

## 교통정보 이력자료 분석을 위한 통합 교통 데이터베이스의 설계 및 구축과 자료처리 이용자 인터페이스

이윤경\*<sup>0</sup>, 이민수\*, 남궁성\*\*

\*이화여자대학교 컴퓨터정보통신학과

\*\*한국도로공사 도로교통기술원 교통연구그룹

narouge@ewhain.net, mlee@ewha.ac.kr, jake@ex.co.kr

## User Interface of Data Processing, Design and Construction Techniques of Traffic Database Supporting Archived data

Yoonkyung Lee\*<sup>0</sup>, Minsoo Lee\*, Sung Namgung\*

\*Dept. of Computer Science, Ewha Womans University

\*\*Korea Expressway Corporation and Transportation Technology

### 요 약

분산되어 있는 여러 운영계 시스템에서 대용량의 교통자료를 가져와 교통정보 이력자료를 분석할 수 있는 단일 통합 교통 데이터베이스를 구축한다. 품질 평가, 오류 판단, 결측보정과 평활화 등의 자료처리 과정을 거친 교통자료는 자료의 신뢰도를 판단하고 활용도를 높일 수 있게 해주며 이용자에게 고속도로 통행료 수납자료, 고속도로 전자통행료 수납자료, 차량검지장치자료, 도로전광표지자료, 돌발상황자료, 기상자료, 차량번호인식장치자료 등에 대한 검색 및 자료 처리 기능을 제공한다.

### 1. 서 론

교통자료에 대한 연구는 오랜 기간의 교통자료를 필요로 하는데 한국도로공사에서 운영하는 고속도로 교통관리 시스템(FTMS)과 우회도로 교통정보 시스템(ARTIS)에서 수집되고 있는 대부분의 교통자료는 차량검지장치에서 수집되는 속도, 교통량, 점유율 자료로써 현재의 운영계 시스템은 실시간 교통정보를 제공하는데 필요한 최소한의 교통자료를 저장하고 있어서 교통 자료의 연구 환경으로는 적합하지 않다. 그리고 각 교통자료에 대한 수집과 저장이 관리 주체에 따라 여러 곳에서 이루어지고 있어서 분산된 교통자료에 대한 분석을 수행하는 환경을 제공하기 위해 통합 교통정보 이력자료 관리 시스템인 통합 교통 데이터베이스의 설계 및 구축이 필요하다. 통합 교통 데이터베이스는 이용자의 요구를 반영할 수 있도록 이용자가 원하는 알고리즘과 파라미터를 사용하여 차량검지장치 자료에 대한 자료 처리 기능을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로 한국도로공사의 운영계 시스템인 고속도로 교통관리 시스템, 우회도로 교통정보 시스템에 대해 소개하고, 3장에서는 통합 교통 데이터베이스의 구조를 살펴보고 이용자 요구 사항을 분석한다. 그리고 4장과 5장에서는 통합 교통 데이터베이스의 설계와 구축에 대하여 기술한다. 6장에서는 자료처리 이용자

인터페이스에 대해 설명하고 7장에서는 결론을 제시한다.

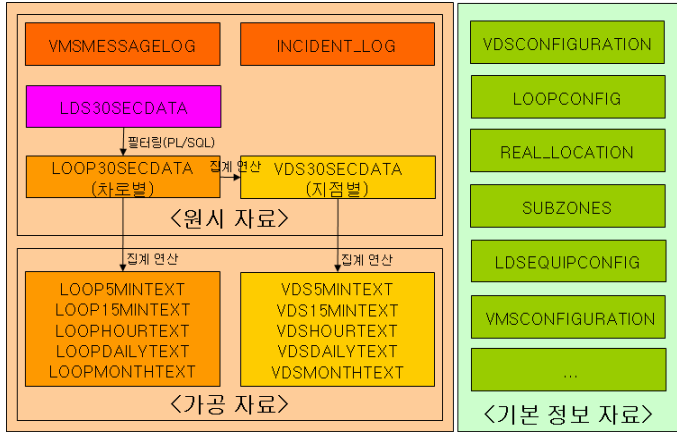
### 2. 관련 연구

#### 2.1 고속도로 교통관리시스템(FTMS)

한국도로공사의 고속도로 교통관리시스템(FTMS: Freeway Traffic Management System)은 이용객에게 고속도로 이용 전 또는 이용 중에 실시간 교통정보를 제공함으로써 교통수요를 시·공간적으로 분산, 유도하여 고속도로 소통 효율을 향상시키는 시스템이다.

고속도로 교통관리시스템의 테이블은 크게 원시 자료와 가공 자료, 기본 정보 자료로 이루어져 있다. 원시 자료는 차량 검지기로부터 수집한 속도, 교통량, 점유율, 속도 자료와 도로의 교통 상황을 나타내는 정체나 사고 자료로 나눌 수 있다. 차량 검지기로부터 수집한 자료를 저장하는 테이블에는 먼저 30초마다 차량 검지기에서 수집한 자료를 저장하는 LDS30SECDATA 테이블과 차량 검지기 자료를 필터링한 차로별 자료를 저장하는 LOOP30SECDATA 테이블, 그리고 차로별 자료를 집계한 지점별 자료를 저장하는 VDS30SECDATA 테이블이 있다. 그리고 도로의 교통상황을 나타내는 테이블에는 도로 전광 표지판의 메시지를 기록하는 VSMMESSAGELOG 테이블과 사고 관련 내용을 담고 있는 INCIDENTLOG

테이블이 있다. 가공자료는 원시 자료 중에서 30초마다 수집한 차로별 자료와 지정별 자료를 5분, 15분, 1시간, 1일, 1개월로 집계한 통계 자료가 있다. 기본 정보 자료는 교통 정보 제공이나 교통정보 수집을 수행하는 장비에 대한 자료를 저장하는 테이블이 대부분이다.



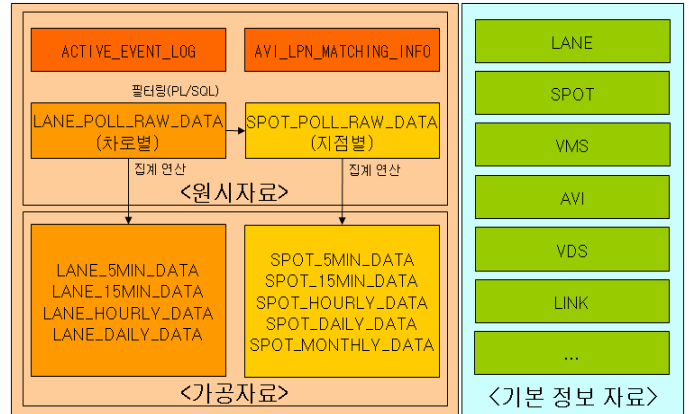
(그림 1) 고속도로 교통관리시스템의 자료별 테이블 분류

### 2.2 우회도로 교통정보시스템 (ARTIS)

한국도로공사의 우회도로 교통정보시스템 (ARTIS: Alternative Route Traffic Information System)은 첨단 기술을 교통체계의 구성요소에 적용하여 실시간으로 교통정보를 수집·관리·제공함으로써, 교통 시설의 이용 효율을 극대화하고, 교통 이용 편의와 교통 안전을 제고하고, 에너지를 절감하는 환경 친화적인 교통체계를 구현하는 21세기형 교통체계이다.

우회도로 교통 정보 시스템의 테이블은 크게 원시 자료를 가공한 가공 자료와 기본 정보 자료로 이루어져 있다. 원시 자료를 가공한 가공 자료는 30초마다 차량 검지기로부터 수집한 원시 자료를 필터링한 자료로써 차로별 자료인 LANE\_POLL\_RAW\_DATA와 지정별 자료인 SPOT\_POLL\_RAW\_DATA가 있다.

LANE\_POLL\_RAW\_DATA를 5분, 15분, 1시간, 1일별로 집계한 통계 자료가 있고 SPOT\_POLL\_RAW\_DATA를 5분, 15분, 1시간, 1일, 1개월 별로 집계한 통계 자료가 있다. 이렇게 수집되고 가공된 교통 자료를 자료 처리와 분석 과정을 통하여 이용자에게 교통 정보를 제공하게 되는데 이 때 사용되는 관련된 정보들을 가지고 있는 자료가 기본 정보 자료이다.



(그림 2)우회도로 교통 정보 시스템의 자료별 분류

### 3. 통합 교통 데이터베이스

#### 3.1 구조

통합 교통 데이터베이스는 여러 운영계 시스템과 외부 시스템으로부터 얻은 교통 자료를 추출, 변환, 적재하여 원시 테이블, 차원 테이블, 기타 테이블에 저장한다. 차원 테이블은 시간 테이블과 공간 테이블로 구성되며, 원시 테이블 자료를 가공한 결과는 가공 테이블에, 가공 테이블 자료를 집계한 결과는 집계 테이블에 저장된다.

이러한 과정을 거쳐 차원 테이블과 사실 테이블은 스타 스키마 구조를 형성한다.

통합 교통 데이터베이스는 위 그림과 같은 구조를 가짐으로써 실시간 교통정보 이력자료를 체계적으로 관리하여 이용자가 보다 간편하고 쉽게 자료를 검색하고 이를 기반으로 자료의 활용 영역을 넓힐 수 있는 교통정보 이력자료 이용자 서비스를 제공한다.



(그림 3) 통합 교통 데이터베이스의 구조

#### 3.2 이용자 요구사항 분석

자료저장기능, 자료분석기능, 자료보고기능, 시공간 분석기능 크게 4가지로 구분하고 각 기능별 요구사항을 정리하면 다음과 같다.

<표 1> 통합 교통 데이터베이스의 사용자 요구사항 분석

기능	요구사항
자료 저장	자료의 quality 및 error 내용 확인 가능 다양한 자료 수집원에서 자료수집 (VDS, AVI, CCTV, TCS, Hi-Pass, VMS, 기상자료 등) 자료의 Quality 및 error 분석을 위한 계량화된 지표 제공 자료의 필터링, 보정, 집계, 요약화 기능
자료 분석	이용자의 요구에 따른 자료 분석이 가능한 인터페이스 제공 자료융합, 재생산 가능
자료 보고	이용자의 요구에 따른 다양한 자료형식으로 추출 가능 원하는 자료를 선택하여 추출가능 (구간/시간) 다양한 형태의 자료 시각화를 통한 이해도 증진
시공간 분석	시간조건, 공간 조건에 대한 편리한 인터페이스 제공 시공간 분석 질의 결과에 대한 도표 및 그래프 제공 이력자료에 대한 시간별 추이 표현 방법 제공 이력자료 추이와 공간 정보 시각화의 매핑 방법 제공

#### 4. 통합 교통 데이터베이스 설계

##### 4.1 통합 데이터 모델링

통합 데이터 모델은 크게 원시 데이터와 원시 데이터를 처리한 가공 데이터로 구성된다. 원시 데이터는 소스 시스템으로부터 FTMS, ARTIS, AVI, TCS, 돌발상황, HI-PASS, VMS, 기상정보와 같은 8개 자료를 교통정보 이력자료 관리 시스템(OASIS)으로 가져온 것이다. 이러한 원시 데이터를 자료 처리 하여 가공 데이터를 생성하고 이를 이용하여 교통정보 이력자료 사용자 서비스를 제공한다.

##### 4.2 시간 정보 모델링

모든 교통정보 이력자료는 시간적 속성을 가지고 있기 때문에 시간 속성을 충분히 표현할 수 있는 형태로 설계해야 한다. 차량검지기 자료의 시간 속성에 대한 최소 단위가 30초이므로 시간 정보 테이블의 시간 자료의 최소 단위를 30초로 하였고 년, 월, 일, 시, 분, 초 외에도 교통정보 이력자료의 분석에 필요한 의미 있는 시간 속성이 1년 중 몇 번째 일, 1개월 중 몇 번째 주, 1년 중 몇 번째 주, 공휴일과 같은 추가적인 시간 속성도 가지도록 설계하였다.

##### 4.3 공간 정보 모델링

공간 정보 테이블은 교통속성이 수집되는 도로의 개념에 따라 차로 정보 테이블, 지정 정보 테이블, 구간 정보 테이블, 노선 정보 테이블의 4종류로 구성되어 있다. 고속도로 공간 정보 테이블은 차로, 지정, 구간,

노선 순서로 계층 구조를 이루고 있으며, 우회도로 공간 정보 테이블은 도로의 특성에 의해 차로, 지정, 노선의 순서와 차로, 지정, 구간의 순서로 두 가지 계층 구조를 이루고 있다. 이러한 계층 구조는 나중에 공간 속성에 대한 집계 테이블을 생성하는 데에도 영향을 끼치므로 정확하게 설계에 반영되어야 한다.

#### 5. 통합 교통 데이터베이스 구축

##### 5.1. 데이터 추출, 변환, 적재

본 논문에서는 날짜와 타임스탬프에 근거한 획득 방법을 적용하는 지연 데이터 추출 기법을 사용하여 가공하지 않은 교통 자료를 얻어 중복 제거의 변환과 같은 최소한의 변환만을 수행하여 이용자가 원시 자료에 다양한 자료 처리 알고리즘을 수행하여 가공 자료를 만드는 이용자 서비스 기능을 제공한다. 적재 시에는 초기 적재 단계에서는 적재 모드나 추가 모드를 사용하여 테이블을 생성한다. 한 개의 테이블을 생성하기 위한 데이터의 양이 아주 많은 원시 자료 테이블에 대한 적재를 실행할 때, 초기 적재의 첫 번째 실행은 적재 모드를, 그 이상의 실행은 추가 모드를 이용하여 들어오는 데이터를 적용한다. 공간 관련 자료나 기타 운영 자료 테이블에 대한 적재는 적재 모드만 이용하면 된다. 두 번째 증진적 적재 단계에서는 원시 자료 테이블에 대한 적재를 실행할 때에는 추가 모드를, 공간 관련 자료나 기타 운영 자료 테이블에 대한 적재를 실행할 때에는 적재 모드를 사용한다.

##### 5.2 통합 교통정보 이력자료 이용자 서비스 기능

그림 4는 고속도로 VDS 데이터를 차로별로 검색하여, 표로 표출한 것이다. 이용자는 먼저 검색조건으로 질의 대상 데이터 셋을 설정하고, 집계단위를 선택한다. 집계단위는 30 초, 1 분, 5 분, 15 분, 1 시간, 1 일, 1 주일, 1 개월 총 8 가지가 가능하다. 시간범위로 날짜 범위를 지정하고, 검색대상 요일을 선택할 수 있다. 공간범위는 고속도로 검지기의 이정으로 시작 지정과 끝 지정을 선택한다. 차로 데이터는 전체 또는 버스 전용 차로를 조회할 수 있다. 기상 상태와 사고가 있었던 지점에 대한 검색도 가능하다.



(그림 4) 고속도로 VDS 차로별 데이터 검색

고속도로 VDS 차로별 속도 그래프 조회 결과이다. 그래프는 속도, 교통량, 점유율에 대해 모두 볼 수 있으며, 차로별로 각각 다른 선으로 표현된다. 결과를 전송 받고 재조작하고 싶다면, 엑셀 버튼을 클릭하여 Excel 파일로 다운로드 받을 수도 있다.

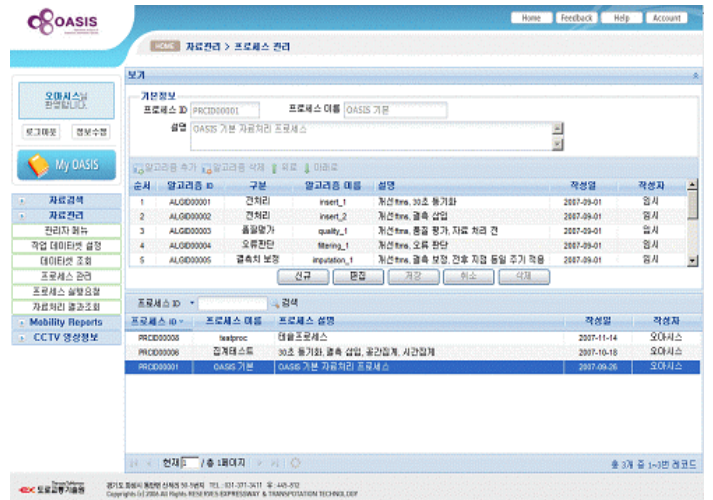


(그림 5) 고속도로 VDS 차로별 속도 그래프 조회 결과

## 6. 자료처리 이용자 인터페이스

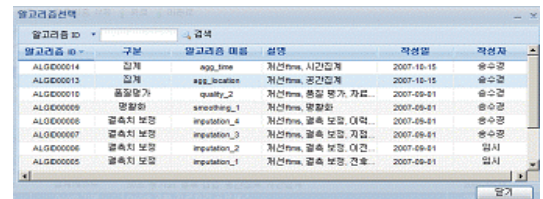
자료처리 과정은 일반적으로 오류판단, 결측보정, 평활화 과정으로 이루어지며, 원시자료의 품질이나 사용 목적에 맞게 3가지 과정을 다양하게 조합하여 적용할 수도 있다.

그림 6은 프로세스 관리화면이다. 프로세스 관리에서는 새로 프로세스를 작성하거나, 기존 프로세스를 편집하는 것이 가능하다. 프로세스는 알고리즘들의 순차적인 조합으로 이루어져 있으며, 알고리즘들은 실행순서에 따라 나열되고 실행 순서 변경도 가능하다.



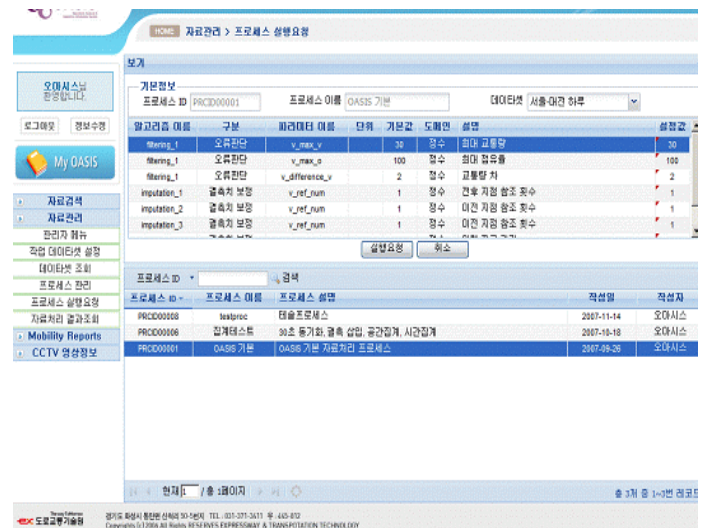
(그림 6) 자료관리 -> 프로세스 관리 화면

알고리즘을 조합하기 위해서 알고리즘 추가 버튼을 누르면 그림 7과 같은 팝업 창이 나타난다. 선택한 알고리즘을 순차적으로 더블 클릭하면, 프로세스를 구성하는 알고리즘 순서대로 알고리즘 리스트에 나타난다.



(그림 7) 프로세스 관리 -> 알고리즘 추가 화면

알고리즘은 오직 시스템 관리자만이 등록, 수정할 수 있으며, 일반 이용자들은 관리자가 생성해준 알고리즘을 프로세스 생성 시에 사용하는 것만이 가능하다. 프로세스의 정보는 데이터베이스의 SYS\_DP\_PROCESS 테이블에 저장되며, 알고리즘은 SYS\_ALG 테이블에 저장된다.



(그림 8) 프로세스 실행 요청



그림 8은 자료가공 프로세스 실행 요청 화면이다. 자료가공 프로세스를 실행하기 위해서 이용자는 먼저 하단의 프로세스 리스트로부터 사용할 프로세스를 선택한다. 프로세스를 선택하고 나면, 가공을 원하는 데이터 셋을 선택한다. 프로세스와 데이터 셋을 선택하고 나면, 프로세스를 구성하는 알고리즘들이 요구하는 파라미터들을 설정하여야 한다. 파라미터 값을 모두 설정하고 나서, 실행요청 버튼을 클릭하면 자료처리 프로세스 실행요청이 완료된다.

프로세스 실행요청이 이루어지면, SYS\_DP\_RSLT 테이블에 새 레코드가 추가된다. 자료처리 서비스는 SYS\_DP\_RSLT 테이블을 주기적으로 조회하여, 요청된 프로세스가 있다면, 해당 프로세스를 자동적으로 실행한다. 자료처리 프로세스가 실행되면, 프로세스의 진행상황을 이용자가 모니터링 할 수 있도록 SYS\_DP\_RSLT 테이블과 SYS\_DP\_STATUS 테이블에 계속해서 기록하게 된다. 프로세스 실행요청 시에 설정되는 파라미터는 SYS\_DP\_PARAM 테이블에 저장된다.

자료처리 상태는 SYS\_DP\_RSLT 테이블에 저장되며, 각 알고리즘의 실행 상태는 SYS\_DP\_STATUS 테이블에 저장된다. 자료처리가 완료된 데이터 셋에 대해서 해당 자료의 완전성, 유효성 등의 품질을 조회할 수 있다.

7. 결론

교통정보의 효율적인 분석을 지원하기 위하여 여러 운영계 시스템에 분산되어 있는 교통정보 이력자료를 활용하여 하나의 통합 데이터베이스에 저장하고, 교통정보 제공과 교통정보 알고리즘 개발 및 평가를 위하여 이용자가 요구하는 시간적, 공간적 교통자료 추출기능을 이용한 적정집계 간격 선정기법 개발 및 평가와 자료 융합기술 개발 및 평가가 이루어진다. 자료처리 단계별 교통자료 식별 기능을 제공하고 있으며, 검지기 자료의 품질평가를 통해 다양한 교통자료 처리 기법의 평가에 활용될 수 있고, 이용자가 개발한 알고리즘을 plug-in하여 결과를 분석할 수 있는 기능을 통한 다양한 자료처리 기법 개발 및 평가를 할 수 있다.

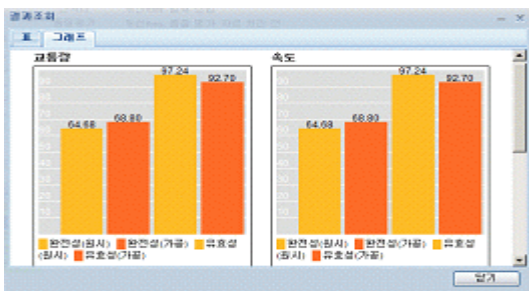
8. 참고 문헌

[1] W. H. Inmon, 통합 데이터베이스 구축 방법론, 흥릉과학출판사, 1997.  
 [2] 한국도로공사 ITS사업실, ITS 구축.운영 편람, 한국도로공사, 2005. 11  
 [3] 김정연, 이영인, 백승걸, 남궁성, “차량 검지자료 결측보정 처리에 관한 연구(이력자료 활용방안을 중심으로)”, 대한교통학회지, 제24권 제7호, pp.27-40, 2006.  
 [4] 한국도로공사, ‘고속도로 차량검지기자료 조사·분석 및 활용기법 개발’, 한국ITS학회, 2006.  
 [5] Quanzhong Li and Bonki Moon. Indexing and querying XML data for regular path expressions. In Proc. of the 27th VLDB conference, Rome, Italy, Sep. 2001  
 [6] R. Kimball, M. Ross, The Data Warehouse Toolkit, Wiley, 2002.  
 [7] B. L. Smith, An Investigation of ETL Techniques for Traffic Data Warehouse, TRB 2004 Annual Meeting  
 [8] Smith, B., and S. Babiceanu. Investigation of Extraction, Transformation, and Loading Techniques for Traffic Data Warehouses. In Transportation Research Record 1879, TRB, National Research Council, Washington D.C., 2004. pp. 9-16.



(그림 9) 자료관리 -> 자료처리 결과조회

자료처리 실행요청 후, 자료처리 결과조회 메뉴를 통해서 이용자는 자료처리 과정을 모니터링 할 수 있다. 그림 9는 자료처리 과정을 모니터링 하는 화면으로 현재 처리중인 데이터 셋과, 처리 완료된 알고리즘 및 처리중인 알고리즘 등을 확인할 수 있다.



(그림 10) 자료품질 결과조회 화면