

유비쿼터스 센서 네트워크를 위한 영상 변화 탐지 알고리즘 구현

Implementation of an Image Change Detection Algorithm for Ubiquitous Sensor Networks

김선철*, 어진우**
Sun-cheol Kim, Jinwoo Eo

Abstract - We propose an image change detection algorithm implemented on sensor nodes of the ubiquitous sensor network(USN). The proposed algorithm was designed for the robust detection of image changes regardless of the continuously changing ambient illumination environment. Morphological lowpass filter was used for estimating the illumination component in order to reduce computational burden instead of the existing Gaussian lowpass filter. The decision of the change detection is based on the result of threshold of difference image between two consecutive images. We also propose a new thresholding method using precalculated histogram information. The proposed algorithm was implemented on the MSP430 16bit microprocessor.

Key Words : USN, Sensor Network, Change Detection, Frame Differencing

1. 장 서 론

최근 정부의 U-City 구축사업에 힘입어 유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network, USN) 기술은 최대의 관심분야로 대두되고 있다. USN은 저 전력 근거리통신을 기반으로 모든 전자 기기에 응용하여 상호 통신을 가능케 하는 기술을 말한다. USN 기술의 효과적인 적용 분야를 살펴보면, 교통 서비스, 재난·재해 환경 서비스, 무인 감시, U-헬스케어 등의 분야를 포함하여 광범위하게 생활 전반에 적용할 수 있다[1]. 또한 최근 카메라는 지속적인 성능 발전으로 인한 저가보급으로 기존의 센서를 이용한 측정을 카메라로 대체하여 고성능, 고효율의 측정을 할 수 있게 되었다. 따라서 카메라가 사용되는 USN 분야는 점차 그 활용도와 기능면에서 기존의 호스트시스템을 필요로 하는 영상 관련분야를 대체할 수 있을 것으로 기대한다. 센서 노드를 이용한 무인 감시나 U-헬스케어에 있어 절대적인 고려사항은 무선 데이터 전송시의 전력소모이다. 무선 데이터 전송시에 가장 많은 전력소모가 되기 때문에 데이터 전송량을 줄이는 것이 큰 관심사이다. 해결방안으로 영상크기조절, 데이터전송간격 조절 등이 필요하다. 현재까지는 문제해결을 위해 직접적인 영상처리보다는 영상의 크기 조절 및 노드별 전송간격 조절을 하고 있다[2].

영상정보에 따른 변화를 알아내기 위한 방법으로 영상처리분야에서 영상 변화 탐지 알고리즘이 사용된다. 영상 변화 탐지 알고리즘은 영상 보안 알고리즘으로부터 발전하고 있

며, 특히 비디오 영상 탐지(VMD)가 제안되면서 관련 알고리즘이 더불어 발전해 왔다. 영상 변화 탐지 알고리즘은 크게 가우시안 믹스처 모델(GMM), 패턴 인식 등의 복잡한 처리과정을 가지는 알고리즘과 영상 차(Frame Differencing)와 같은 간단하여 빠른 실행속도를 가지는 알고리즘으로 나뉜다. 대부분 영상 변화 탐지 알고리즘은 영상을 획득 후 호스트 시스템(host system)에서 관련 알고리즘이 실행되는 것이 대부분이므로 무인 감시나 U-헬스케어에 쓰인다하더라도 호스트 시스템까지 전송되어지는 영상정보 데이터양은 전혀 줄어들지 않으며, 모든 전송영상에 대해 영상탐지 알고리즘이 적용되어야하므로 영상 탐지 알고리즘 연산 량이 많게 된다[3].

본 논문에서는 센서노드상의 전력소모를 최소화하기 위한 영상 변화 탐지 알고리즘을 센서노드 시스템 상에 구현하였다. 전력 소모 및 전송량을 줄이기 위하여 센서노드 상에서 영상 변화 탐지 알고리즘 수행 후 필요한 영상 데이터에 대해서만 전송하는 것이 필요한데, 이를 위하여 센서노드에서 1차적인 실시간처리가 가능한 영상 탐지 알고리즘을 포함시켜 전송되는 데이터양을 감소시키며, 영상 변화 탐지 알고리즘 결과 다른 센서 네트워크 노드에 신호전달로 침입경보나 관리자에게 연락 등의 부가적인 기능이 가능한 센서 네트워크를 위한 영상 변화 탐지 알고리즘을 제안한다.

2. 장 유비쿼터스 센서 네트워크 노드

2.1 절 센서 노드

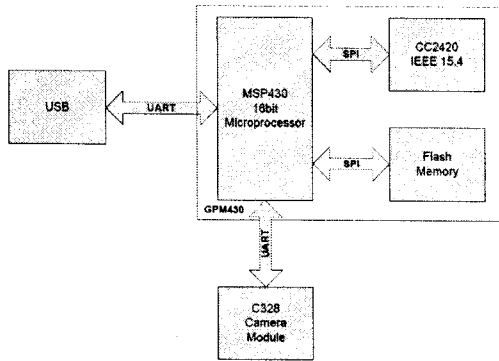
본 논문에서 사용된 센서노드는 전자부품연구원(KETI)에서 제작한 GPM430에 C328 CMOS 카메라 모듈을 연결하여 구성하였다. GPM430은 TI의 16bit 마이크로프로세서인 MSP430F1611과 Chipcon의 IEEE 802.15.4 규격을 만족하는

저자 소개

* 學生會員 : 檀國大學 電子電氣工學科 碩士課程

** 正會員 : 檀國大學 電子電氣工學科 教授

Zigbee 통신용 CC2420으로 구성된 센서노드로 U. C. Berkeley에서 개발된 Mote인 Telos의 개선모델, Telosb 플랫폼과 호환되게 만든 센서 노드이다[4]. 아래 [그림 1]은 블록 다이어그램은 본 논문에서 사용한 센서노드의 구성도이다.



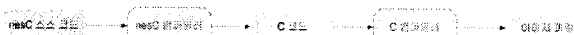
[그림 1] 센서노드 블록 다이어그램

USB는 PC간 통신 시 이용하여 MSP430 내부 플래시 메모리에 프로그램을 기록하게 되며, 실제 무선데이터 전송 시에는 사용되지 않는다. [그림 1]에 보이는 플래시메모리는 1Mbyte의 확장용으로 추후 프로그램의 변경 시 사용할 수 있게 제작 되었다. MSP430 마이크로프로세서는 3V의 동작 전압 인가 시 약 6.4MIPS의 동작속도를 가질 수 있다. C328 CMOS 카메라모듈은 VGA부터 80x64의 영상해상도와 JPEG 영상 포맷, RGB565, RGB444, Gray 2, 4, 8bit를 지원하여 저 사양 마이크로프로세서에서 영상처리가 가능하다. 특히 대기 전류가 100uA정도로 작기 때문에 센서노드에서 사용하기에 적합한 카메라모듈이다.

2.2 절 TinyOS 와 NesC

본 논문에서 사용한 GPM430 센서 노드에는 U. C. Berkeley에서 배포하는 TinyOS를 사용하였다. TinyOS는 마이크로프로세서의 장치 및 통신관련 내용이 nesC언어 기반의 문법 모듈로 구현되어 있어 쉽게 접근가능하다.

TinyOS는 어플리케이션 개발을 위해 nesC라는 언어를 사용한다. [그림 2]는 nesC의 컴파일과정을 보여준다. 이처럼 nesC는 컴포넌트 기반이며 C언어와 유사한, 일종의 프리프로세서 (pre-processor)방식으로 nesC는 소스코드를 C파일로 변환하고, 이 파일을 GCC 컴파일러로 컴파일과 링크하여 사용하게 된다.



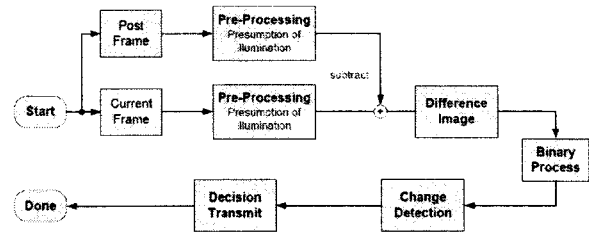
[그림 2] nesC 컴파일 과정

3. 영상 변화 탐지 알고리즘

대부분의 영상처리 알고리즘들은 PC기반으로 구현되기 때문에 연산 량이 크게 문제가 되지 않았지만, 16bit의 마이크로프로세서에서 구현이 되어야 하므로 제안하는 영상 변화 탐지 알고리즘은 기존의 영상 변화 탐지 알고리즘에 비해 연

산 량이 작다는 것이 가장 큰 차이점이다.

제안 알고리즘은 연산 량이 적고 실시간 연산에 적합한 영상차이 (Frame Differencing) 알고리즘을 사용하고, 단 주변 조명환경 변화에 민감도를 줄이기 위한 전처리를 추가하여 주변조명 적응형 차이영상을 얻는 알고리즘을 [그림 3]과 같이 제안한다.



[그림 3] 제안 알고리즘 블록 다이어그램

(식 1)과 같이 영상은 영상 생성 모델을 두어 조명 성분과 반사성분으로 나눌 수 있다. 조명성분을 가우시안 저역통과필터를 통해 추정하고 영상에서 조명성분을 빼줌으로써 반사성분을 획득할 수 있다[5]. 이 방법은 영상 향상 알고리즘인 Retinex에서 조명성분을 추정할 때 사용하는 곱 형태의 영상 분리를 위하여 (식 2)와 같이 로그로 변환하여 연산하였다.

$$f(x,y) = l(x,y) \cdot r(x,y) \quad (\text{식 1})$$

$$\log r(x,y) = \log f(x,y) - \log l(x,y) \quad (\text{식 2})$$

마이크로프로세서 상에서 매 픽셀마다 두 번의 로그연산은 무리가 있어 1 ~ 256사이의 로그연산 결과를 테이블로 미리 작성하여 연산하지 않고 테이블에서 읽어와 쓰도록 하였다.

본 논문에서는 연산 량이 많은 가우시안 저역통과필터 대신 수리형태학적 저역통과필터를 사용함으로써 연산 량을 감소 시켰다. 수리형태학적 연산은 보통 이진화영상의 잡음제거에 사용되지만 그레이영상에서 닫힘 연산과 열림 연산을 함으로써 저역통과필터의 효과를 낼 수 있다[5]. 수리형태학적 저역통과필터에서 사용한 마스크크기는 5X5 마스크로 조명성분 추정이 가능한 최소의 마스크를 실험결과 얻을 수 있었다.

영상 변화 탐지알고리즘은 (식 2)과 같이 영상차이가 작은 경우에도 차이를 분명히 하도록 하였다. $g(x,y)$, $P(x,y)$, $C(x,y)$ 는 각각 공간영역의 차이영상, 이전영상, 현재영상을 나타내고 M 은 픽셀의 최대값이다. 본 알고리즘은 결과적으로 영상차이는 명도에 따라 픽셀별로 차이가 있을 수 있어 이진화 과정에서 미쳐 이진화가 되지 않는 오류를 줄일 수 있었다.

$$g(x,y) = |P(x,y) - C(x,y)| \times \frac{M}{C(x,y)} \quad (\text{식 2})$$

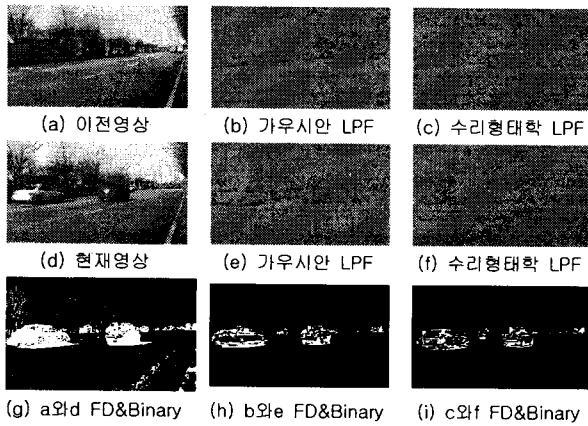
제안하는 이진화 방법은 기존의 모드 이진화 방법을 변형하여 실험결과 확인한 차이영상의 히스토그램 분포를 바탕으로 (식 3)와 같이 고안하였다. 차이영상의 히스토그램은 명도가 낮은 영역에서 최대값을 가진 후 급격히 감소되는 특징을 가지고 있다. (식 3)에서 $H(g_p)$ 는 히스토그램의 최대 분포 명

도를 나타내며, 최대 분포 명도를 찾은 뒤에 히스토그램의 명도를 증가시키며 이전의 분포와 현재의 분포의 차가 음수가 되는 명도를 이전화 임계값으로 한다.

$$\begin{aligned} &IF((H(g_{p+i}) - H(g_{p+i+1})) < 0) \\ &THEN T = H(g_{p+i+1}) \end{aligned} \quad (식 3)$$

4. 실험 결과

실험은 센서노드 상에서 이루어지므로 한정된 메모리와 연산속도, 영상 변화 탐지의 정도를 고려하여 80x64 영상크기에 8bit Gray 영상을 이용하여 하였으며, 기존의 영상 변화 탐지 알고리즘과의 비교를 위하여 윈도우 기반의 Visual C++ MFC를 사용하였다.



[그림 4] 영상 변화 탐지 알고리즘 실험결과

[그림 4]는 반사성분추정의 정도를 확인하기 위하여 윈도우 기반에서 프로그램을 작성하여 차이영상을 비교한 것이다. (b)와 (e)는 가우시안 저역통과필터를, (c)와 (f)는 수리형태학 저역통과필터를 사용하여 반사성분을 추정한 것이다. 영상 변화 탐지 알고리즘 수행결과 기존의 영상(g)은 차이영상에 잡음이 많은 반면, (h)와 (i)의 경우 반사성분을 이용하여 차이영상을 생성하였을 때 분명한 변화 탐지가 되는 것을 확인할 수 있었다.

<표 1>은 가우시안 저역통과 필터와 수리형태학 저역통과 필터의 연산 량을 영상크기 80*64를 기준으로 작성한 것으로 약 13배의 연산 량 감소를 확인하였다.

<표 1> 가우시안, 수리형태학 저역통과필터 연산 량 비교

Gaussian LPF($\sigma = 10$)	Morphological LPF(5x5)
Height × Width × 81 × 곱셈	Height × Width × 5 × 5 ×
연산(4) × 나누기연산(4) × 2	비교연산(1) × 2
연산 량 : 13271040 Clock	연산 량 : 1024000 Clock

본 논문의 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템을 출입구등의 영상의 변화가 빈번한 곳에 설치하였을 경우에도 기존의 3초 단위로 영상 데이터를 전송하는 시스템에 비해 데이터 전송량이 <표 2> 와 같이 약 6배 감소하였으며 영상의 변화가 빈번하지 않는 건물의 CCTV와 같은 위치에 설치하였을 경

우 약 30배 이상의 전송량이 감소하는 것을 확인하였다.

<표 2> 영상 데이터 전송량 비교

기존 3초 단위 전송시스템	제안 알고리즘 시스템
1200 frame/hour	186 frame/hour

5. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 노드에서 호스트 시스템으로 전송되는 영상 데이터의 전송률을 최소화하기 위하여 영상 변화 탐지 알고리즘을 센서노드단 마이크로프로세서에서 수행하여 영상의 변화가 있을 때에만 영상이 전송되도록 하였다. 이를 위하여 기존의 영상 차이 알고리즘에 수리형태학적 저역통과필터를 사용한 조명 적응형 전처리기를 TinyOS상에 구현하였다.

실험결과 유비쿼터스 센서 네트워크에 가장 큰 전력소모를 차지하였던 무선 데이터 전송을 줄임으로 기존의 3초단위로 영상 데이터를 전송하는 시스템에 비해 급격히 줄어든 전송량 및 전력소모량을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 강정훈, "TinyOS 센서 네트워크 오픈소스 프로젝트", 정보통신기술, 제18권 제1호, 2004. 5.
- [2] Rowe. A, Goel. D, Rajkumar. R, "FireFly Mosaic : A Vision-Enabled Wireless Sensor Networking System", Real-Time Systems Symposium, 2007. RTSS 2007. 28th IEEE International
- [3] Sugandi, B, Hyoungseop Kim, Joo Kooi Tan, Ishikawa, S, "Tracking of Moving Objects by Using a Low Resolution Image", 2007. ICICIC '07. Second International Conference
- [4] 전상은, "무선 센서 네트워크를 위한 영상 모자이크 기법", 전기전자학회 제11권 제4호, 2007.
- [5] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley Longman Publishing Co. Inc., Boston, MA. 2001.