

감시 대상의 위치 추정을 통한 감시 시스템의 에너지 효율적 운영 방법

이강욱*, 이수빈*, 이호원°, 조동호**

An Energy-Efficient Operating Scheme of Surveillance System by Predicting the Location of Targets

Kangwook Lee*, Soobin Lee*, Howon Lee°, Dong-Ho Cho**

요약

본 논문에서는 DSRC(Dedicated Short Range Communication)를 이용한 감시 대상의 검출을 통해 동작하는 카메라 기반의 감시 시스템 환경에서 저장 공간과 운영 전력 등 소비되는 자원을 절약하면서도 더 높은 사건 보고율을 달성할 수 있는 에너지 효율적 감시 카메라 운영 방법을 제시한다. 제안하는 감시 카메라 운영 방법은 입/출(入/出) 특성을 포함한 도로 환경과 카메라의 시야각을 추상화한 모델 정보와 감시 대상에 부착된 DSRC 단말로부터 수집되는 차량의 속도 벡터 정보를 고려하여 해당 감시 대상을 완벽하게 촬영하기 위해 사용되어야 할 카메라의 개수를 계산하고, 순차적으로 작동/종료함으로써 감시 시스템에서 사용되는 자원을 절약한다. 또한, 기존 감시 시스템의 운영 방식과 제안 방식의 성능 비교를 위한 모의실험을 수행하여 감시 시스템 운영비용의 절감 효과를 보였다.

Key Words : Surveillance systems, DSRC, Cost minimization, USN, Energy efficiency

ABSTRACT

In this paper, we propose an energy-efficient camera operating scheme to save energy which can be used for mass surveillance cameras. This technique determines how many cameras should be turned on in the consideration of the velocity vector of monitoring targets, which is acquired by DSRC object tracking, the model of the specification of installed cameras, and the road model of installed sites. Also, we address other techniques used to save energy for the surveillance system as well. Throughout performance evaluation, we demonstrate the excellence of our proposed scheme compared with previous approaches.

I. 서론

늘어가는 범죄의 예방과 공공 보안에 대한 국민적 필요의 증가는 CCTV 등의 영상 감시 시스템의 발달

및 보편화를 야기하였다¹⁻⁴⁾. 기존의 아날로그 기반 영상 감시 장비들은 디지털화 되어 기존의 동축 케이블 기반 영상 전송 및 비디오 테이프 기반 영상 녹화 방식에서 인터넷 기반 영상 전송 및 HDD 기반 영상 녹화

※ 본 발명(논문)은 방송통신기술개발사업 중 방송통신미디어 원천기술개발사업의 연구비 지원(과제번호:11912-03001)에 의해 수행되었습니다. & 본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업으로 지원된 연구임. [과제번호:10033822, 과제명: 대규모 지능형 협업 무인 감시 시스템 운영 프레임워크 기술]

♦ 주저자 : KAIST 전산학과, chaximeer@kaist.ac.kr, 학생회원

° 교신저자 : 국립한경대학교 전기전자제어공학과, hwlee@hknu.ac.kr, 종신회원

* KAIST IT융합연구소, soobinlee@itc.kaist.ac.kr, 정회원

** KAIST 전기및전자공학과, dhcho@kaist.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2011-10-474, 접수일자 : 2011년 10월 17일, 최종논문접수일자 : 2013년 1월 25일

방식으로 변화 되었다⁵⁾.

이러한 CCTV의 보편화는 더 많은 영역을 한 장소에서 소수의 인원으로 감시할 수 있게 하는 중앙집중형 감시시스템의 시대를 열었으나, i) 소수의 인원으로 모든 화면을 실시간으로 감시하기는 어렵다는 단점과 ii) 지속적인 녹화를 위해서는 HDD에 저장된 영상 데이터를 주기적으로 삭제해야 된다는 단점, iii) 수많은 감시 카메라를 운영하기 위해 막대한 양의 전력을 사용하게 되는 등의 문제점을 야기하였다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해서 카메라의 운영 방법도 발전되어 초기의 24시간 연속 감시 및 인력에 의한 사건 검출 방식에서 알고리즘을 이용한 자동 사건 검출 및 사건 기반 카메라 동작 방식으로 변화 되었다.

이 때, 사건이라 함은 감시 시스템이 운용되는 목적에 따라 정의되는 의미 있는 상황을 뜻하는 말로, 일반적인 감시 시스템의 경우 감시 영역 내에 새로운 물체의 침입이 발생하는 경우를 사건이라고 분류한다. 현재 통용되고 있는 감시 카메라의 경우 크게 두 가지 방식으로 사건을 판단하는데, i) 주변 장치를 이용하여 사건을 감지(예: DSRC)하거나 혹은 ii) 카메라의 CCD(Charge Coupled Device)에 포착된 연속적 프레임의 광량 변화량이 감시 시스템 운영자가 설정한 역치보다 커졌을 경우에 사건이라 판단하는 방식이 있다¹⁾.

본 논문에서는 i)의 방식 중 DSRC 단말을 이용하여 수집된 물체의 속도 등 인식 정보를 바탕으로 감시 시스템의 사건 보고율(보고된 사건 수/총 사건 수)과 위정 오보율(실제 사건이 아닌데 사건이라 보고할 확률)을 개선하여 영상 감시 시스템에서 소비되는 기록 매체, 전력 등의 자원들을 절약할 수 있는 감시 카메라 운영 기법에 대해 소개한다.

본 논문의 2장에서는 DSRC를 이용하여 감시 대상이 되는 자동차의 위치를 인식하는 방법에 대해 제시하고, 3장에서는 감시 카메라 동작 환경과 함께 그를 추상화하기 위한 감시 카메라 시야각 모델과 도로 모델을 제안하며, 4장에서는 2장과 3장에서 소개한 정보를 이용하여 동작하는 감시 시스템 운영 방법을 소개한다. 5장에서는 모의실험을 통한 성능 비교로 제안 운영 방법의 자원 절감 효과를 보이며, 마지막 6장에서 본 논문을 마무리 한다.

II. 감시 대상 추적 방법

객체를 추적하는 가능한 방법으로는 WiFi,

GSM등의 객체에 포함된 각종 이동통신장비를 활용한 방법이 있고, 적외선, 초음파 등을 이용한 객체의 도움없이 추적할 수 있는 방법, 그리고 RFID, DSRC등의 객체 추적을 위한 별도의 시스템을 통해 감시 대상을 추적할 수 있다⁶⁾.

먼저 WiFi, GSM등이 내장된 임의의 핸드폰, 노트북등 각종 이동통신장비를 활용한 방법이 있는데, 주로 삼각법에 의해서 이루어진다. 이용자의 단말기로부터 들어오는 전파의 도래각을 기지국에서 측정하여 측위하는 AOA(Angle of Arrival)방식, 정확히 동기화된 기지국들의 신호도달 시간을 이용하는 TOA(Time of Arrival), 인접 기지국들로부터의 신호 도달 시간 차이를 이용하는 TDOA (Time Difference of Arrival)방식이 있다.

가시영상(visible image), 적외선(infrared), 열 적외선(thermal infrared), 레이더(radar) 및 밀리미터파(millimeter wave)등의 영상을 획득하여 감시 대상을 추적하는데 사용하는 여러 기술의 개발도 다양하게 진행되고 있다.

WiFi, GSM등의 이동통신장비를 활용한 감시 대상 추적 방법은 현재 기술로는 장애물의 유무, 기지국들의 미세한 오차들로 인해 정확도에 한계가 발생한다. 다양한 파장의 전자기파를 이용한 검출방법은 감시 대상의 협조 없이 일반적인 상황에 사용할 수 있지만, 또한 감시 대상이 아닌 개체의 방해로 받아 정확도가 떨어지고 상대적으로 비싼 비용의 센서들이 필요하다.

RFID, DSRC등의 태그를 감시 대상에 설치하여 감시 대상을 추적하는 방법은 감시 대상의 적극적인 협조가 필요하여 일반적인 상황에서 사용하기는 쉽지 않다. 이동통신장비를 활용한 추적 방법이나, 다양한 가시광선을 이용한 추적 방법에 비하여 저렴한 비용으로 설치할 수 있으며, 또한 높은 정확도를 얻을 수 있다. RFID의 경우 태그에 전력이 필요없지만 상대적으로 통신 거리가 짧은 점 때문에, 본 논문에서는 DSRC 기술을 이용한 감시 대상 추적을 수행하도록 한다.

III. 감시 시스템 운영 환경 모델

3.1. 감시 시스템 운영 환경

제안하는 감시 시스템 운영 방법은 기본적으로 영상 감시 장비 기반의 감시 시스템에 적용이 가능하다. 이러한 영상 기반 감시 시스템은 감시 카메라의 영상 전

송 방식에 따라 크게 네트워크 기반의 디지털 영상 감시 시스템과 아날로그 영상 감시 시스템으로 나뉜다. 제안하는 감시 시스템 운영 방법을 적용하기 위해서는 네트워크 기반의 디지털 영상 감시 시스템의 경우, 감시 시스템의 관제 서버 단에서 제안하는 운영 방법의 적용이 가능하며, 아날로그 영상 감시 시스템의 경우, 영상 중계기 혹은 DVR과 같이 영상 입력이 집중되는 장비에 제안하는 운영 방법이 반영된 운영 소프트웨어를 적용하는 것이 가능하다.

이러한 감시 시스템의 운영 환경은 크게 옥외/옥내 용으로 나뉠 수 있는데, 본 논문에서는 옥외 환경, 특히 도로 환경에서 사용되는 감시 시스템을 가정하여 감시 시스템 운영 방식을 서술한다. 이 때, 도로 환경에서의 감시 대상은 인물이라기보다는 자동차에 초점이 맞춰지게 되므로 자동차에 국한하였으며, 오고가는 자동차의 번호판과 운전자를 촬영할 수 있으면서도 자동차의 운행 경로를 모두 촬영할 수 있는 현실적인 감시 상황을 가정하기 위해 감시 카메라는 상행선/하행선 상의 중간 지점에 설치된다고 가정한다.

제안하는 감시 시스템 운영 방법은 인물을 대상으로 하는 감시 시스템에도 적용이 가능한데, 이러한 경우에는 감시하고자 하는 영역을 완벽하게 촬영할 수 있도록 감시 카메라를 배치해야 되어 있으며 감시 대상의 입/출이 일어나는 입구와 출구가 명확한 환경에서 적용될 수 있다.

카메라의 설치 환경을 모델링하기 위해서는 카메라 시야 범위에 대한 모델과 카메라가 설치되는 도로 환경의 모델이 필요한데 각각에 대한 자세한 정보는 2절과 3절에서 서술한다.

3.2. 카메라 시야각 모델

감시 카메라를 모델링할 때 고려되는 중요 요소로는 감시 카메라의 고유 특성인 카메라 스펙과 감시 카메라의 설치 환경에 따라 결정이 되는 설치 환경 파라미터가 있다. 아래의 그림 1은 카메라의 동작 환경을 나타내기 위한 파라미터들과 그에 따른 카메라의 시야 영역을 나타낸 카메라 시야각 모델이다.

위 그림에서 감시 카메라의 고유 특성인 카메라 스펙에 따라 결정되는 파라미터로는 카메라의 상하 시야각(θ)와 좌우 시야각(ϕ), 최대 시야거리인 L 이 있으며, 카메라의 설치 환경에 따라 결정이 되는 설치 환경 파라미터로는 카메라의 설치각(ξ)과 카메라의 설치 높이 h 가 있다. 이 때, 최대 시야거리 L 을 보장하는 카메라 설치각 ξ 은 다음과 같은 방정식에 의해 도출될 수 있다.

$$\xi = \cos^{-1}\left(\frac{h}{L}\right) - \theta \quad (1)$$

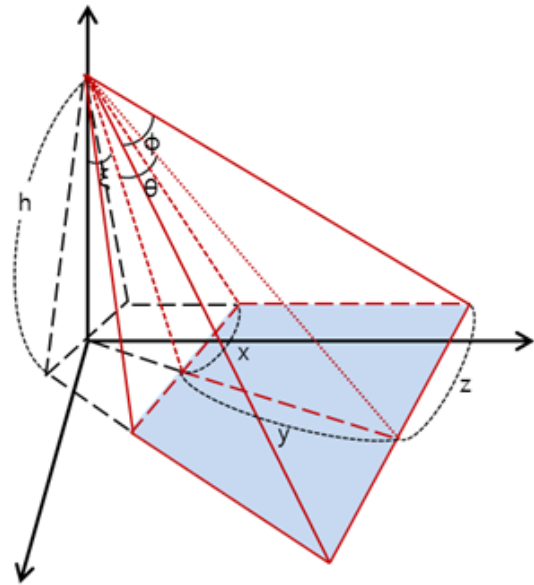


그림 1. 카메라 스펙을 고려한 설치 환경 모델
Fig. 1. Installation Model Considering Camera Specifications

위의 그림1에서 도출된 파라미터는 아래 그림 2의 카메라 시야각 모델에서 카메라의 시야 범위를 결정하는 성능 파라미터 x, y, z 를 도출하는데 사용된다.

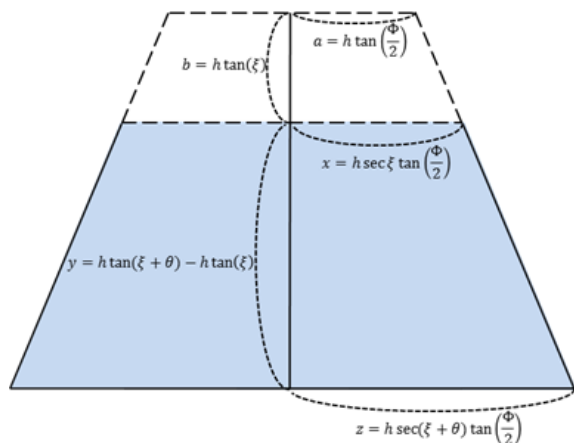


그림 2. 카메라 시야각 모델
Fig. 2. Camera Field of View (FoV) Model

위의 그림2에서 x, y, z 는 각각 카메라 시야 범위의 최단 가로 길이, 카메라 시야 범위의 세로 길이, 카메라 시야 범위의 최대 가로 길이를 나타내는데 위에서 제시한 감시 카메라 시야각 모델 파라미터를 이용하여 다음과 같이 수식화 될 수 있다.

$$x = h \sec(\xi) \tan\left(\frac{\phi}{2}\right) \quad (2)$$

$$y = h(\tan(\xi + \theta) - \tan(\xi)) \quad (3)$$

$$z = h \sec(\xi + \theta) \tan\left(\frac{\Phi}{2}\right) \quad (4)$$

이 때, 카메라와의 수직거리 $d_{vertical}$ 에 대한 카메라 시야 범위의 가로 길이 $d_{horizon}$ 는 다음과 같이 수식화 될 수 있다.

$$d_{horizon} = \frac{(h + d_{vertical})(1 + \tan(\xi + \theta))}{\sec(\xi + \theta) \tan\left(\frac{\Phi}{2}\right)} \quad (5)$$

3.3. 도로 모델

국토해양부령 제 101호, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에 의하면 우리나라 대부분의 도로의 폭은 3m에서 3.5m이다. 본 연구에서는 차량 감시에 초점을 맞추기 위해 고속도로 환경을 고려하기 때문에 도로 폭은 3.5m라고 가정한다.

표 1. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙
Table 1. Regulation for Road Facilities

Type of road		Minimum width of road (m)			
		Rural area	Urban area	Compact road	
Express way		3.50	3.50	3.25	
City road	Expected speed (km/h)	over 80	3.50	3.25	3.25
		over 70	3.25	3.25	3.00
		over 60	3.25	3.00	3.00
		under 60	3.00	3.00	3.00

감시 카메라가 편도 차선의 중앙에 설치될 경우, 우리나라의 일반적인 고속도로 환경을 고려했을 때 적합한 감시 카메라 설치환경의 파라미터 값들을 다음과 같이 정할 수 있다.

표 2. 도로 환경 파라미터
Table 2. Road Parameter

e	Width between lanes	v_{min}	Low speed limit
w	Width of road	v_{lmax}	High speed limit
n	Number of lanes	v_{max}	Top speed of vehicle (Legal limit: 220km/h)
r	Distance between installed cameras		

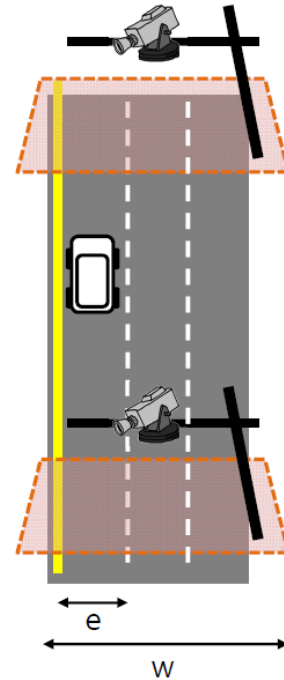


그림 3. 도로 모델
Fig. 3. Road Model

3.2절에서 주어진 카메라 시야각 모델과 방정식(5)에서 도출한 카메라 시야의 가로 길이 w 를 이용한다면 차선폭이 e 인 도로 환경에서 카메라와 감시 대상 사이의 수직거리 $d_{vertical}$ 에 대해 카메라로 감시할 수 있는 도로의 최대 차선 수 m 을 다음과 같이 도출 할 수 있다.

$$m = \left\lfloor \frac{w}{e} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{(h + d_{vertical})(1 + \tan(\xi + \theta))}{e \sec(\xi + \theta) \tan\left(\frac{\Phi}{2}\right)} \right\rfloor \quad (6)$$

IV. 위치 추정을 통한 감시 시스템 운영 방법

4.1. 감시 대상 위치 추정 알고리즘

본 논문 2장에서 소개한 감시 대상 추적 방법 중 DSRC를 이용한 감시 대상 추적 방법을 이용하여 차량을 식별하고 차량의 속도 및 차선 정보를 검출한다. 지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transportation System)의 도입과 차량 지능화에 따른 ECMS(Electric Commercial Mangement System) 단말의 도입은 DSRC를 통한 차량 인식과 정보 수집을 가능하게 하였다. 이론상

DSRC는 200m의 최대 통달 거리를 가지며, 데이터 전송속도 4Mbps를 보장한다.

대표적인 DSRC 단말로는 차량에 설치되는 하이패스 단말이 있는데, 본 논문에서는 편의를 위해 모든 차량에 DSRC 단말이 설치되어 있다고 가정한다. 이 때, DSRC 단말을 통해 수집된 감시 대상의 식별 정보와 감시 대상의 속도와 차선 정보를 토대로 감시 대상의 t 초 후 위치를 추정한다. 이 때, t 는 수면 모드로 동작하는 감시 카메라가 감시 대상을 식별하고 녹화할 수 있는 감시 모드로 전환되는데 필요한 시간을 의미한다.

속도 v 로 이동하고 있는 감시 대상의 t 초 후 이동 거리 D 는 다음과 같이 수식화 될 수 있다.

$$D = v \cdot t \quad (7)$$

차량의 최대 엔진 토크 tq_{max} 와 차량 중량 m 을 통해 계산될 수 있는 최대 가속 성능 a_{max} 는 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$a_{max} = \frac{tq_{max}}{m} \quad (8)$$

이렇게 산출된 최대 가속 성능을 고려한 t 초 후 최대 이동 거리 D_{max} 는 다음과 같이 수식화 될 수 있다.

$$D_{max} = t(v + a_{max} \cdot t) \quad (9)$$

4.2. 위치 추정을 통한 감시 시스템 운영 방법

본 논문에서 소개하는 위치 추정을 통한 감시 시스템 운영 방법은 DSRC를 통해 수집된 차량의 정보를 토대로 감시 카메라의 동작 유무를 결정하여 감시 카메라의 동작 및 영상 송출에 소요되는 전력 및 영상 녹화를 위해 소요되는 저장 공간을 절약하기 위한 방법을 제시한다.

본 감시 시스템 운영 방법은 길의 진입로, 입구, 교차로 부분 등 특정 부분에서만 입/출이 일어나는 길의 특성을 이용하는데, 이러한 특성은 특히 고속도로 등 감시 대상의 이동 방향이 일정한 방향으로만 이루어지는 차량 전용 도로환경에서 두드러지게 나타난다. 본 논문에서는 편의를 위해 본 감시 시스템 운영 방법이 최상의 성능을 발휘할 수 있는 고속도로 환경을 예로 들어 구체적인 방법을 소개한다.

본 감시 시스템의 운영을 위해서는 위치적 특성에 따라 그룹화된 감시 카메라 집단(예: 경부고속도로 양

재 나들목 근처 감시 카메라)이 나뉘어져 있어야 한다. 이 때, 최상의 카메라 시야 확보와 DSRC를 통한 차량 정보 수집의 정확도를 높이기 위해 감시 카메라는 도로의 중앙에, DSRC 안테나는 도로의 양 옆에 설치되어 있다고 가정한다. 제안하는 감시 시스템 운영 방법을 적용하기 위해서는 도로 기준으로 가장 앞쪽에 설치된 카메라는 위에서 제시한 감시 카메라 집단에 의해 확보된 감시 영역에 새로이 진입하는 감시 대상의 정보 추출을 보장하기 위해 24시간 동작하여야 하며, 이후에 설치된 감시 카메라는 자신의 감시 영역에 감시 대상이 존재하지 않는한 에너지의 절약을 위해 수면 모드로 유지된다. 가장 앞쪽에 설치된 카메라에서 새로운 감시 대상의 입장을 인식했을 시, DSRC를 통해 수집된 감시 대상의 정보를 이용하여 해당 감시 대상의 이동을 촬영하기 위해 필요한 뒤 따르는 카메라의 개수와 다음 카메라가 켜질 때까지의 최적의 지연 시간을 계산한다.

감시 대상의 이동을 촬영하기 위해 필요한 뒤따르는 카메라의 개수를 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$\left\lceil \frac{D}{r+b+y} \right\rceil \quad (10)$$

낭비되는 에너지와 영상 저장 공간을 최소화하기 위한 다음 카메라가 켜질 때까지의 최적 지연 시간은 다음과 같은 수식에 의해 계산될 수 있다.

$$\left\lceil \frac{r}{v} \right\rceil \quad (11)$$

이 때, 감시 대상의 속도가 일정하지 않은 구간에서는 감시 대상의 속도가 증가되는 경우를 고려해야 되는데, 국내 자동차 규제 상 차량 최대속도는 220km/h이므로, 이를 고려하면 다음과 같이 에너지 낭비가 다소 있을 가능성이 있으나 모든 경우를 감당할 수 있는 최소 작동 지연 시간을 계산할 수 있다.

$$\left\lceil \frac{r}{220km/h} \right\rceil \quad (12)$$

또한, 위의 운영 방법을 통해 동작하게 된 카메라에서 지정된 타임아웃 시간이 지났음에도 불구하고 해당 감시 대상의 입장이 감지되지 않았을 시에는 동작되었던 카메라를 다시 수면 모드로 전환하여 자원 낭비를 막고, 감시 시스템 운영자에게 해당 감시 차량의 사고

발생 가능성에 대한 경고 메시지를 자동적으로 전달하게 하여 보다 효율적인 교통 관리를 가능케 한다. 이때, 타임아웃 시간은 도로에 따라 지정되어 있는 최저 속도 기준에 따라 산출되게 되는데, 이를 계산하기 위한 수식은 다음과 같다.

$$t_{timeout} = \left\lceil \frac{r}{v_{lmin}} \right\rceil \quad (13)$$

이후, 카메라의 감시 영역을 벗어난 카메라가 다음 카메라의 감시 영역에 돌입하게 됐을 시에는 위의 과정이 반복되어 해당 감시 카메라에 뒤따르는 감시 카메라의 동작 유무를 결정하게 된다. 제안 운영 방법의 이러한 반복적 정제과정은 감시 카메라의 위정 보고율을 적응적으로 감소시켜 감시 대상의 이동을 완벽하게 감시 및 촬영하면서도 낭비되는 에너지 및 영상 저장 공간의 최소화를 가능케 한다.

V. 모의 실험

5.1. 모의실험 환경

현실적으로 감시 카메라가 도로의 전 구간에 설치되는 것은 비용이 많이 들기 때문에 사고가 자주 발생하는 구간 등의 특정한 구간에 카메라를 설치하게 된다. 따라서 앞서 기술한 바와 같이 카메라들이 그룹화 되어 설치되는 것을 가정한다. 특정구간을 감시하기 위한 카메라 그룹에 속한 카메라의 개수를 k 개라고 했을 때, 그 특정구간에 차량이 진입하는 것을 감지하기 위해서 가장 앞부분에 위치한 카메라는 항상 켜져 있고 다른 $k-1$ 개의 카메라는 슬립모드를 유지하다가 앞의 카메라로부터 신호를 받으면 동작을 한다. 차량의 속도는 v , 카메라 간 설치 거리는 r , 카메라의 감시범위의 길이는 y 일 때 (r/y) , 해당 특정구간의 전체길이는 $y+(k-1)r$ 이며 이 차량이 해당 특정구간을 빠져나가는 데에 걸리는 시간은

$$t_p = \frac{y + (k-1)r}{v} \quad (14)$$

가 된다.

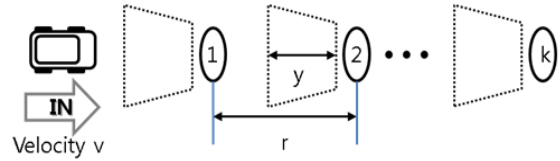


그림 4. 모의실험 환경
Fig. 4. Simulation Environment

카메라가 소모하는 에너지는 다음과 같이 정의한다. 카메라가 영상을 수집하기 위해 소모하는 초당 에너지는 E_{ca} , 카메라가 영상을 녹화하기 위해 소모하는 초당 에너지는 E_{re} , 카메라가 영상을 관제센터로 전송하기 위해 소모하는 초당 에너지는 E_{tx} 이다.

제안방안과의 비교를 위해 감시 카메라가 항상 켜져 있는 일반적인 시나리오에서 한 대의 차량이 특정구간에 들어온 후 빠져나가기까지의 에너지 소모량을 계산하면 다음과 같다.

$$E_{gn} = t_p k (E_{ca} + E_{re} + E_{tx}) \quad (15)$$

한편 제안방안의 에너지 소모량은 다음과 같이 계산된다.

$$E_{pp} = t_p (E_{ca} + E_{re} + E_{tx}) + \left(\frac{y}{v}\right) (k-1) (E_{ca} + E_{re} + E_{tx}) \quad (16)$$

첫 번째 부분은 구간의 가장 앞에 위치한 카메라의 에너지 소모량이며 두 번째 부분은 나머지 $k-1$ 개 카메라의 에너지 소모량이다.

마지막으로 각 개별 카메라는 차량 감지를 위해 항상 켜져 있고 카메라가 차량을 감지하는 순간부터 시야범위에서 사라지는 순간까지 영상정보를 녹화하고 관제센터로 전송하는 이벤트 드리븐 방식의 에너지 소모량을 계산하면 다음과 같다.

$$E_{ed} = t_p k E_{ca} + k \left(\frac{y}{v}\right) (E_{re} + E_{tx}) \quad (17)$$

표 3. 실험 파라미터 값
Table 3. Simulation Parameter

Parameter	Value
r	[200 300 400 500] m
y	180 m
k	[5 10 15 20]
v	100 km/h
E_{ca}	5 W
$E_{re}+E_{tx}$	[1 3 5] W

5.2. 모의실험 결과

앞서 정의한 여러 방식들의 에너지 소모량을 바탕으로 모의실험을 진행하였다. 먼저 그림5는 카메라 간 설치거리 r에 따른 에너지 소모량을 실험한 결과이다. 카메라 간 설치거리는 200m에서 500m까지 증가시켜가며 실험하였고 이 때의 k값은 10, $E_{re}+E_{tx}$ 값은 1W이다. 그림5에서 볼 수 있듯이 상시 작동하는 방식의 에너지 소모량이 제일 크다. 이벤트 트리븐 방식의 경우 카메라는 항상 켜져 있는 반면 영상 녹화와 전송은 차량이 카메라의 시야에 있을 때만 이루어지기 때문에 상시 작동하는 방식에 비해 에너지 소모량이 약간 감소한다. 제안 방식의 경우 영상 녹화, 전송 뿐만 아니라 카메라의 동작도 필요시에만 이루어진다. 따라서 에너지 소모량이 가장 작다.

그림 6은 설치된 카메라 수 k에 따른 카메라 당 평균 에너지 소모량을 나타낸다. 상시 작동 방식과 이벤트 트리븐 방식의 경우, 설치된 카메라 수가 증가하게 되면 차량이 특정구역에 들어와서 빠져나가기까지 걸리는 시간이 길어진다. 이 시간동안 카메라는 계속 켜져 있기 때문에 카메라 당 평균 에너지 소모량이 증가한다. 반면 제안 방식은 항상 켜져 있기 때문에 차량이 빠져나가는 데까지 걸리는 시간과 무관하게 카메라 당 일정한 에너지만을 소모한다.

그림 7은 추가 소모전력량 $E_{re}+E_{tx}$ 에 따른 에너지 소모량을 나타낸다. 상시 작동 방식은 카메라가 항상 영상을 녹화하고 관제센터로 전송한다. 따라서 그에 따른 에너지 소모량이 증가하면 전체 에너지 소모량도 증가한다. 이벤트 트리븐 방식의 경우 대부분의 전력 소모는 카메라의 촬영으로 인해 발생한다. 따라서, 녹화나 전송에 따른 에너지 소모량이 증가해도 전체 에너지 소모량에는 크게 영향을 받지 않는다. 제안방안은 카메라로 인한 전력소모와 녹화와 전송으로 인한 전력소모가 같이 이루어지기 때문에 녹화와 전송에 소모되는 에너지가 증가하면 전체 에너지 소모량이 영향

을 받아 증가한다.

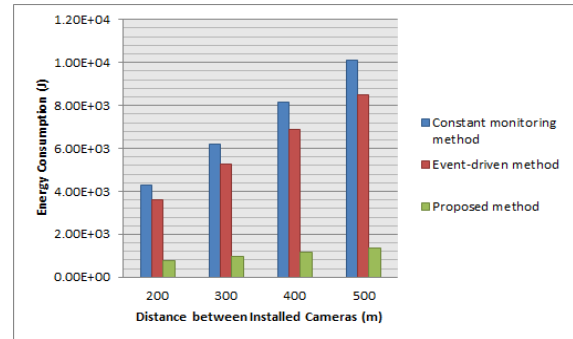


그림 5. 카메라 간 설치거리에 따른 에너지 소모량
Fig. 5. Amount of Energy Consumption According to Distance Between Cameras

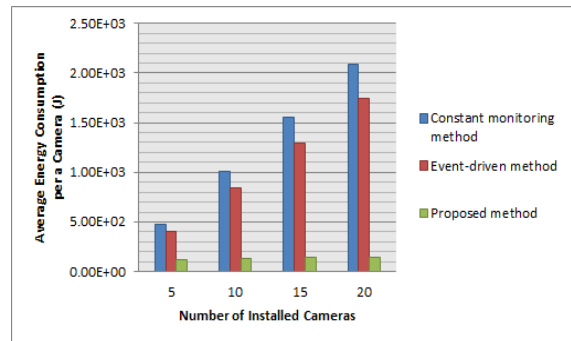


그림 6. 설치된 카메라 수에 따른 카메라 당 평균 에너지 소모량
Fig. 6. Average Amount of Energy Consumption of Each Camera According to the number of Cameras

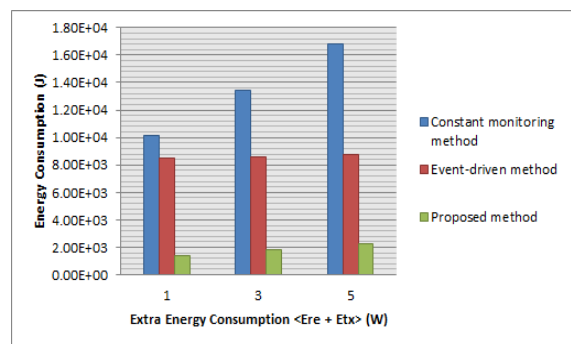


그림 7. 추가 소모 전력량에 따른 에너지 소모량
Fig. 7. Amount of Total Energy Consumption According to Additionally Used Energy.

VI. 결 론

본 논문에서는 DSRC, 카메라 시야각 모델, 도로 모델을 이용한 감시 대상의 위치 추정 방법과 그를 이용한 에너지 효율적 감시 시스템 운영 방법에 대하여 소개하였다. 제안하는 감시 시스템 운영 방법의 적용

을 통해 위정 보고를 줄이면서도 감시 영역에서 발생하는 모든 사건을 감지할 수 있으며, 이를 통해 감시 카메라의 운영을 위해 사용되는 자원을 절감할 수 있다는 것을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] K. W. Lee, M. W. Ham, H. W. Lee, and D. H. Cho, "ECOS: energy-efficient camera operating scheme for large scale surveillance systems," in Proc. the 1st Int. Conf. ICT Convergence (ICTC 2010), pp. 448-449, Nov. 2010.
- [2] I. F. Akyildiz, T. Melodia, and K. R. Chowdury, "Wireless multimedia sensor networks: a survey," Wirel. Commun., IEEE, vol. 14, no. 6, pp. 32-39, Dec. 2007.
- [3] I. F. Akyildiz, T. Melodia, and K. R. Chowdhury, "Wireless multimedia sensor networks : applications and testbeds," in Proc. IEEE, vol. 96, no. 10, pp. 1588-1605, Oct. 2008.
- [4] Y. Yao, C. H. Chen, B. Abidi, D. Page, A. Koschan, and M. Abidi, "Can you see me now? Sensor positioning for automated and persistent surveillance.," IEEE Trans. Syst. Man. Cy. B., vol. 40, no. 1, pp. 101-15, Feb. 2010.
- [5] T. D. Raty, "Survey on contemporary remote surveillance systems for public safety," IEEE Trans. Syst. Man. Cy. C. (Applications and Reviews), vol. 40, no. 5, pp. 493-515, Sep. 2010.
- [6] J. H. Yoo, K. Y. Moon, and H. S. Cho, "Trends in Intelligent Video Surveillance", Electronics and Telecommunications Trends, vol. 23, no. 4, pp. 80-88, Aug. 2008.

이 강 욱 (Kangwook Lee)



자연어처리, HCI

2010년 2월 한동대학교 전산 전자공학부 졸업
 2012년 1월 KAIST 전산학과 석사
 2012년 2월~현재 KAIST 전산학과 박사과정
 <관심분야> IT융합, 정보검색,

이 수 빈 (Soobin Lee)



2012년 3월~현재 KAIST IT융합연구소 팀장
 <관심분야> 이동통신, 웹, 데이터마이닝, HCI

2003년 2월 KAIST 전기및전자공학과 학부 졸업
 2011년 8월 KAIST 전기및전자공학과 석사 및 박사 졸업
 2011년 6월~2012년 2월 KAIST IT융합연구소 선임연구원

이 호 원 (Howon Lee)



2010년 3월~2012년 2월 KAIST IT융합연구소 팀장
 2010년 7월~2012년 2월 KAIST IT융합연구소 연구조교수
 2012년 3월~현재 국립한경대학교 전기전자제어공학과 조교수
 2012년 3월~현재 KAIST IT융합연구소 겸직교수
 <관심분야> 차세대 무선통신, 직접통신, N-스크린서비스, 지식융합기술

2003년 2월 KAIST 전자전산학과 졸업
 2009년 8월 KAIST 전기및전자공학과 박사(석박사 통합)
 2009년 6월~2010년 2월 KAIST IT융합연구소 선임연구원

조 동 호 (Dong-Ho Cho)



1979년 2월 서울대학교 전자
공학과 졸업

1981년 2월 한국과학기술원
전기및전자공학과 석사

1985년 2월 한국과학기술원
전기및전자공학과 박사

1985년 3월~1987년 2월

KAIST 통신공학연구실 선임연구원

1987년 3월~1988년 1월 경희대학교 전자계산공학
과 교수

1989년 9월~1995년 7월 경희대학교 전자계산소
소장

1998년 2월~현재 KAIST 전기및전자공학과 교수

2002년 3월~2004년 5월 KTF 사외이사

2003년 9월~2006년 8월 정보통신부 IT신성장동력
이동통신 PM

2004년 4월~2006년 8월 과학기술부 차세대 성장
동력 차세대 이동통신사업단 단장

2007년 1월~2011년 8월 KAIST IT융합연구소 소
장

2009년 5월~2011년 9월 KAIST 온라인전자자동차
사업단 단장

2010년 5월~2012년 5월 한국연구재단 기초연구본
부융합과학단 전문위원

2010년 10월~2015년 10월 KAIST 조천식 녹색교
통대학원 원장

2011년 5월~2013년 4월 (주)만도 기술자문위원

2011년 7월~현재 KAIST ICC 부총장

2011년 11월~현재 KAIST 무선전력전송 연구센터
소장

2012년 6월~2015년 6월 국토해양부 한국해양과학
기술원 비상임이사

<관심분야> 5세대 이동 통신, 무선 전력 전송, 유전
체 분석 및 모델링