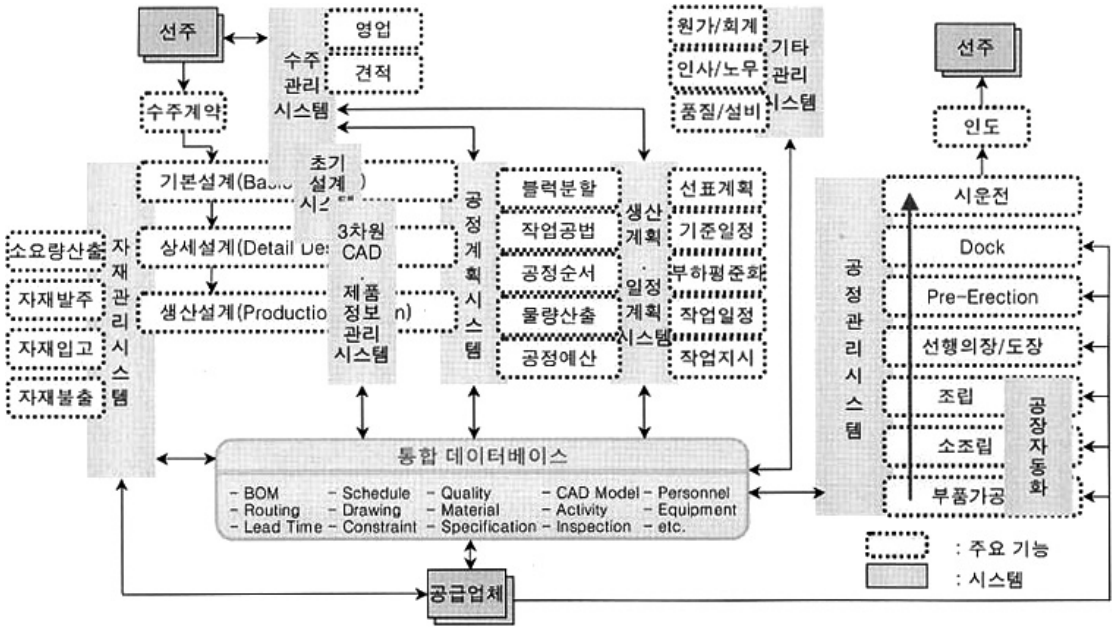


그림 2. 조선 CIM 시스템의 구조.

조선 CIM 시스템을 구성하는 주요 단위 시스템의 기능을 간략히 설명하면 다음과 같다. 제품정보관리(PDM : product data management) 시스템은 CAD 시스템과 연계되어 기초설계 단계에서부터 발생되는 다양한 설계정보와 설계 프로세스 정보, 그리고 생산에 필요한 정보를 시스템화하여 각종 정보의 원활한 공유와 정보의 재창출을 가능케 하는 시스템이다(Peng, *et al.* 1998).

공정계획 시스템은 생산설비와 인력구조에 적합하도록 공정순서, 작업방법, 공정예산 등을 산출하며, 생산계획 및 일정계획 시스템은 공정계층별 일정(선표계획, 기준생산일정, 공정일정) 관리를 담당한다.

자재관리 시스템은 생산계획 시스템에서 계획된 품목을 제조하는 데 필요한 자재 소요량을 산출하고, 자재발주, 입고, 출고 등의 일련의 자재관련 프로세스를 계획하고 관리하는 시스템이다. 조선산업의 자재관리 시스템은 표준 BOM(bills of material)을 이용하여 일률적으로 MRP(material requirements planning) 전개하는 것이 아니라 설계가 진행됨에 따라 점차적으로 자재 사양이 결정되고 제품구조가 형성되므로 변형된 MRP 시스템을 사용하는 것이 일반적이다.

공정관리 시스템은 실제 작업의 공정진도 파악, 실적집계, 계획대비 실적분석 등을 수행하는 시스템으로 생산 및 일정계획 시스템의 원활한 운용을 지원하는 시스템이다.

조선산업의 통합 데이터베이스는 설계부문의 기능을 지원하는 설계 데이터베이스(EDB: engineering database)와 생산부문의 생산/일정계획, 공정계획, 자재관리 등의 용도로 사용하는 생산 데이터베이스(PDB : production database)로 구분되며, 이들은 논리적 정보 연계를 가지면서 시간에 따라 점차적으로 EDB의 정보가 PDB의 정보로 변환된다. 두 개의 데이터베이스로 운영되는 이유는 정보를 요구 / 사용하는 부문 간 관점의 차이, 시스템 환경의 이질성, 시스템의 성능 향상, 하나의 데이터베이스로 관리했을 때의 정보구조의 복잡성, 생산부문에서 발생하는 설계변경 등으로 통합되기 어렵기 때문이다.

일반적인 OLTP 시스템의 특성과 함께 조선산업의 운영계 시스템이 가지는 다음과 같은 특성 때문에 비용 분석과 생산성 분석에 필요한 데이터를 수집하여 분석하거나 이를 이용하여 보고서를 작성하는 데 많은 노력과 시간이 소모되고 있다.

- 부문별 운영시스템 간의 이기종 전산환경
  - 설계부문 : 객체지향 데이터베이스, 생산부문 : 관계형 데이터베이스
- 사용자 정보 요구와 관점의 차이에서 발생하는 상이한 데이터 체계
  - 설계부문 : 제품중심의 데이터 구조, 생산부문 : 생산공정 중심의 데이터 구조
- 통합성 부재로 인한 업무 코드와 데이터 단위의 불일치
- 업무 기능별 운영시스템에서 산재되어 관리되고 있는 비용 및 생산성 데이터
  - 생산성 데이터 : 주로 설계 데이터베이스의 설계 BOM과 생산 데이터베이스의 제조 BOM,
    자재비 : 자재관리 시스템, 생산 예산 공수 : 공정계획 시스템, 생산 실적 공수 : 공정관리 시스템

이상과 같은 운영계 시스템이 가지는 특성은 다음의 문제점들을 유발시키는 원인이 된다.

- 보고서 작성 및 일관된 의사결정지원을 위한 통합된 비용 및 생산성 데이터 취득에 많은 시간과 비용이 소모된다.
- 운영계 시스템으로부터 데이터 추출 및 변형을 위한 표준화가 미흡하다.

- 설계 및 생산부문의 데이터 표준화 및 생산성 향상을 위한 비용 및 생산성 분석정보의 축적이 어렵다.
- 축적된 비용 및 생산성 분석정보의 부재로 이상적인 제품 및 공정설계와 경영활동을 지원을 위한 지표가 부족하다.
- 고객의 요구에 대한 민첩한 견적업무 지원 능력이 미흡하다.

이상의 나열된 문제점을 해결하기 위해서는 기능별 운영시스템에서 분산 관리되고 있는 비용 데이터와 각종 생산성 데이터를 요구되는 시점에서 자동으로 추출 및 변형하여 의사결정 분석가의 정보요구별로 저장하여 통합적으로 관리함으로써 이들 정보에 근거한 신속한 질의 및 분석과 보고서 작성을 지원하는 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템이 구축되어야 한다.

3. 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템의 구조

데이터 웨어하우스 시스템의 구조(architecture)는 개발 목적과 시스템 환경에 따라 다양한 형태로 나타난다. <그림 3>은 조선산업에서의 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템 개발을 위한 시스템 구조이다.

데이터 원천 계층은 일상적인 운영 업무를 지원하기 위한 데이터 저장소로 파일 시스템, 관계형 데이터베이스 시스템, 객체지향 데이터베이스 시스템 등의 운영 데이터 환경을 말한다. 조선산업의 운영계 시스템은 복잡한 제품구조 및 생산공정, 표준화의 어려움, 부문 간 상이한 전산환경 등으로 인하여 타산업에 비하여 데이터 통합이 결여되어 있으며 복잡한 정보구조상에서 대량의 데이터를 관리하고 있다. 특히, 본 논문의 주제영역(subject area)인 비용 및 생산성 데이터는 데이터 중복 및 데이터 무결성 문제를 유발하면서 각 기능별 운영시스템에 분산 저장되어 있다.

데이터 추출/변형 계층은 데이터 원천으로부터 비용 및 생

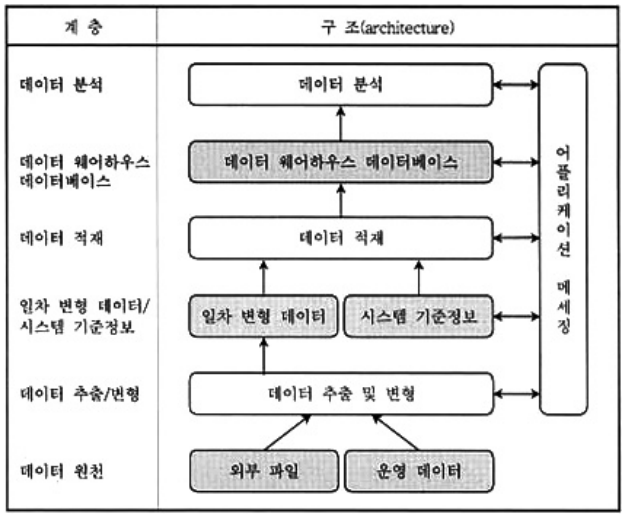


그림 3. 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템의 구조.

그림 4. 데이터 추출을 위한 분류.

산성 데이터를 자동으로 추출하고 업무 코드와 단위를 표준화하여 일차 변형 정보를 생성하는 프로세스를 담당한다. 효과적인 데이터 추출과 변형을 위해서는 데이터 원천 계층의 데이터 모델(data model)과 사용자 요구사항(user requirements)에 대한 체계적인 분석이 선결되어야 한다. 왜냐하면, 데이터 추출과 변형은 사용자가 요구하는 정보분석 단위로 가공하여 데이터 웨어하우스 데이터베이스에 적재하기 위한 중간 과정이기 때문이다. 데이터 추출/변형 계층에서는 매우 복잡한 추출 및 변형규칙(extraction & transformation rule)이 요구된다. 이러한 추출 및 변형 규칙의 복잡함을 다소 해소하고 처리속도를 향상시키기 위하여 <그림 4>와 같이 자재비, 생산공수, 생산성 데이터(중량, 수량, 길이 등), 분석단위 정보(프로젝트, 도면, 장치, 부서, 부위군, 품목 등), 그리고 제품구조 정보(선각 BOM, 의장 BOM, 도장 BOM)를 선각, 의장, 도장부문으로 분류하여 추출 및 변형한 후 일차 변형 데이터 계층에 저장한다.

데이터 추출 방법 중에서 데이터 원천 계층으로부터 직접 데이터를 추출하는 것이 가장 간편하고 일반적인 방법이며, 이는 초기 이행(migration) 과정에서 많이 활용된다. 그러나, 초기 이행 후에는 원천 데이터의 변경 부분만을 추출하여 데이터 웨어하우스에 반영하여야 하는데, 이 경우 데이터 원천 계층으로부터의 직접적인 데이터 추출은 운영계 시스템에 많은 부하를 줄 뿐만 아니라 변경된 부분을 감별해 내기 어렵다는 문제점이 있다. 또한, 비용 및 생산성 데이터를 사용자가 요구하는 분석단위로 제공하기 위해서는 선박 제품이 생산 완료되어야 정확한 데이터를 획득할 수 있으므로 본 논문에서는 선박이 생산 완료되는 시점에서 대량의 데이터를 한번에 추출하는 것을 가정으로 한다.

데이터 원천의 데이터 구조와 데이터 웨어하우스의 데이터 구조가 서로 상이하기 때문에 데이터 변형은 반드시 발생한다. 데이터의 변형의 일반적인 방법은 계산(calculation)을 통하여 데이터 웨어하우스에 필요한 값을 생성하거나, 여러 개의 데이터를 합하거나, 특정 조건을 충족하는 데이터만을 사용하는 것 등 이다. 데이터 변형 과정에서 중요한 부분 중의 하나는 업무 코드의 변형이다. 데이터 웨어하우스는 업무 코드를 중심으로 질의되는 경우가 많으므로 업무 코드가 표준화되어 있어야 하나 조선산업의 운영계 시스템에서 사용하는 업무 코드는 필요에 의하여 만들어진 경우가 대부분이므로 표준화가 미비한 실정이므로 데이터 변형 과정에서 업무 코드를 표준화된 형태로 변형시켜 주어야 한다. 이를 위해서 원천 데이터의 업무 코드와 데이터 웨어하우스의 업무 코드를 대응시킨 표가 필요하다.

일차 변형 데이터 및 시스템 기본정보 계층에서는 데이터 원천 계층으로부터 일차적으로 추출 / 변형된 데이터와 업무 코드 대응표(mapping table)와 같은 시스템 운영에 필요한 기본 정보를 관리하는 데이터베이스 계층이다. 데이터 원천 계층과 데이터 웨어하우스 계층사이에 일차 변형 데이터 계층을 둠으로써 운영계 데이터를 <그림 4>의 분류 항목별로 병렬적으로 추출 및 변형할 수 있을 뿐만 아니라 운영계 시스템에서 데이터가 잘못 처리 입력되어 있을 경우에 분류 항목별로 수정하여 처리할 수 있다는 장점이 있다. 시스템 기본정보 계층은 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템의 운영을 위한 각종 업무 코드와 운영계 시스템에서 관리하지 않는 분석단위 간의 연계 정보를 관리한다. 분석단위 간의 연계 정보의 예로는 선각 구조도와 조립블록 간의 관계, 도장 부위군(face family)과 조립블록 간의 관계 등이다. 이러한 분석단위 간의 연계 정보를 이용하면 조립블록 단위별 비용 데이터와 생산성 데이터를 선각 구조도와 도장 부위군 단위로 집계할 수 있다.

데이터 가공/적재 계층은 일차 변형 데이터와 시스템 기준 정보를 이용하여 사용자가 요구하는 정보 분석단위별로 가공하여 통합적으로 집적된 데이터 웨어하우스를 구축하는 계층이다. 일차 변형 데이터 계층에서는 최하위의 상세 데이터만을 저장하고 있다. 데이터 가공은 일차 변형 데이터를 사용자 정보요구에 기반하여 재구성하고 요약(summarization) 및 집약(aggregation)하는 프로세스이며, 데이터 적재는 가공된 데이터를 최종적으로 데이터 웨어하우스 데이터베이스에 입력하는 프로세스이다.

요약 및 집약 과정은 데이터 웨어하우스 설계상에서 중요하게 취급되는 데이터 구체화 정도(granularity), 즉 단위 데이터가 가지는 상세화 정도 또는 요약 정도와 연관된다. 이는 데이터 웨어하우스가 관리하는 데이터의 크기와 사용자의 예상 질의를 분석하여 정의된다. 데이터 획득 및 적재 주기는 선박이 생산 완료된 이후에 정확한 비용정보를 추출할 수 있어 생산의 완료시점이 주기가 된다. 생산이 진행중인 선박에 대해서는 월 단위로 비용 및 생산성 데이터를 획득 및 적재하여 분석이 가능하나 이는 생산 완료된 이후에 다시 데이터 웨어하우스 환경으로 적재되어야 한다.

데이터 웨어하우스 계층은 데이터 적재의 결과로 형성되며, 사용자의 정보요구를 토대로 최적화된 데이터베이스 계층이다.

데이터 분석 계층에서는 사용자가 요구하는 정보 서비스를 직접적으로 제공하는 계층이다. 이 계층에서는 데이터 웨어하우스 데이터베이스 계층에서 관리되는 데이터를 기반으로 정보 분석단위별 비용 및 생산성 정보를 웹 환경에서 분석하며, 리포팅 기능을 이용하여 각종 보고서를 출력한다.

어플리케이션 메세징 계층은 컴퓨터 네트워크 환경 내에서 정보를 전송하는 역할을 담당하는 계층이다. 이 계층은 웹상에서의 보안을 위해 중요하게 고려되어야 하는 소프트웨어 모듈이다.

4. 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템 분석 및 설계

본 절에서는 대형선박을 제조하는 'H'사를 대상으로 데이터 웨어하우스 시스템의 개발 절차에 따라 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템을 분석 및 설계하고자 한다.

데이터 웨어하우스 시스템 구축을 위한 다양한 방법론이 데이터 웨어하우스 제품 혹은 OLAP(online analytical processing) 툴의 벤더, 시스템통합업체 등에 의해서 제시되고 있으나 이들 대부분이 상위 단계의 절차만을 언급하고 있다. 이는 데이터 웨어하우징이 비, 반구조적 의사결정을 지원하는 시스템을 개발하는 것이기 때문에 방법론의 정형화가 어렵기 때문이다(Park and Hwang, 1999). 비록 데이터 웨어하우징의 정형화된 방법론은 없으나 다음과 같은 몇 가지 기본적인 과업은 필수적이다.

- 운영계 데이터 분석
- 사용자 정보 요구 분석
- 데이터 웨어하우스 설계 : 추출/변형 규칙 정의와 다차원 데이터 모델링(dimensional data modeling)

4.1 운영계 데이터 분석

데이터 웨어하우스는 기업의 전사적 데이터 모델(enterprise data model)에서 정의된 주요한 주제 영역을 기초로 구축된다. 따라서, 시스템 계획 단계에서 시스템 개발 목적, 개발 범위, 개발 기간, 전략적 요구사항 등이 정의되면, 시스템 분석 단계에서는 데이터 웨어하우스의 모델의 주제 영역과 관련된 테이블 및 속성을 파악하기 위해서 역공학(reverse engineering)을 적용하여 운영계 시스템의 데이터베이스를 분석한 후 이를 문서화한다(Ju and Han, 1999).

비용분석 데이터 웨어하우스 시스템 구축에 필요한 데이터를 결정하기 위하여 운영계 시스템에서 관리되는 비용 데이터와 각종 생산성 데이터를 살펴보면 <그림 5>와 같다.

수주관리 시스템에서는 선종(ship type), 선주, 납기일 등의 수주 선박에 대한 기본정보를 관리한다. 제품관리 시스템의 설계 데이터베이스에서(EDB)는 설계부문에서 사용하는 설계 BOM과 도면, 장치, 시스템 등의 분석단위 정보를 관리하며, 생산 데이터베이스(PDB)에서는 생산부문에서 사용하는 제조 BOM을 관리한다. 자재관리 시스템은 상이한 자재특성으로 강재, 의장재, 도장재 시스템으로 구분된다. 각 자재관리 시스템에서는 자재단가와 자재관련 생산성 데이터를 관리한다. 공정계획 시스템에서는 작업지시 및 실적처리의 단위가 되는 단위작업의 표준 예산공수를 제조 BOM상의 품목별로 관리하며, 공정관리 시스템에서 단위작업별 실적 물량과 실적공수를 관리한다. 표준 예산 공수는 생산 실적이 제조 BOM상의 품목별로 발생되지 않을 경우에 생산 실적물량과 실적공수를 품목별로 분개하는데 사용된다.

비용분석 데이터 웨어하우스 시스템에서 제공하는 분석정보는 화면 또는 문서 형식으로 관련부서에 배포되며, 해당부

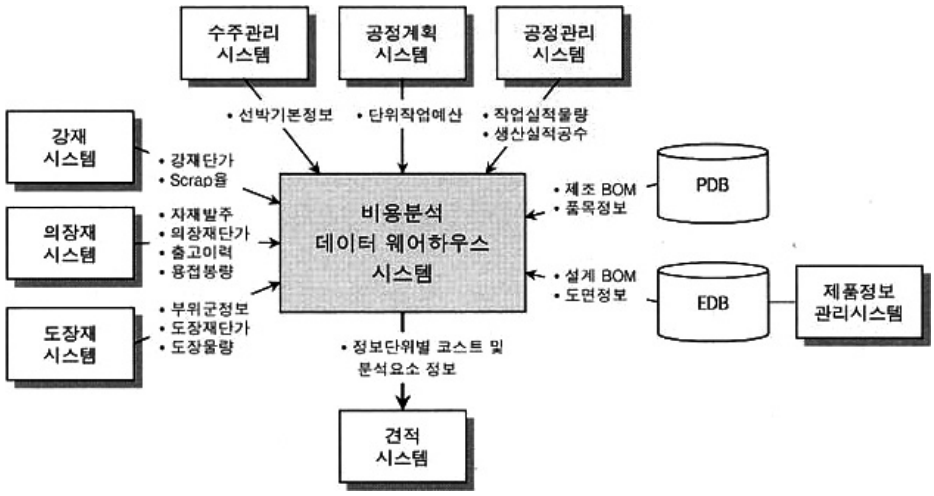


그림 5. 운영계 시스템과의 정보흐름.

서에서 결과를 해석하여 개선점을 도출한 다음 향후 유사한 선박에 개선점이 반영되는 것을 지원한다. 특히, 분석단위별 비용 및 생산성 정보는 견적 시스템에서 유사 선박에 대한 정확하고 신속한 견적 업무를 지원하는 데 사용된다.

4.2 사용자 정보 요구 분석

운영계 시스템에 대한 분석이 완료되면 데이터 웨어하우스에서 관리할 데이터 요구사항에 대한 명확한 이해를 획득하기 위하여 사용자의 질의를 분석한다.

사용자가 요구하는 현존 또는 미래에 예상되는 모든 질의를 분석하기 위하여 현재 기업에서 사용하는 보고서와 그 세부사항을 분석하고 사용자와의 면담(interview)을 통해서 데이터 웨어하우스에서 제공해야 하는 화면(screen)과 출력물(report)을 설계하는 방법을 사용하였다. <표 2>는 각 부문에서 요구하는 분석단위별로 분석항목을 정리한 것이다.

4.3 데이터 웨어하우스 설계

데이터 웨어하우스 설계 단계에서는 운영계 시스템 분석과 사용자 요구사항을 이용해서 운영계 시스템과의 인터페이스 설계와 데이터 웨어하우스 자체의 논리적이고 물리적인 설계를 수행하는 단계이다.

4.3.1 운영계 시스템과의 인터페이스 설계

운영계 시스템과의 인터페이스 설계는 제안된 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템의 구조에서 데이터 추출/변형 계층에 대한 설계이다. 생산성 데이터의 대부분은 설계 BOM과 제조 BOM에서 관리되는 것이므로 자재비와 생산공수에 대한 추출 및 변형 과정을 중심으로 기술하고자 한다. 분석단위별로 자재비와 생산공수를 집계하기 위해서 자재관리 시스템의 자재구매 실적 데이터와 공정관리 시스템의 생산 실적 데이터를 추출하고 필요하다면 이들 데이터를 계산 또는 특정 규칙에 따라 분개하여 변형하여야 한다.

자재비는 실제 생산에 사용된 자재 물량(중량, 수량)에 EA, SET, BOX, KG 등의 자재 단위당 단가를 곱하여 자재비용을 산출한다. 선각부문은 제품구조상에서 하위에 위치한 선각부재별 자재비가 산출한 다음 BOM의 품목간의 모자관계(parent-child relationships)를 이용하여 조립블록, 대구획 등의 제품구조상에서 상위에 위치한 품목의 자재비를 산출한다. 선각부재별 강재비용은 강판을 절단하고 남은 부위, 즉 스크랩(scrap)을 고려하므로 실적물량, 스크랩률, 그리고 강재 재질별 톤당 단가를 곱하여 산출한다.

의장부문의 의장품목 생산에 소요된 자재비 산출 방법은 다

표 2. 부문별 분석단위와 분석항목

부 문	분석 단위	비용 및 생산성 분석 요소
선각	• 선종, 프로젝트, 대구획, 구조도면, 조립블록, 선각부재	• 자재비, 생산공수, 중량, 수량, 강종/재질, 크기, 용접장, 취붓장, 절단장, 성형 부재수, Scrap율, 용접봉량, 용접자세, 외주 물량 등
의장	• 선종, 프로젝트, 장치, 시스템, 부서, 배치도면, 대구획, 구역, 의장품	• 자재비, 생산공수, 중량, 수량(Pipe Piece 수, Elbow 수 외), 재질, 직경, 규격, 길이(Cable 길이, Pipe Piece 길이 외), 선행율, 조정관율 등
도장	• 선종, 프로젝트, 부위(face)군, 조립블록, 조립블록별 부위	• 자재비, 생산공수, 도장물량(이론물량, 실적물량), 손실율, 외주물량 등

음과 같다. 특정 프로젝트에만 사용되는 의장 설치품, 의장 제작품, 그리고 주문자재는 자재발주 정보의 발주금액을 이용하여 자재비를 산출하며. 공용자재는 출고이력 정보의 출고단가와 출고량을 이용하여 자재가 사용된 선박 구성품(조립블록, 구역 등)의 중량 비율로 배분하여 자재비를 산출한다. 제품구조상에서 조립블록 이상의 선박 구성품이 사외 하청업체에서 제작되어 입고되는 경우에 이의 하위 품목에 대한 자재비는 발주금액을 품목의 중량 비율로 배분하여 산출한다. 의장품목별 자재비가 산출되면 선각부문과 같이 BOM의 모자관계를 이용하여 제품구조의 상위에 위치한 품목의 자재비를 산출한다. 제조 BOM에서는 의장품목에 대한 배치도면번호, 장치번호 등을 속성으로 관리한다. 그리므로 제조 BOM의 속성을 이용하면 도면, 장치 등의 분석단위별로 자재비를 집계할 수 있다.

생산공수는 공정관리시스템에서 관리하는 제품구조상의 품목 생산에 소요되는 단위작업별 생산 실적으로부터 산출한다. 선각공수는 선각부재 단위별로 실적공수가 발생되지 않으므로 조립블록을 기준으로 조립블록 생산에 필요한 모든 단위공사의 실적공수를 합하여 조립블록 하위의 선각공수를 산출하고, 조립블록 상위의 구성품(예 : 탑재블록, 대구획 등) 생산에서 발생한 실적공수는 조립블록의 중량 기준으로 각 조립블록에 배분시켜서 조립블록 상위의 선각공수를 산출한다. 조립블록별 생산에 소요되는 선각공수는 조립블록 상/하위 선각공수의 합이다. 이를 이용하면 구조도 또는 대구획별 선각공수를 쉽게 산출할 수 있다. 예를 들어 대구획별 선각공수는 제조 BOM에서 대구획의 하위품목으로 관리되는 조립블록별 선각공수의 합이 된다.

의장공수는 제조 BOM상의 의장 품목코드와 단위공사 코드를 조인(join)시켜 의장품목별로 생산공수를 산출한다. 그러나, 일부 의장품목은 단위공사와의 관계가 다대다(many to many) 관계를 가지고 있어 생산 실적공수가 의장품목별로 발생되지 않는다. 이러한 이유로 공정계획 시스템에서 관리하는 의장품목별 단위공사별 표준 예산공수를 이용하여 생산 실적공수를 의장 품목별로 분개하여 의장품목별 생산공수를 산출한다.

도장공수는 조립블록별로 작업이 수행되는 블록 청소 및 블록 도장과 선박제품 전체를 대상으로 이루어지는 전처리 및 후행 도장으로 구분하여 산출한다. 부위(face)별과 조립블록별 도장공수를 산출하기 위해서는 먼저 조립블록별 부위별 도장공수를 산출하여야 한다. 공정관리 시스템에서 조립블록별로 발생하는 실적공수를 조립블록의 부위별 면적을 기준으로 실적공수를 배분하여 조립블록별 부위별 도장공수를 산출한다. 선박 제품 전체에 대한 전처리 및 후행 도장의 실적공수는 부위별 면적을 이용하여 부위별로 배분한다. 부위별 도장공수는 조립블록별 부위별 실적공수와 전처리 및 후행 도장의 부위별 공수를 합하여 산출한다.

4.3.2 자체 데이터 웨어하우스 설계

자체 데이터 웨어하우스 설계 단계에서는 추출 및 변형된 정보를 대상으로 사용자의 다양한 분석 및 질의 요구를 만족시키기 위하여 데이터의 구체화 정도를 고려하여 다차원 데이터 모델링을 수행한다.

다차원 데이터 모델은 사실(fact) 테이블과 차원(dimension) 테이블의 스타 조인(star-join)으로 결정된다. 사실 테이블에는 비즈니스 프로세스의 성능 정보가 포함되며, 차원 테이블에는 사실 테이블에 있는 정보에 대한 사용자의 관점이 표현된다. 사실 테이블에는 외래키(foreign key)가 있어서 주변의 차원 테이블을 참조할 수 있다. 이러한 스타 조인 형태의 데이터 모델은 데이터의 과거의 대용량 데이터를 관리하면서 거의 갱신되지 않는 의사결정지원 시스템에 적합한 데이터 구조이다 (Kimball, 1996).

비즈니스 프로세스의 성능 평가 정보인 자재비, 생산공수, 그리고 각종 생산성 데이터는 사실 테이블의 사실 컬럼(fact column)이 되며, 장치, 시스템, 부서, 도면, 제품 구성품 등의 사용자 정보 분석단위는 차원 테이블이 된다.

<그림 6>에서 표현된 것과 같이 선각부문의 사실 테이블은

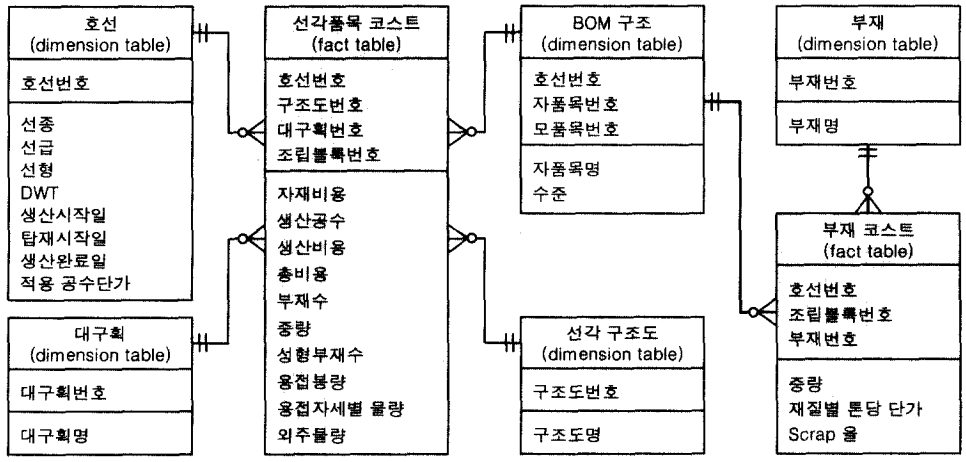


그림 6. 선각부문의 다차원 데이터 모델.

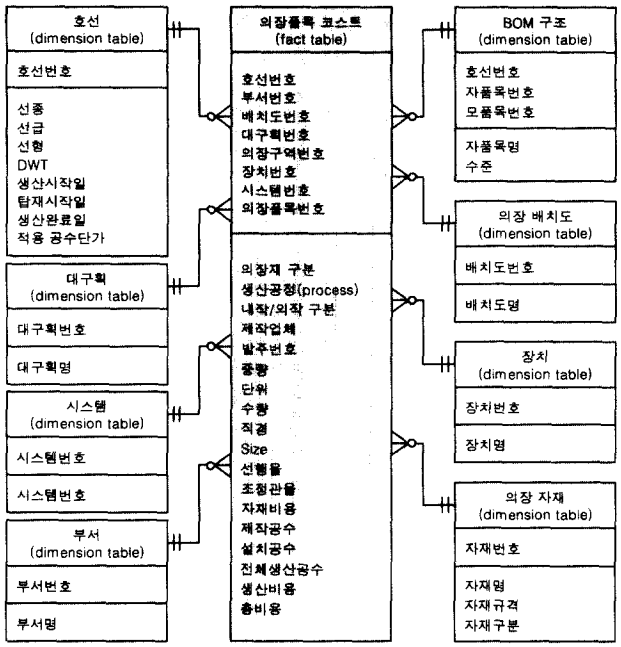


그림 7. 의장부문의 다차원 데이터 모델.

선각 품목 코스트와 부재 코스트이며, 다차원적인 요약 및 분석 기능을 제공하는 차원 테이블로는 호선(프로젝트), 대구획, BOM 구조, 부재 등이다. 사실 테이블에는 차원 테이블의 주키(primary key)를 외래키로 갖기 때문에 사용자에게 다양한 형태로 요구정보를 제공할 수 있다.

<그림 7>은 의장부문의 다차원 데이터 모델로 의장품목 코스트를 중심으로 사용자의 분석관점을 의미하는 다수의 차원 테이블이 존재한다. 의장부문과 같이 다수의 차원 테이블이 존재하는 경우에는 데이터 처리 속도가 느릴 수 있으므로 하나의 사실 테이블에 하나의 차원 테이블을 두는 방식으로 요약 테이블을 만들어 관리할 수 있다.

차원 테이블은 사실테이블에 대한 사용자의 분석 관점 즉, 분석단위이기 때문에 계층적인 구조를 가진다. <그림 8>은 각 부문별 차원 테이블의 계층적인 구조를 표현한 것이다. 이들 계층구조에 대한 정보는 BOM 구조와 시스템 기준정보에서 관리된다. 이러한 차원 테이블의 계층적인 구조는 데이터 웨어하우스의 핵심적인 기능인 Drill-down과 Drill-up 기능을 지원한다.

차원 테이블의 계층구조에서 상위의 선종과 프로젝트(호선)에 대해서는 사용자가 선종 또는 호선별 정보를 질의할 때 데이터 조회 속도를 향상시키기 위하여 선각, 의장, 도장부문별 정보를 요약 및 집약한 사실 테이블이 필요하다. <그림 9>는 선종 및 호선별 요약 테이블이다.

5. 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템 구현

데이터 웨어하우스 시스템의 구현 단계에서는 설계 단계의 산

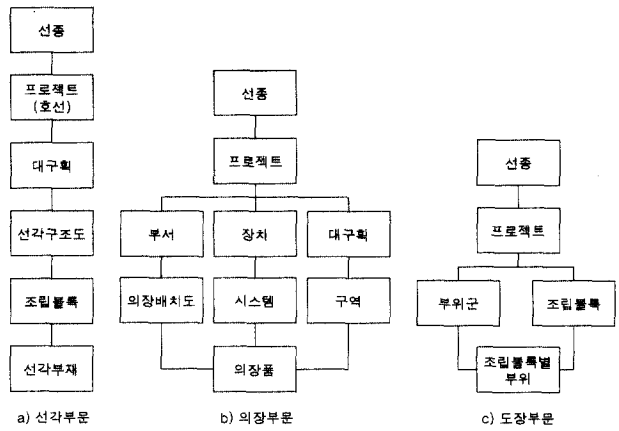


그림 8. 부문별 차원 테이블의 계층구조.

호선 코스트 (fact table)	선종 코스트 (fact table)
호선번호	선종코드 선형코드
선박 총중량 선각 중량 의장품 중량 도장물량 외주물량 조립블록 수 부재수 Pipe Piece 수 Elbow 수 DWT(dead weight) 공정별 조정관 수 공정별 고정관 수 선행율 자재비 생산비용 총비용	평균 총중량 평균 선각 중량 평균 의장 중량 평균 도장 물량 평균 외주 물량 평균 선행율 평균 조립블록 수 평균 부재 수 평균 Pipe Piece 수 평균 Elbow 수 평균 고정관 수 평균 조정관 수 평균 자재비 평균 생산비용 평균 총비용

그림 9. 선종 및 호선별 요약 테이블.

출물을 이용하여 물리적 데이터베이스 스키마(schema)를 생성시키고, 운영계 데이터를 데이터 웨어하우스 형식으로 변환하는 프로그램과 사용자의 요구 정보를 제공하기 위한 프로그램을 개발하는 단계이다.

시스템 구현환경은 3-tier 기반의 웹 환경에서 구현도구로는 HTML, Oracle의 Pro*C, Java를 이용하였으며, 데이터베이스는 Oracle 8.0.5를 사용하였고, 웹 서버로는 Oracle Application Server(OAS) 4.0을 사용하였으며, 미들웨어(middle ware)는 Shadow Direct를 사용하여 구현하였다. <그림 10>은 시스템의 구현 환경을 표현한 것이다.

비용분석 데이터 웨어하우스 시스템은 크게 기초자료 관리(시스템 기준정보 관리) 모듈, 데이터 추출/변형(코스트 집계) 모듈, 데이터 가공/적재 모듈, 그리고 데이터 분석 모듈의 네 부분으로 구성되어 있다. 각 모듈의 기능을 구현된 화면으로

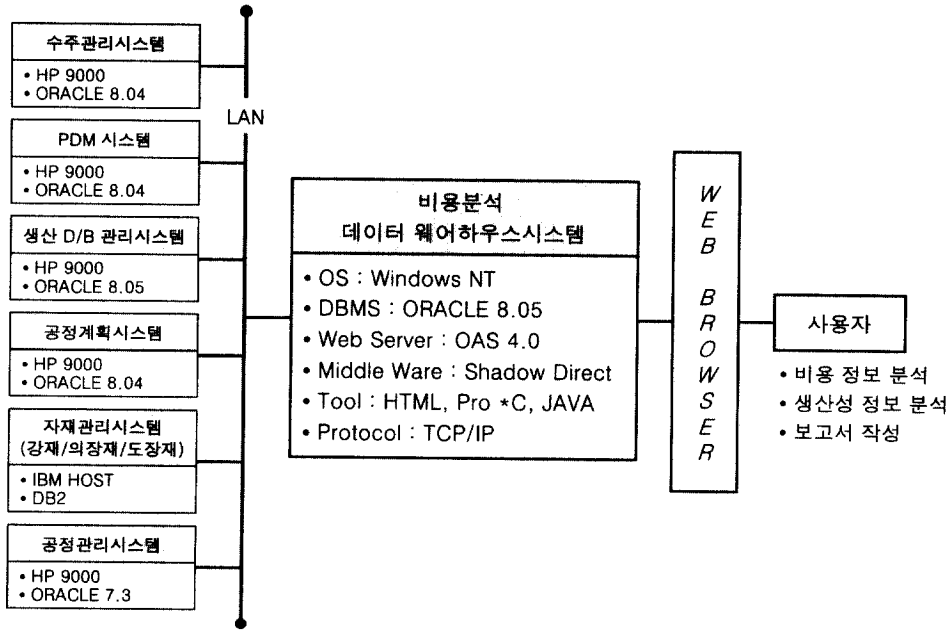


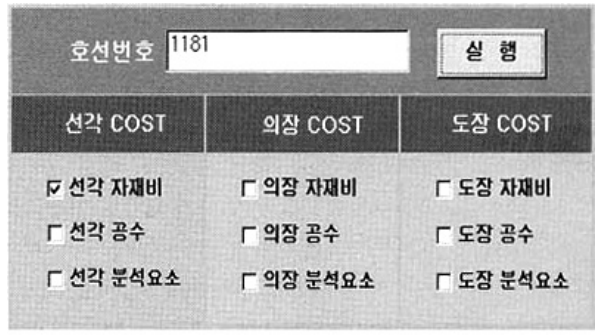
그림 10. 시스템 구현 환경.

살펴보면 다음과 같다.

시스템 운영에 필요한 기준정보를 관리하는 기초자료 관리 모듈은 데이터 추출/변형 과정에 필요한 데이터 원천의 업무 코드와 데이터 웨어하우스의 업무 코드를 대응시킨 대응표을 관리하는 부분으로 1) 수주한 선박 제품의 기초 정보, 2) 장치, 시스템, 부서 등의 분석단위에 대한 업무 코드 정보, 3) 선각 구조도와 조립블록 간의 관계, 대표부위와 조립블록별 부위 간의 관계 등과 같이 운영계 시스템에서 추출할 수 없는 분석단위 간의 관계 정보, 4) 운영계 시스템에서 코드 또는 단위가 불일치 되는 정보들을 관리한다. <그림 11>은 수주관리 시스템에서 관리하는 선종 코드와 도장재 시스템에서 관리하는 선종 코드간의 관계를 관리하는 화면이다.

운영계를 데이터를 추출/변형하여 일차 변형 데이터를 생성하는 데이터 추출/변형 모듈은 자재비, 생산공수, 그리고 생산성 데이터를 선각, 의장, 도장부문으로 나누어서 처리한다. 이

그림 11. 시스템 기초자료 관리화면.



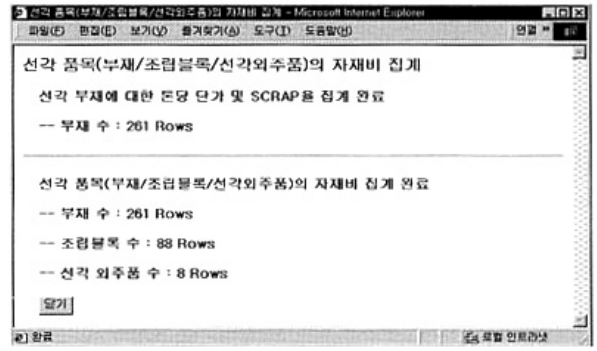


그림 12. 데이터 추출/변형 관리화면.

들 각각은 개별 처리와 동시 처리 모두가 가능하다. <그림 12>는 데이터 추출/변형에 대한 관리화면과 선각 자재비를 추출/변형한 결과를 보여주는 화면이다.

데이터 가공/적재 모듈은 적재하고자 하는 호선을 지정하면 일차적으로 추출/변형된 데이터와 시스템 기초자료를 이용하여 사용자 질의 요구에 맞게 재구성하여 데이터 웨어하우스 데이터베이스에 자동으로 적재하는 기능을 담당한다.

그림 13. 선각부문의 조립블록별 비용 분석화면.

데이터 분석 모듈은 적재된 정보를 이용하여 사용자에게 다양한 분석 정보 및 리포팅 기능을 제공하는 모듈이다. 데이터 분석 모듈은 각 부서별로 중점적으로 분석하고자 하는 분석단위와 항목이 상이하여 선각, 의장, 도장, 견적부문으로 구분된 다음 계층적으로 부문에 소속된 부서별로 메뉴(menu)가 구성되어 있다. <그림 13>은 선각부문의 조립블록 단위로 집계된 비용정보(자재비, 생산공수)와 생산성 분석정보(절단장, 용접장, 취부장, 성형부재수 등)를 검색하는 화면이다. <그림 13>의 블록번호를 선택하면 Drill-down 기능으로 조립블록별 상세정보를 검색할 수 있다.

<그림 14>는 의장부문의 배치도면별로 투입된 자재비, 생산공수, 철의장품 중량, Elbow 수 등을 검색하는 화면이다. 선각부문과 동일하게 배치도면번호를 선택하면 배치도면에 소속된 의장품에 대한 상세정보를 검색할 수 있다. <그림 15>는 설계 운영부서에서 사용하는 화면으로 선종/선형별로 각 생산연도에 투입된 평균 Pipe Piece 물량을 그래프 형태로 조회할 수 있는 화면이다.

6. 결 론

본 연구에서는 조선산업을 대상으로 각 기능별 운영시스템에서 개별적으로 관리되고 있는 비용 데이터와 각종 생산성 데이터를 자동으로 집계하여 사용자의 분석단위별로 적재하여 통합적으로 관리함으로써 이들 정보에 대한 신속한 분석과 보고서 작성을 지원하는 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템에

그림 14. 의장부문의 배치도면별 비용 분석화면.

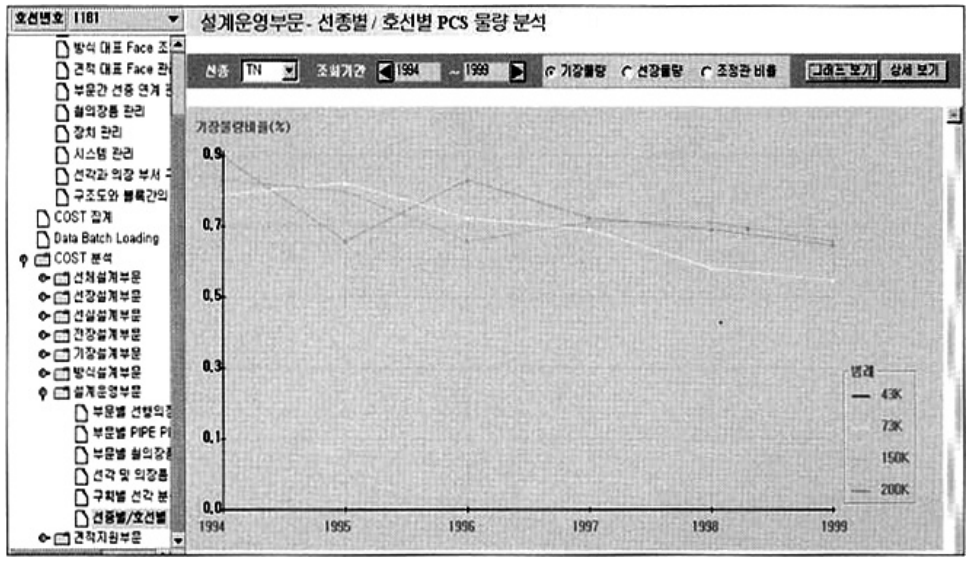


그림 15. 선종별 Pipe Piece 물량 분석화면.

관한 연구를 하였다.

본 논문에서 제안하는 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템을 통해서 기대할 수 있는 정성적인 효과는 1) 비용 데이터와 생산성 데이터에 대한 ETT(extraction, transformation, transportation) 기능의 자동화로 데이터 수집 및 분석 비용 감소, 2) 비용 데이터와 각종 생산성 데이터의 체계적인 통합관리로 의사결정 품질 개선, 3) 설계부문 및 생산부문의 표준화와 생산성 향상을 위한 축적된 비용 및 생산성 분석정보 제공, 4) 이상적인 제품 및 공정설계(product and process development) 지원, 5) 신속한 견적 정보 제공을 통한 수주 기회 증대 6) 경영성과 지표 제공으로 성과관리 가능 7) 데이터 웨어하우스를 통해 생성되는 전략적 정보를 통해 기업의 비즈니스 방향 조정과 새로운 비즈니스 기회 창출 가능 등이다.

비용분석 데이터 웨어하우스 시스템이 성공적으로 구축되기 위해서는 프로젝트 개발팀의 철저한 사전계획과 명확한 구축 목적, 그리고 사용자 요구사항에 대한 정확한 이해가 무엇보다도 중요하다. 이와 더불어 ETT 기능의 자동화가 필요하다. 데이터 웨어하우스를 구축하면서 데이터 활용에는 많은 관심을 기울이지만 ETT의 중요성을 간과하는 경우가 많다. 그러나 ETT가 효과적으로 수행되지 않는다면 데이터 웨어하우스의 품질을 보장할 수 없으며 데이터 웨어하우스에 대한 신뢰가 떨어져 사장되기 쉽다. 또한, ETT는 데이터 웨어하우스 구축 과정에서 가장 많은 시간과 노력이 소요되며, 데이터 웨어하우스 운용 과정에서도 중요한 역할을 수행하므로 ETT 기능에 대한 정확한 이해 및 적용을 통한 이의 자동화가 필요하다.

본 연구에서 제시하는 데이터 웨어하우스 시스템은 데이터 마이닝(data mining) 기술을 적용하지 않아 원인분석(cause analysis), 가정분석(what-if-analysis) 등의 분석 중심의 시스템이라기 보다는 도면, 부서, 제품구조상의 구성품 등의 사용자 정보요구 단위별 질의와 장표처리(보고서 작성) 중심의 시스템이지만 데이터 웨어하우스를 기술이 상대적으로 미비하게 적용되어온 조선산업과 같은 복잡한 산업에 적용하였다는 것에 그 의미를 부여할 수 있을 것이다.

향후 연구과제는 각종 분석단위별로 요약/집약된 비용 및 생산성 정보를 성능 척도(performance measure)로 하여 제품개발 단계에서 제품과 공정 간의 상호관계를 분석함으로써 제품 및 공정설계를 동시에 개선시키는 동시공학 실현을 위한 실질적인 접근방법인 Design for X(Huang, *et al.*, 1997) 도구를 개발하는 것이다. 다른 하나의 향후 연구과제는 비용분석 데이터 웨어하우스에서 생성되는 정보는 재무적 관점과 내부 프로세스 관점의 핵심성과지표(KPI : key performance index)로 사용될 수 있으므로 비용분석 데이터 웨어하우스를 기반으로 하는 전략적 의사결정을 지원하는 전략적 기업경영(SEM : strategic enterprise management)의 핵심 구성시스템인 균형성과관리(BSC : balanced scorecard) 시스템을 개발하는 것이다.

참고문헌

Brodda, J. (1991), Shipyard Modeling—An Approach to a Comprehensive Understanding of Functions and Activities, *Journal of Ship Production*, 7(2), 79-93.

Hatchuel, A., Saidi-Kabeche, D. and Sardas, J. C. (1997), Towards a New Planning and Scheduling Approach for Multistage Production Systems, *International Journal of Production Research*, 35(3), 867-886.

Huang, G. Q. and Mak, K. L. (1997), The DFX Shell: A Generic Framework for Developing Design for X Tools, *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, 13(3), 271-280.

Hwang, S. R.(1999), *Unification of BOM and Routings for CIM systems in Hybrid MTO/ETO Environments*, Ph. D. Dissertation, University of Ulsan.

Inman, W. H. (1996), *Building the Data Warehouse*, 2nd Edition, John Willy and Sons.

Ju, H. J. and Han, G. J.(1999), A Study on the Implementation Method of Data

Warehouse using CASE Tool, *Journal of Korean Institute of Office Automation*, 1(1), 119-130.

Kimball, R. (1996), *Data Warehouse Toolkit*, John Willy & Sons.

Oracle (1997), *Data Warehousing Concept Paper*, Oracle Korea.

Park, D. J. and Hwang, I. K.(1999), A Study on the Design of Data Mart for Manufacturing Decision Making, *Journal of Korean Institute of Plant Engineering*, 4(1), 35-47, March.

Peng, T. K. and Trappey, A. J. C. (1998), Step Toward STEP－Compatible Engineering Data Management : The Data Models of Product Structure and Engineering Change, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 14(2), 89-109.

Yankee Group (1998), Data Marts for Users of ERP Solutions, *Enterprise Application Report*, 3(1), Feb.

Wade, M., Koenig, P. C. and Karaszewski, Z. J. *et al.* (1997), Mid-Term Seallift Technology Development Profram: Design for Production R&D for Seallift Ship Applications, *Journal Ship Production*, 13(1), 57-73.

황 성 룡
울산대학교 산업공학 학사
울산대학교 산업공학 석사
울산대학교 산업공학 박사
현재: 신한기계 부설연구소 연구원
관심분야: Enterprise Modeling/Integration, PDM, ERP, CIM, DW, CALS/EC 등

김 재 균
인하대학교 산업공학 학사
한국과학기술원 산업공학 석사
한국과학기술원 경영과학 박사
현재: 울산대학교 산업정보경영공학부 교수
관심분야: CIM, PDM, DB응용, WEB Application, 통신망설계 등

장 길 상
울산대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학 석사
한국과학기술원 경영정보공학 박사
현재: 동국대학교 정보산업학과 교수
관심분야: 데이터베이스, 정보공학, ERP, EC, DW, 생산시스템 등