

멀티미디어 데이터를 이용한 실시간 교통 정보 제공 시스템의 구현

김상철[○] 유정수[○] 낭종호

서강대학교 컴퓨터 공학과

Smaslayer1@nate.com, yjs@ranseed.com, jhnang@sogang.ac.kr

An Implementation of Multimedia Data-Based Real Time Traffic Report Offering System

Sang-chul Kim[○] Jeongsoo Yu[○] Jongho Nang

Department of Computer Science and Engineering, Sogang University

요 약

일반적으로 도로에서 교통 사고나 접촉 사고 등이 발생한 경우 이런 정보가 중앙 서버에 보고되어 TPEG과 같은 전송 경로를 통하여 다른 차량들에게 전파되는 데는 많은 시간이 소요되며, 결과적으로 이미 도로 정체가 일어난 후에 최적 경로를 수정하게 되는 문제점이 발생하게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위하여, 본 논문에서는 각 차량으로부터 촬영된 도로 영상을 수집 및 관리하여 사용자에게 주행 시 원하는 지역에 대한 실시간 영상을 제공하는 시스템을 구현하였다. 본 논문에서 구현한 시스템에 기반하여 사용자가 관심 있는 도로 지역에 대한 실시간 영상을 통해 더욱 정확한 도로 상황을 확인하는 것이 가능할 것으로 기대한다.

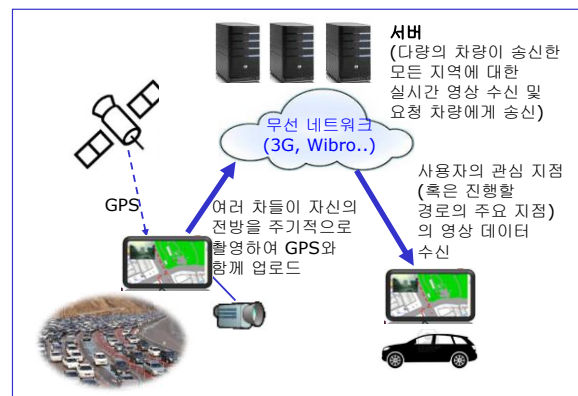
1. 서 론

일반적으로 도로에서 교통 사고나 접촉 사고 등이 발생한 경우 이런 정보가 중앙 서버에 보고되어 TPEG[2]과 같은 전송 경로를 통하여 다른 차량들에게 전파되는 데는 많은 시간이 소요되며, 결과적으로 이미 도로 정체가 일어난 후에 최적 경로를 수정하게 되는 문제점이 발생하게 된다.

동영상이나 사진과 같은 시각 정보는 교통상황을 분석하는 데에 있어 사람에게 고수준 정보를 제공한다.[1] 따라서 본 논문에서는 도로상의 각 차량들이 주행 중 전방의 사진을 주기적으로 촬영하여 중앙 서버에 업로드 하고, 운전자가 관심 도로 지역의 실시간 영상을 서버에 요청 및 다운로드 할 수 있는 시스템을 시뮬레이션 형태로 구현하였다. <그림 1>은 본 시스템의 전체 구조도로서, 사용자는 실시간 도로 상의 실제 영상을 통하여 도로 상태를 확인 할 수 있다. 만일 모든 차량이 자신의 전방을 촬영하여 업로드 한다면, 이론적으로 모든 도로에 대한 실시간 영상을 얻게 된다고 볼 수 있다. 이러한 시스템을 구현하기 위해서는 다음과 같은 문제의 해결이 필요하다.

- 각 차량의 전방 영상 촬영 방식
- 다수의 차량이 생성하여 업로드 함으로서 발생하는 서버의 트래픽 집중화 문제.
- 서버에서의 영상 데이터 관리 및 실시간 검색 방법.
- 동일 지점에서 생성된 여러 중복된 영상들에 대한 선택 문제.
- 관심 지점에 대한 영상 요청 인터페이스 방법.

본 논문에서는 시스템 구현을 위하여 위와 같은 문제를 해결하기 위한 노력을 기술하고, 실제 시뮬레이션을 통한 구현 결과를 소개한다. 이러한 시스템을 통하여 교통 체증으로 발생하는 사회적 비용을 줄이고 멀티미디어 교통 정보를 제공함으로써 안전 운행에 도움이 될 것이라 기대한다.



<그림 1> 시스템 개요

2. 기존의 교통 정보 제공 방법

2.1 DMB 방송을 이용한 TPEG 교통 정보 제공 방법

TPEG은 실시간 교통 정보 전송을 위한 표준으로써, 3~5분 간격으로 교통 정보를 제공하기 때문에 완벽한 실시간성을 제공하지는 못한다. 또한 세부 도로에 대한 교통 정보 제공이 어렵고, 데이터 기반의 정보로서 실사 영상에 비하여 생동감이 떨어진다. 실제로 많은 차량이 일시에 한산하다고 방송된 도로에 집중되는 현상이 빈번히 발생한다.

2.2 CCTV 촬영 영상의 실시간 서비스 방법

교통 정보를 분석하기 위해 CCTV의 영상 정보 활용하는 시스템[3][4]등의 제안이 되었다. 하지만 고정된 위치의 CCTV에서 촬영된 동영상만 서비스가 가능하기 때문에 확장성이 제한된다. 또한 높은 위치에서 촬영된 영상은 도로의 자세한 상황 (공사, 사고 등)의 판별이 힘들다는 단점도 있다.

[표 1]는 기존 서비스와 본 시스템을 비교한 것으로써, 실시간성과 정확성, 확장성에서 유리하다고 볼 수 있다.

[표 1] 기존의 교통 정보 방법과 본 시스템의 비교

	DMB를 통한 TPEG서비스	CCTV 촬영 동 영상 서비스	본 연구 개발을 통한 서비스
제공되는 교통 정보 형식	도로별 평균 속도	주요 도로의 교통 상황	도로별 평균 속도 + 도로의 교통 상황(동영상, 사진)
실시간성	3~5분 간격의 주기적 방송	단방향성 실시간 정보 제공 (Server push)	양방향성 실시간 정보 제공 (Server push&pull)
정확성	주요 도로의 평균 시속 제공	도로 주위의 영상 제공	근접 촬영한 실시간 영상을 통해 도로상의 자세한 정보 제공
정보제공 도로범위	미리 지정한 주요 도로/지점에 대해서만 제공	CCTV가 설치된 지정만 제공	이론적으로 주행이 가능한 모든 도로에 대한 정보 제공
혼잡해결	중앙 방송/ 서비스 방식이므로 또 다른 혼잡 야기 가능 (예: A도로 혼잡시 B도로로 차량 몰림)		도로상의 관심 지점에 대한 실시간 영상을 통해 차량별 효과적 인 경로 선택 효과
기타	동시에 서비스 가능한 차량의 대수 제한이 없음	추가 설치 및 유지/관리 비용이 많이 필요	도로상의 실시간 영상이 주기적으로 생성되어 사고 원인 파악 자료로 활용 가능

3. 실시간 멀티미디어 교통 정보 제공 시스템

본 논문에서 구현한 시스템은 1장에서 언급한 여러 문제들의 해결을 필요로 한다. 본 장에서는 이러한 문제점들의 특성 및 해결 방안에 대하여 소개한다.

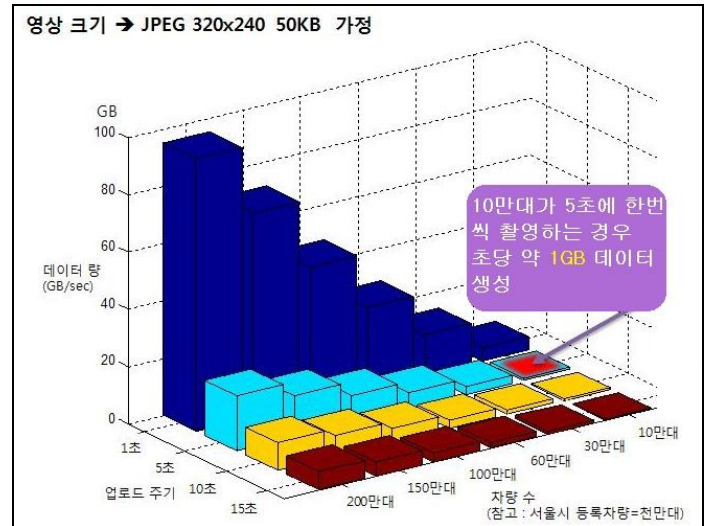
3.1 각 차량의 전방 촬영 방법

도로 공간은 연속적이기 때문에 운행 중인 경로 상에서 멀티미디어 정보를 생성하기 위한 지점을 샘플링해야 한다. 물론 샘플링 레이트가 높을수록 각 지점에 대한 영상의 실시간 성이 높아지지만 서버의 트래픽이 증가하는 문제가 발생하므로, 본 시스템에서는 기본적으로 일정 주기마다 영상을 촬영하며, 주요 지점이나 급정차/급회전등과 같이 돌발 상황이 발생하였을 때, 또는 일정 시간 이상 서행하였을 때와 같이 도로 상태에 대한 이벤트를 기준으로 촬영 스케줄링을 정의하였다. 또한 도로 상의 여러 차량의 촬영 시기를 중앙에서 통제함으로써 효율성을 높이는 방법도 가능할 것이다.

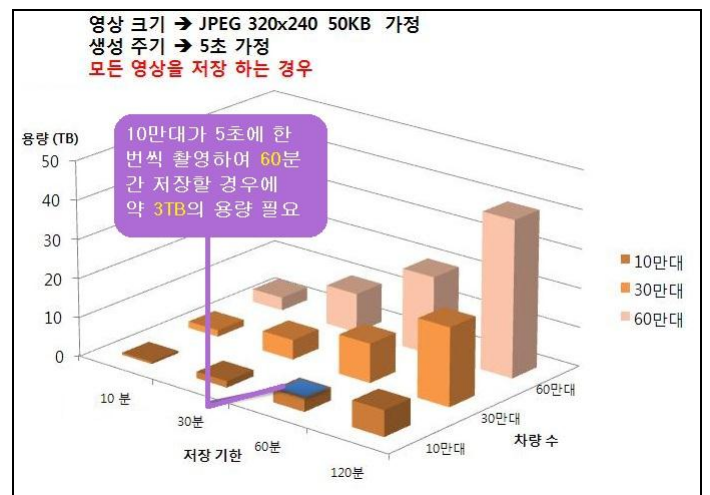
3.2 다수의 차량이 생성하여 업로드 함으로서 발생하는 서버의 트래픽 집중화 문제

도로 상의 다수의 차량이 지속적으로 촬영된 영상을

중앙 서버로 업로드 시 중앙 서버에서 매우 큰 트래픽이 발생하게 된다. 또한 서버는 통행량이 적은 도로를 고려하여 일정 시간 동안 수신된 영상을 보존해야 하므로 저장 공간의 문제도 발생한다. <그림 2>은 이러한 시스템을 실제로 운영 시 발생하는 네트워크 트래픽과 서버 저장 용량을 예상한 것으로, 차량의 숫자와 업로드 주기에 따라 선형적으로 증가하는 것을 나타낸다. 이러한 문제점은 본 시스템의 구축 시 매우 중요한 이슈로써, 무선망 중계기 기반의 서버 분산 방법 등을 통한 해결이 필요하다. 다른 접근 방법으로는, 사용자가 관심 지점의 영상을 요청 시 가장 근접한 차량에게 촬영 명령을 푸쉬(push)하는 방식을 고려해 볼 수 있다. 현재 무선망에서는 폴링(polling)을 통하여 푸쉬 기능을 흉내 내는 방법만 가능하지만, 중앙 서버가 모든 차량의 영상을 수집하는 방식에 비하여 트래픽은 현저히 줄게 될 것이다. 그러나 통행량이 적은 도로에 대한 영상 획득이 어렵다는 단점이 있다.



(a) 네트워크 대역폭



(b) 서버 저장 용량

<그림 2> 필요한 네트워크 대역폭 및 서버 저장 용량 예상

3.3 서버에서의 영상 데이터 관리 및 검색 방법

서버는 도로상의 다량의 차량들이 업로드한 영상을 DB에 저장하여 관리한다. 실제로 이러한 영상은 그 수가 매우 많기 때문에 차량으로부터 요청된 영상을 빠르게 검색하는 기능이 필요하다. 수집된 영상들은 기본적으로 2차원 공간상에 분포한다. 따라서 본 논문에서는 M-Tree[5]와 같은 공간적 인덱싱 방법을 통하여 검색 반응 속도를 높일 수 있도록 하였다. 공간적 인덱싱 방법은 먼저 공간적 군집화를 통해 검색 지역과 동떨어진 군집들을 검색 대상에서 제외시키는 것이 가능하다.

3.4 동일 지점에서 수집된 여러 영상들 중 유용한 영상 자동 선별

각 차량들이 전방을 촬영한 영상은 대형 차량의 가림, 영상의 잡음, 흔들림 등으로 인하여 품질을 보장하기 어렵다<그림 3>. 또한 동일 지점을 통과하는 여러 차량이 영상을 업로드 함으로써 중복성도 존재한다. 따라서 서버는 이러한 영상들로부터 가장 유용한 영상을 자동 선별하는 기능이 필요하다. 영상의 유용성을 인식하는 방법으로는 크게, 영상을 구성하는 차량, 시설물등과 같은 객체를 검출하여 영상의 구조를 모델링하는 방법과 영상의 전역적인 특징들을 추출하여 영상을 하나의 특징으로 간단히 추상화 하는 방법이 있다. 전자의 경우는 신뢰성이 높지만 연산의 복잡도가 크고 특히 객체 검출의 정확도에 영향을 받는다. 또한 도로 영상 구조의 모델링은 학습이 어렵다는 제한점도 갖는다. 본 논문에서는 영상의 전역적인 특징을 추출하여 기계 학습 방법을 통한 자동 선별 기능을 개발하였다. <그림 5>는 본 논문에서 개발한 유용한 영상 분류기로서, 전역 시각적으로는 차량에서 촬영된 사진은 수평 하므로 도로 영역은 영상의 하반부에 위치하며 도로 위에 비슷한 구도로 차량들이 위치한다는 점을 고려하여, 도로 영역의 에지(edge)들의 공간적 분포를 선택하였다. 에지들의 공간 분포를 계산하기 위하여 <그림 4>과 같이 MPEG-7의 에지 히스토그램 기술자를 사용하였다. 이와 같이 에지 히스토그램으로 추상화된 영상들에 대하여 3000장의 학습데이터에 대하여 SVM[6] 분류기를 사용하여 “유용한 영상”과 “유용하지 못한 영상”의 두 부류로 분류하였다. 또한 본 과제에서 구현한 도로 영상 전송 시스템에서는 동일한 장소에서 수집된 다수의 영상들 중에서 가장 유용한 단일 영상을 선택하여 요청된 차량으로 송신하는 시나리오가 필요하므로 아래 식(1)과 같이 SVM에서 출력하는 확률 값 $d(x)$ 와 영상이 촬영된 시간 $t(x)$ 을 모두 고려하여 가장 우수한 영상을 선택하는 방법을 사용하였다.

$$\hat{I}_l = \arg \max_{x \in I_l, d(x) > 0} d(x) \cdot t(x), \quad d(x) = w^T x + b \quad (1)$$

4. 시뮬레이션 시스템 구현 및 분석

본 논문에서는 3장에서 기술한 시스템의 여러 이슈 및 특성들을 고려하여 <그림 6>과 같이 시뮬레이션 시스템을 구현하였다. 먼저 영상 촬영과 업로드, 요청 및 표시를 위하여 넷북 상에서 네비게이션 소프트웨어를 개발하고 GPS와 카메라를 장착하였다. 도로상의 여러 차량들을 실제로 운행하기 힘들기 때문에 한대의 실제 차량과 다수의 가상 차량을 통해서 시뮬레이션 하였다.

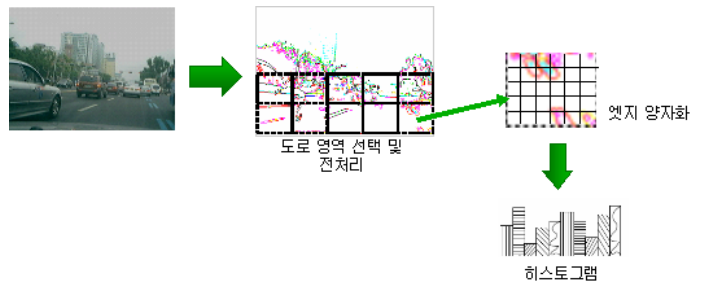


(a) 유용한 영상

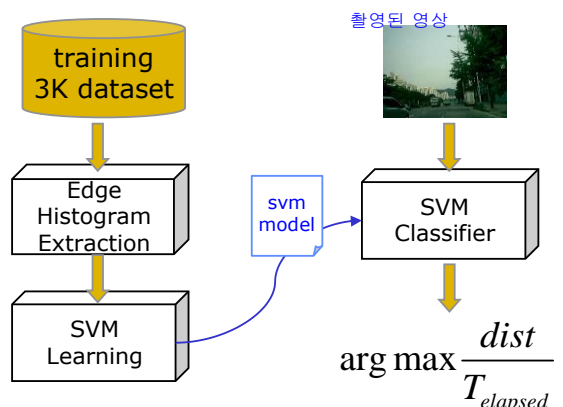


(b) 유용하지 못한 영상

<그림 3> 도로 상황을 잘 표현하는 영상과 그렇지 못한 영상의 예시



<그림 4> 에지 분포 특징 추출 과정



<그림 5> 유용한 영상 자동 분류기

가상 차량은 실제 GPS를 수신하는 대신 임의의 경로대

로 생성된 좌표를 사용하여 주행을 시뮬레이션 하였으며, 또한 실제 카메라를 통한 촬영이 불가능하므로 지정된 지역의 영상을 미리 촬영하여 카메라 대신 사용하였다. <그림 7>은 관심 지점에 대한 영상을 요청 및 출력하는 방법이다. 운전자가 관심 지점을 직접 클릭하여 요청하거나 진행 경로 상의 근접한 주요 지점의 영역을 자동으로 요청 및 출력하는 방식을 구현하였다. 본 구현에서는 <그림 7>에서의 빨간 점과 같이 도로의 주요 지점을 일정 간격 또는 교차로를 위주로 정의하였다. 이와 같은, 실제 도로를 샘플링 하는 방법은 차량의 촬영 시기, 영상 업로드에 의한 트래픽, 서버의 영상 검색 연산 비용 등 시스템에 중요한 영향을 미치는 요소이다. 따라서 이러한 시스템을 실제 운용 시 효과적인 샘플링 방법에 대한 고려가 필요할 것이다. 서버에서 요청을 수신 시 해당 지점에 대한 영상 검색 시간은 M-tree 인덱싱을 사용하기 전 평균 약 2.5초에서, 인덱싱 사용 후 0.01초 미만으로 크게 감소하였다. 유용한 영상을 분류하기 위하여 학습된 분류기는 3-fold 교차 검증을 통하여 성능을 분석한 결과 0.72의 정확률(accuracy)과 0.82의 재현률(recall)을 나타내었다.

도 있게 실험하지는 못하였으며 이점에 대하여 향후 연구를 계속 진행할 계획이다.

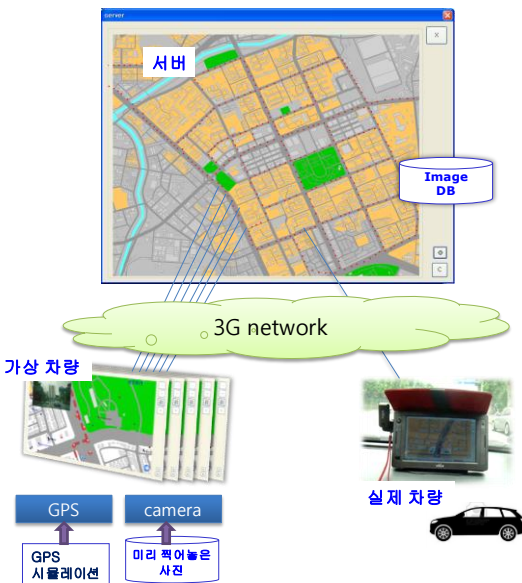


(a) Click 시 관심 지점 영상 요청/출력



(b) 근접한 관심 지점 영상 요청/출력

<그림 7> 관심 지점에 대한 영상 요청 및 출력



<그림 6> 가상 차량을 통한 시뮬레이션 방식

5. 결론

본 논문에서는 TPEG, CCTV와 같은 기존의 교통 정보 제공 방법의 제한 점을 극복하기 위하여, 각 차량들이 자신의 주행 전방에 대한 도로 영상을 촬영하여 서버로 업로드하고 서버는 운전자의 관심 지역에 대한 영상을 요청 시 다운로드 해주는 시스템을 제안하였다. 또한 본 논문에서 고려한 이슈 및 효과들을 실제 시뮬레이션 시스템의 구현을 통해 확인 및 분석하였다.

본 논문의 시스템을 통해 운전자는 좀더 생동감 있는 실시간 도로 영상을 직접 확인할 수 있으며, 나아가 기존 네비게이션 시스템에 유용하게 통합될 수 있을 것이다. 그러나 서버 집중화로 인한 트래픽 문제의 경우 심

6. 참고 문헌

- [1] M.Kilger "A Shadow Handler in a Video-based Real-time Traffic Monitoring System," in proceeding Application of Computer Vision, pp. 11-18, 1992
- [2] Transport Protocol Experts Group(TPEG), "TPEG Draft Specifications," <http://tech.ebu.ch/tpeg>
- [3] Collinson. P.A, "The Application of Camera Based Traffic Monitoring System," in Proceeding of IEEE Seminar on CCTV and Road Surveillance. vol.8, pp1-6, 1999
- [4] Cho.S, Kim Geon, Youngho Jeong, Chung-Hyun Ahn, Soo In Lee, HyuckJae Lee "Real Time Traffic Information Service Using Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting System," IEEE Transaction on Broadcasting, vol.52, no.4 pp.550-556, 2006.
- [5] P. Ciaccia, M. Patella, F. Rabitti, and P. Zezula, "Indexing metric spaces with M-tree," in Proceedings of the 23rd International Conference on Very Large Data Bases (VLDB 1997), pp. 426-435, 1997.
- [6] Chih-Wei Hsu, Chih-Chung Chang, and Chih-Jen Lin, "A Practical Guide to Support Vector Classification (Technical report)," Department of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan University. Taipei, 2003