

버스의 효율적인 운행관리를 위한 정보가공 방법에 관한 연구

박 영 옥 *, 김 창 균 **

I. 서 론

본 연구는 버스의 운영을 효율적으로 관리하기 위한 정보가공방법에 관해서인데, 버스운행관리전략 구현에 필요한 핵심 알고리즘의 원리, 구성 및 실행단계를 포함하여 수집정보의 가공 프로세스에 대해 제시하였다. 버스의 안전한 운영을 위해서 차량의 현재 위치, 부당운행행위 감시, 배차관리, 최적 경로탐색 등이 필요한데, 이러한 일들을 수행하기 위해서 버스 주행관련 정보들을 사용자 중심으로 가공하는 작업이 매우 중요하다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 이러한 정보들을 가공하는 방법에 대한 개념과 알고리즘을 개발하였다. 적절한 버스주행관련정보의 가공은 버스의 운영을 보다 안전하고 혼잡으로부터 자유롭게 만들 수 있을 것으로 기대된다.

II. 정보가공 전략

정보가공은 버스내에 장착된 단말기 또는 버스종합사령실내의 주 서버에서 이루어지는데, 시스템의 효율성을 유지하기 위해 수집된 원시자료는 최대한 버스차내장치에서 가공처리하여 사령실로 전송하도록 한다. 버스차내장치는 자체내에 DB를 내장, 다양한 연산처리가 가능한 “차내 서버”의 기능을 하도록 설계하여 운행관리전략의 상당부분을 자체실행하도록 한다.

사령실 서버는 버스차량의 위치와 시각을 비롯한 초 대용량의 데이터를 다루어야 하므로 정보가공시 이를 논리적으로 단순화한 형태의 시공간도를 실시간으로 운영하여 이를 기반으로 개별 전략 실행시 필요한 응용가공처리 프로세스가 실행되도록 한다. 시공간도상에 표현된 차량의 진행궤적은 시각적으로 운영자의 직관적 판단을 이끌어 내기 용이한 장점이 있으며 그에 따라 입체적 운행관리전략의 실행이 가능하다.

* 영산대학교

** 관동대학교

<표 1> 정보가공전략

가공위치	정보가공전략	효과
버스 차내 장치	■원시자료는 최대한 버스차내장치에서 자체 가공처리하여 사령실로 전송	■통신량 및 주서버 부하/용량 절감
	■차내장치는 응용 프로그램 내장으로 “차내서버” 기능으로 운영	■통신량 및 주서버 부하 절감 ■신속한 전략실행(실시간성향상)
버스종합 사령실 주 서버	■대용량의 데이터 처리가 가능하도록 시공간도를 실시간으로 운영	■정보 가공과정의 단순화 ■주 서버 부하 감소
	■이를 기반으로 개별전략 실행시 필요한 응용가공처리 프로세스를 원활히 수행	■통계 및 예측의 정확도 향상
	■시공간도를 통해 운영자의 직관적 판단에 필요한 시각적 차량군 운행계획 정보 제공	■입체적 전략수립 및 실행 가능

III. 정보가공 프로세스의 구성체계

1. 정보가공 프로세스의 구성 및 가공처리 절차

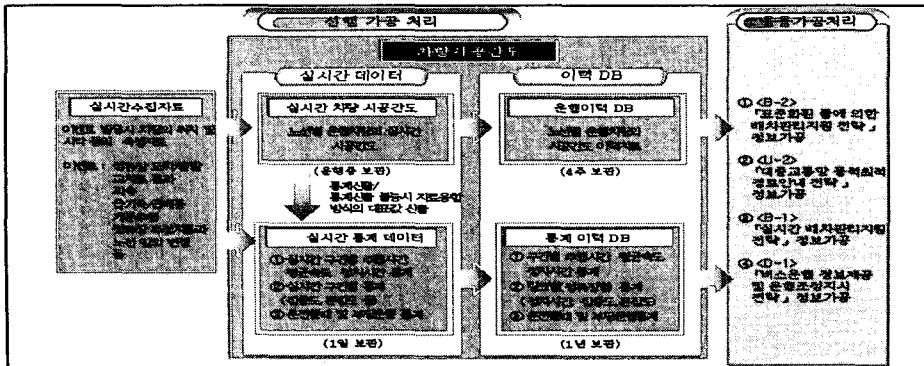
1) 정보가공 프로세스의 구성

버스종합사령실의 주 서버가 수행하는 정보가공 프로세스는 아래 그림과 같이 수집된 정보를 선행처리하는 절차와 이를 기반으로 응용가공처리하는 절차의 2단계로 구성되어 있다. 선행가공처리와 응용가공처리로 구성되어 있다.

2) 정보가공 절차

정보가공의 구체적인 절차는 다음과 같다.

- 수집된 버스의 위치와 시각자료로부터 실시간 차량시공간도 생성
- 자료수집단계에서 발생하는 오차를 교통공학적으로 보정
- 실시간 차량시공간도로부터 노선별, 구간별 통계 데이터 생성(통계산출 불능시 다양한 자료 융합 방법에 의해 대표값 산출)
- 수집된 운전행태 및 부당운행 자료는 이력DB로 구축·관리
- 실시간 차량시공간도와 실시간 통계 데이터는 이력DB로 구축, 관리



<그림 1> 정보가공 프로세서

2. 정보가공의 내용

1) 전략별 정보가공 요구내용 분석

정보가공은 버스운행 관리전략 실행에 요구되는 다양한 형태의 정보를 산출해 내기 위한 과정으로써 개별 전략의 가공처리 요구내용에 따라야 한다.

2) 정보가공 내용분류

정보가공 내용은 버스종합사령실 주 서버에서 처리되는 부분만을 다루는 것을 원칙으로 하며, 각 버스운행 관리전략과 대응하여 파악된 정보가공 요구내용 중 버스종합사령실의 주 서버에서 가공처리되는 정보는 다음과 같이 선행가공처리 단계에서 산출되는 정보와 응용가공처리단계에서 산출되는 정보로 구분·설정할 수 있다.

<표 2> 단계별 정보가공 내용 분류

정보가공 처리 단계	정보가공 내용 분류
선행 가공처리	■실시간 차량위치 추적 관련정보 가공
	■실시간 위험운전 및 부당운행행위 관련 정보가공
	■이력정보
응용 가공처리	■배차관리 관련 정보가공
	■실시간 운행관리 관련 정보가공
	■최적경로탐색 관련 정보가공
	■예측 관련 정보가공
기 타	■정적지리정보
	■운영자 판단 및 조치 관련 정보가공

3. 정보가공 방법(선행 가공처리부문)

본 연구에서는 선행 가공처리 부문에 대해서만 논의하기로 한다.

1) 실시간 차량위치추적 관련 정보 가공처리

▷ 실시간 시공간도 산출

Step 1: 버스의 위치, 시각, 속성자료 수집

Step 2: 수집된 운행정보를 노선별로 구분하여 기록

Step 3: 노선별 실시간 시공간도 갱신

▷ 정체여부 판단

Step 1 : 운행계획상 도착예정인 차량이 예정보다 임계치 이상 지연되고 있는지 판단
(임계치는 운영자가 설정함)

Step 2 : 임계치 초과시 차량의 위치/시각/지점속도 등을 버스차내장치로부터 수신

Step 3 : 전송받은 지점속도의 평균값을 산정한 결과가 임계치 이하일 때 정체로 판단함
(임계치는 운영자가 설정함)

Step 4 : 정체링크로 설정된 링크에 대하여는 3분 간격으로 지점 평균속도를 재 산출하여 정체

존속 여부를 지속적으로 판단함

▷ 차량간 시간간격 산출

- Step 1 : 버스의 정류장 도착시각(t_i) 및 속성자료 수집
- Step 2 : 동일 노선의 앞차량 도착시각을(t_{i-1}) 시공간도로부터 파악
- Step 3 : 앞차량과의 시간간격 산출($t_i - t_{i-1}$)

▷ 정류소별 최근접 상류부 버스위치 탐색

- Step 1 : 개별차량의 다음도착 정류장 파악(X_p)
- Step 2 : 각 차량을 기준으로 동일 노선에 속한 선행차량의 위치 파악(X_a)
- Step 3 : 다음도착 정류장과 선행차량의 위치 비교
- Step 4 : 선행차량이 해당 정류장에 도달하지 않은 경우, 최근접 버스는 이전기록의 변경없이 그대로 그 선행차량으로 유지함
- Step 5 : 선행차량이 해당 정류장을 이미 통과했을 경우, 해당 정류장의 최근접 버스는 선행차량에서 현차량으로 변경됨

▷ 막차 위치추적 및 막차 상하류부에 대한 정보생성

- Step 1 : 운전자로부터 막차정보가 수신(차내장치의 막차버튼 조작)되면 시공간도상에서 막차의 위치를 운행종료시까지 추적
- Step 2 : 막차가 이미 통과한 상류부 정류장에 대해서는 운행종료를 안내함
- Step 3 : 막차가 아직 통과하지 않은 하류부 정류장에 대해서는 막차 (또는 하류부 정류장에 아직 도착하지 않은 막차에 선행한 차량이 있는 경우는 그 선행차량)의 도착예정시간을 산정하여 안내함

2) 실시간 위험운전 및 부당운행 관련 정보 가공처리방법

운전자의 위험운전 행태와 부당운행 행태와 관련된 정보가공의 전술한 바와 같이 대부분은 버스차내장치에서 직접 처리하는데, 단, “고의지연 운행 판단”의 경우는 판단대상 차량과 타 차량의 운행이력 비교분석을 요하므로 버스종합사령실의 주 서버가 담당해야 한다.

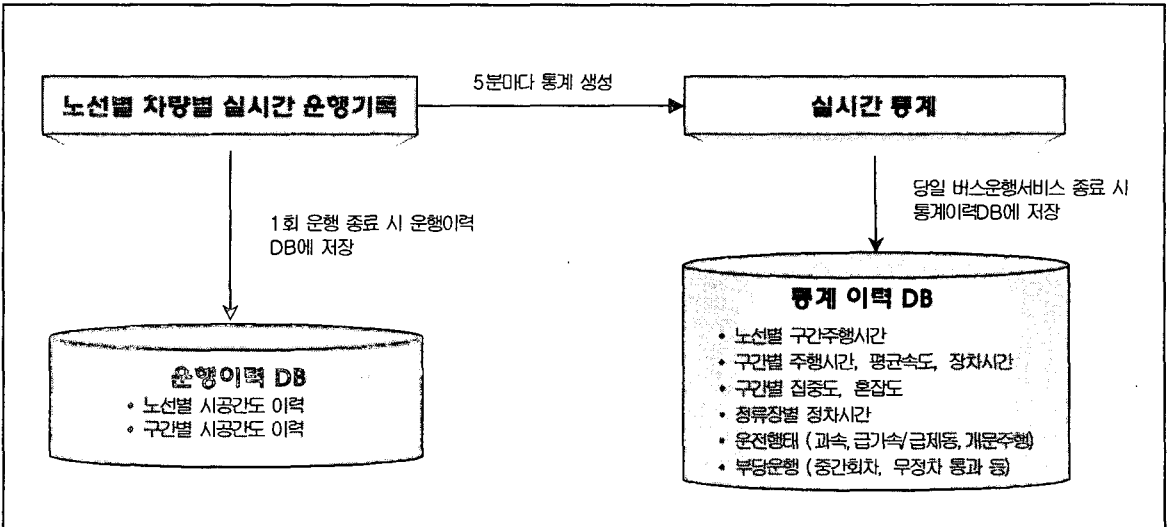
<표 3> 위험운전 및 부당운행행위 관련 정보 가공처리

구분	정보가공 종류	가공 장소	
		버스종합사령실	버스차내장치
위험운전	급가속/급제동		✓
	과속		✓
	개문주행		✓
부당운행	노선이탈		✓
	중간회차		✓
	정류장무정차통과		✓
	고의지연운행	✓	

▷ 고의지연운행 판단

- Step 1 : 시공간도로로부터 최근 5분 동안의 정류장간 평균 주행시간 통계(평균, 분산)를 산출
- Step 2 : + 95% 신뢰구역 경계값(즉, 최대 허용주행시간)을 구하여 임계치로 설정
- Step 3 : 판단대상버스의 주행시간이 임계치를 초과하였는지 여부를 판단
- Step 4 : 분산이 임계치를 초과하면 고의지연으로 판정하고 내용을 기록

3) 실시간 통계 및 이력정보 가공



<그림 2> 실시간 통계 및 이력정보가공 절차

<표 4> 실시간 통계처리의 종류 및 내용

구분	종류	내용
노선 경유구간별 통계	■ 노선별 구간주행시간/속도 통계	■ 개별 노선의 주행기록에 기초한 경유 구간별 통계
도로구간별 통계	■ 구간별 주행시간/속도 통계	■ 특정구간을 경유하는 모든 노선의 주행기록에 기초한 구간별 통계
	■ 구간(정류장)별 정차시간 통계	■ 구간(정류장)내에서 버스가 정차한 시간통계
	■ 구간(정류장)별 버스집중도 통계	■ 구간(정류장)에서의 단위시간당 평균 버스대수
	■ 구간별 혼잡도 통계	■ 정체시 해당구간 통행속도 통계

※ 구간 : 「정류장↔정류장」, 「교차로↔교차로」, 「교차로↔정류장」, 「정류장↔교차로」 도로공간을 통칭함

- Step 1 : 노선별 구간별 실시간 운행기록 수집
- Step 2 : 매 5분 간격으로 실시간 데이터 확보여부를 판단
- Step 3 : 데이터 미확보시 (통과 차량이 없을 경우), 자료융합 알고리즘에 의해 통계 산출
- Step 4 : 개별 노선의 주행기록에 기초한 경우 구간별 통계(평균, 분산) 산출
- Step 5 : 특정구간을 경유하는 모든 노선의 주행기록에 기초한 구간별 통계 산출

<표 5> 실시간 통계 산출 방법

구분	통계산출방법	통계 종류
노선 구간별 통계	매 5분 간격으로 이전 15분간 수집된 해당노선의 운행기록을 바탕으로 통계산출	<ul style="list-style-type: none"> ■ 구간 주행시간 통계 ■ 구간 정차시간 통계
구간별 통계	해당 구간을 통과하는 차량의 5분간 운행 기록을 바탕으로 통계산출	<ul style="list-style-type: none"> ■ 주행 차량대수 통계 ■ 정차대수 통계 ■ 지점속도 통계

노선그룹이라 함은 해당 링크를 통과한 후 동일 방향으로(직진, 좌회전, 하류부 정류장 정차, 하류부 정류장 무정차 등) 진행되는 노선들의 집합을 의미한다. 같은 링크 또는 같은 정류장을 통과한 차량이라도 링크를 통과한 후 진출하는 방향에 따라 통계에 유의적 수준의 오차를 보이기 때문에 노선그룹에 대한 고려가 필수적이다. 통계 산출 방식에 따라 주행 (정차)시간에 대한 통계, 주행 (정차)대수에 대한 통계, 지점속도 통계로 나누어진다.

시간대별 주행(정차)차량대수의 평균 및 분산을 구하기 위해서 5분 동안 링크별(또는 정류장별)로 초기시점의 차량 대수와 링크 (또는 정류장)에 차량이 진입한 시각과 진출한 시각을 지속적으로 기록하여 링크별(또는 정류장별)로 현재 존재하는 차량의 숫자를 파악하고 이에 대한 평균과 분산을 구한다.

IV. 결론

버스의 정보를 가공하는 기법과 알고리즘이 본 연구를 통해 개발되었는데, 이와 같은 연구 결과는 버스의 안전하고 보다 효율적인 운영을 가능하게 할 것이다. 구체적으로 두 가지의 가공 처리 부문중에서 본 연구는 선행 처리부문을 제시했는데, 연구결과가 향후 응용분야의 처리 기법 개발의 기초가 될 것으로 본다.

본 연구의 첫 번째 결과로서 실시간으로 차량의 위치를 추적하는 과정이 상세하게 개발되었는데, 개발된 알고리즘은 버스의 주행정보를 최대한 활용하여 사용자가 필요로 하는 차량의 위치를 찾아내는데 크게 기여할 것이다. 두 번째로 버스 운전자에 의한 위험운전과 부당운행관련 정보를 가공하는 기법의 개발은 차량의 안전한 운행에 기여할 것이다. 세 번째 실시간 통계와 이력정보의 가공방법개발은 버스의 정보를 사용자 중심으로 전환하여 정보의 활용성을 극대화한다는 데 의미가 있을 것이다.