

유비쿼터스 안전관리(U-Safety) 상에서의 상황인지를 위한 계층적 영상 처리 시스템

임철후* · 송강석* · 정무일* · 이용욱* · 문성모*

*(주) 코어벨

Hierarchical Image Processing Method For Context-Awareness On Ubiquitous-Safety(U-Safety)

Chul-Hoo Lim* · Kang-Suk Song* · Moo-Il Jeong* · Yong-Woog Lee* · SungMo Moon*

*CoreBell Systems Inc.

E-mail : chulhoo.lim@gmail.com

요 약

USS(Ubiquitous Smart Space)는 공간내에서 벌어지는 다양한 상황을 인지하고, 사물이나 서비스들이 자율적으로 협업함으로써 사용자의 목표에 맞는 서비스를 제공한다. U-Safety는 USS 상에서 다중 센서를 통해 좀더 정확한 상황을 인지하고 이에 대처하여 조치를 취하는 시스템이다. U-Safety 에서 사용되는 다양한 센서들이 수집한 데이터 중에 영상데이터는 사람이 객관적으로 상황을 추론하기에 가장 이상적이다. 센터는 다양한 곳에 설치된 영상입력 장치로 부터 많은 양의 영상 데이터를 수집하여 이를 바탕으로 다중의 상황인지 및 추론을 수행하게 된다. 이에 센터는 방대한 양의 데이터를 처리하기 위해 매우 많은 자원을 소비하게 된다. 본 논문에서는 제안하는 계층적 영상 처리 방법은 영상입력 장치에서 1차 상황인지를 하고 전체 영상중 상황인지의 가능성이 높은 부분만을 블럭화하여 센터로 전송하는 방법을 제안한다. 이는 센터가 영상처리를 위해 소비하는 자원을 줄여 원활한 상황인지의 효율을 높이고 U-Safety 망에 영상데이터가 차지하는 비율을 줄인다.

ABSTRACT

USS(Ubiquitous Smart Space) give services, that fit in with customer's goal, by cognizing various situations that happens in a space and cooperating autonomously objects or services in a space. In USS, U-Safety is a system that cognizes more exact situations with multiple sensors in USS, deals with this and take proper actions. When men reason on situations objectively, it is most ideal that image data among collected data with used various sensors in U-Safety. A senter collects a lot of image data from image input devices equipped in various points and work a multiple situation cognition and inference that are based on this. So, senters spend many resources for processing massive data. This paper proposes hierarchical image processing method that does the first situation cognization in image input devices, blocks only points that situation cognization possibility is high among a total image, and transfers to senters. It improves the efficiency of smooth situation cognization by reducing resources that a senter spends on image processing. So, it reduces proportion of image data in U-Safety.

키워드

스마트센서, 유비쿼터스, 유비쿼터스 스마트 스페이스, 블럭화

I. 서 론

USS(Ubiquitous Smart Space; 유비쿼터스 지능공

간)는 기존에 다양한 종류의 센서들이 연결된 물리공간에서 물리공간과 보다 지능적인 가상공간이 융합된 새로운 형태의 공간이다. 또한 USS는 수많은 자원들을 유기적으로 연결하여 사람들에게 필요한 정보나 서비스를 효과적으로 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

※"본 연구는 지식경제 프론티어 기술개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크원천기술개발사업의 09C1-J2-20S 과제로 지원된 것임"

U-Safety는 USS의 적용 분야중 하나로서 공공 시설물이나 공공장소에서 발생하는 범죄, 화재, 교통사고 등의 상황인지에 목적을 둔다. 이를 위해 U-Safety 망에서는 여러 종류의 지능형 물리 센서들을 여러 위치에 두어 상황인지를 수행한다. 지능형 물리센서 중 영상센서는 영상에 대한 사람의 객관적 판단과 영상처리를 이용한 상황인지를 위해 사용된다. 하지만 영상의 경우 성능적 측면에서 몇가지 해결해야할 문제가 있다. 첫째는 영상데이터의 크기로 인한 U-Safety 망의 용량에 미치는 문제이다. 둘째는 센터가 수많은 노드로부터 전송받은 영상에 대해 상황인지 알고리즘으로 영상처리를 수행할때 발생하는 자원의 고갈이다.

U-Safety에서 사용되는 대부분의 물리 센서들은 매우 작은 데이터를 전송한다. 예를들어, 화재를 인식하는 자외선 센서나 대기중의 특정 물질의 농도를 감지하는 센서의 경우, 1회 전송하는 데이터의 양은 약 4바이트 이하이다. 하지만 영상센서의 경우, 전송할 영상의 크기가 640(H)x480(W)x16(D) 이라면 압축하지 않고서는 1 프레임당 614,400Byte를 전송하게 된다. 이는 용량이 정해진 망을 사용하는 시스템에서는 망의 용량을 넘겨 정상적인 데이터 전송이 불가능해 질수 있다. 이에 영상의 크기를 줄이거나 압축하여 전송하는 방법에 많은 연구들이 이루어 지고 있다.

현재까지의 U-Safety 시스템에서는 영상센서가 전송하는 영상데이터를 센터가 받아 상황인지를 수행해 왔다. 센터가 상황인지를 올바르게 수행하기 위해서는 몇가지 조건이 필요하다. 첫째는 실제 상황과 같은 영상 이미지를 획득하는 것이다. 이는 영상을 입력받는 영상센서의 성능이 좌우한다. 둘째는 입력받은 영상을 그대로 센터가 받는 것이다. 적용하는 환경에 따라 다르지만 압축을 하더라도 최대한 무손실 압축이 수행되어야 한다. 셋째는 전송받은 영상에 대해 정확한 사실을 인지할 수 있는 상황인지 알고리즘이다. 두번째 조건의 경우 무손실 압축을 하거나 원본을 그대로 보낼 경우 망의 용량에 많은 영향을 끼친다.

센터는 U-Safety 망에 설치된 여러 영상센서들이 보내오는 영상데이터를 받아 상황인지를 수행한다. 이때 센터는 매우 많은 자원을 소비하게 되어 관리가 가능한 노드들의 수를 제한하는 방법을 사용한다.

이 논문에서는 U-Safety 망의 용량에 대한 문제와 센터가 관리 가능한 노드의 수를 높이기 위한 방법으로 계층적 영상처리 시스템을 제안한다. U-Safety 망에 설치된 영상센서에서 1차 상황인지를 수행하여 객체의 변화가 있는 부분만을 블럭화하여 센터로 전송한다. 이로써 영상 전체를 전송해야 할 데이터의 크기를 획기적으로 줄이며 센터는 블럭화된 영상만을 영상처리하고 상황인지 함으로써 센터의 자원을 효율적으로 사용하게 된다.

II. U-Safety상에서의 계층적 상황인지 시스템

U-Safety 분야에서 계층적 상황인지 시스템은 스마트 센서 노드에서 1차 상황인지를, 센터에서 2차 상황인지를 한다. 이러한 계층적 상황인지를 통하여 오보율을 줄인다.

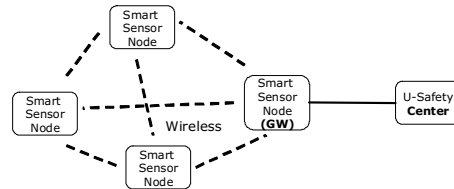


그림 1 U-Safety를 위한 계층적 상황인지 시스템의 망 구조

이 논문에서 적용된 U-Safety 망은 그림 1과 같이 무선랜을 사용한다. 각 스마트 센서 노드들은 Ad-hoc 으로 서로 연결되며 그중 하나의 스마트 센서 노드가 외부에 있는 센터와 연결할수 있는 게이트웨이로 구성된다. 각 스마트 센서 노드들은 자체적으로 1차 상황인지를 수행하고 그 결과 데이터를 센터로 전송한다. 센터는 결과 데이터에 대해 2차 상황인지를 수행한다.

II - I. 스마트 센서 노드

스마트 센서 노드는 그림 2와 같이 하나의 메인 유닛위에 사방을 감시할수 있는 4개의 영상유닛과 하나의 음향유닛, 그리고 여러 개의 원격 센서 유닛들과 이를 제어하는 기타 센서유닛으로 구성된다. 각 영상유닛 및 음향유닛은 자체적으로 1차 상황인지를 수행한다. 메인유닛은 영상, 음향유닛 및 원격지에 놓이는 센서유닛으로부터 들어오는 정보들을 취합하여 센터로 통보한다.

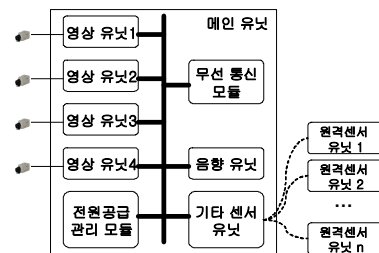


그림 2 스마트 센서 노드 블럭도

스마트 센서 노드를 구성하는 영상유닛은 소형화되면서 상황인지를 수행할수 있도록 중앙처리장치로 DSP를 이용한다.

II-II. U-Safety 통합관제 센터

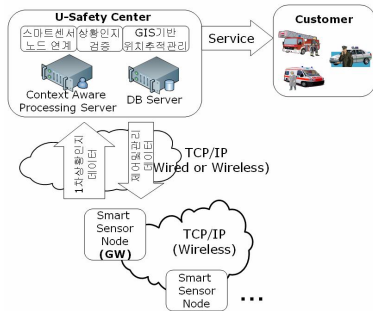


그림 3 U-Safety 시스템 블록도

각 지점별 스마트 센서 노드로부터 수신된 1차 상황인지된 데이터는 U-Safety 센터에서 2차 상황인지를 하여 1차 상황인지에 대한 검증 및 최종 판단을 수행한다. 또한 GIS 맵 기반의 실시간 추적을 통해 운전자에게 상황정보를 전달한다.

III. 1차 상황인지된 영상의 블럭화

스마트 센서 노드의 영상유닛은 고정되어 있으며 지속적으로 입력되는 영상을 기반으로 상황인지를 수행한다. 입력된 영상을 배경 영상과 비교하여 그 차영상을 구함으로써 객체를 검출한다.

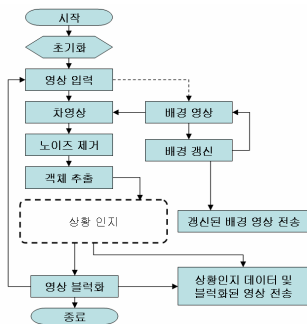


그림 4 영상유닛의 1차 상황인지 흐름

객체 추출 방법으로 배경영상에 대한 차영상 기법을 이용하기 때문에 주기적인 배경 영상의 갱신이 이루어져야 주변환경에 적응할 수 있다. 배경영상이 갱신되면 스마트 센서 노드의 영상유닛은 이 배경영상을 센터로 전송한다.

검출된 객체를 이용하여 상황인지를 수행하고 상황인지가 끝난후 영상을 센터로 전송할때 그림 5와 같이 검출된 객체의 상하좌우로 각 10 pixel에 대하여 여분을 주어 각 객체에 대해 블럭화 데이터를 수집한다.

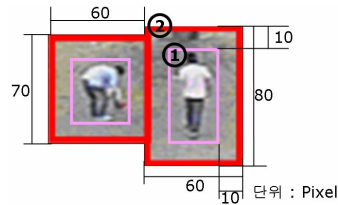


그림 5 영상유닛에서 검출된 객체에 대한 블럭화

수집된 블럭은 내부 프로토콜에 따라 센터로 전송된다. 전송되는 영상 데이터는 검출된 객체의 크기 만큼이기 때문에 전체 영상의 전송에 비해 망의 용량에 미치는 영향이 매우 적다.

IV. 센터의 2차 상황인지

센터로 사용된 주요 하드웨어의 사양은 CPU로 Intel Core2Duo E6750 2.66GHz, RAM 으로 DDR2-800 1G SDRAM * 2개(2GB)이다. OS로는 Windows XP 를 사용한다. 영상관련 처리는 openCV 1.0 기반으로 구현하였다.

IV-I. 기존의 상황인지

센터는 영상유닛으로부터 전송받은 가장 처음의 영상을 이용하여 배경을 생성한다. 이때 cvSmooth() 함수를 통해 GAUSSIAN 필터링을 거친다. 배경이 준비되면 이후 입력되는 영상에 대해서 마스크를 생성, 의미있는 객체 추출을 위해 contour들을 검사한다.

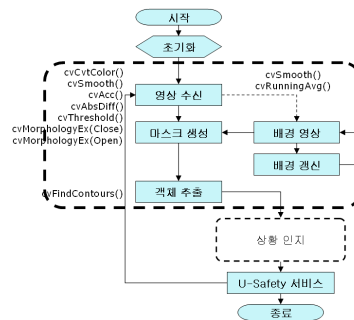


그림 6 센터에서 기존의 상황인지를 위한 영상처리 과정

마스크 생성을 위해 배경이미지와 현재 이미지를 cvAbsDiff() 함수를 통해 차영상을 구한다. 이때 배경 생성시 사용한 GAUSSIAN 필터링을 거친다. 구해진 차영상은 cvThreshold() 함수를 통해 이진화된다. 노이즈 제거와 개선된 외곽선을 얻기 위해 cvMorphologyEx() 함수를 통해서도

플로지 연산으로 닫힘과 열림 연산을 수행한다.

생성된 이진영상으로 객체를 추출하기 위해 cvFindContours() 함수를 이용한다. 이 함수를 이용하여 연결된 마스크는 하나의 객체로 인식한다. 모든 contour를 생성한 이후 주어진 상황인지에 부합하지 않는 contour들은 모두 제거된다. 이후 남겨진 contour들을 이용하여 상황인지를 수행한다. 마지막으로 효과적인 상황인지를 위해 RGB를 HSV 형식으로 변환한다.

IV-II. 계층적 상황인지

기존의 상황인지에서는 그림 6에서 점선으로 처리한 부분을 매 입력 영상의 전체에 대해서 수행하여 센터의 CPU 자원을 낭비하였다.

제안된 계층적 영상처리 시스템에서는 1차 상황인지를 스마트 센서 노드의 영상유닛에서 수행한다. 1차 상황인지에 대한 결과로 현재 상황에 대한 판단이 이루어진다. 영상유닛은 그림 4에서와 같이 상황인지 판단 이후 블럭화된 영상을 만들어 센터로 전송한다.

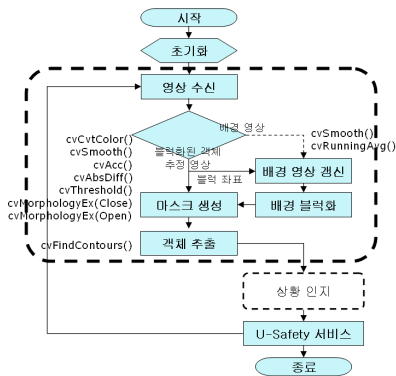


그림 7 센터에서 계층적 상황인지를 위한 영상처리 과정

센터는 그림 7과 같이 전송되어온 영상이 배경 영상인지 블럭화된 영상인지 확인하여 배경영상이면 배경을 업데이트한다.

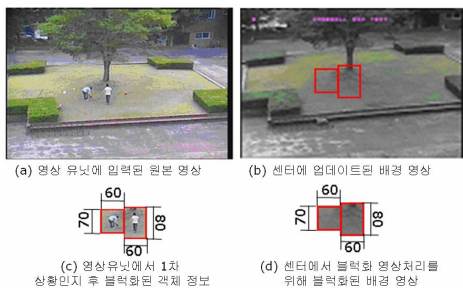


그림 8 블럭화된 객체 추정 영상 정보에 의한 배경 영상의 블럭화

만약 그림 8의 (c)와 같이 블럭화된 객체 추정 영상이라면 그림 8의 (b)와 같은 배경 영상에서 그림 8의 (d)와 같이 블럭화된 객체 추정 영상의 좌표와 1:1 맵핑이 되도록 배경영상을 블럭화 한다. 각 블럭화된 객체 추정 영상은 1:1 맵핑되는 배경 블럭을 이용하여 마스크 생성 및 객체추출을 수행한다. 이렇게 블럭화된 영상을 사용하면 마스크 생성 및 객체 추출시 기존의 전체 이미지 영역에 대한 영상처리에 비해 매우 적은 자원을 사용하여 객체 추출이 가능해진다.

V. 실험 결과

실험을 위해 U-Safety 시스템의 하나인 안전모 미착용 감시 시스템에 이 논문에서 제안하는 계층적 영상처리 시스템을 적용하였다.

먼저 스마트 센서 노드에서 압축하지 않은 YCbCr 포맷의 영상을 기존방법과 제안하는 방식으로 센터로 보낼때 망이 부담해야 할 전송량을 추정해 보았다. 전체 영상의 크기는 640(W)x480(H)x16(D)이며 객체 인식시 블럭화 된 객체의 최대 크기는 60(W)x80(H)x16(D)라고 가정한다.

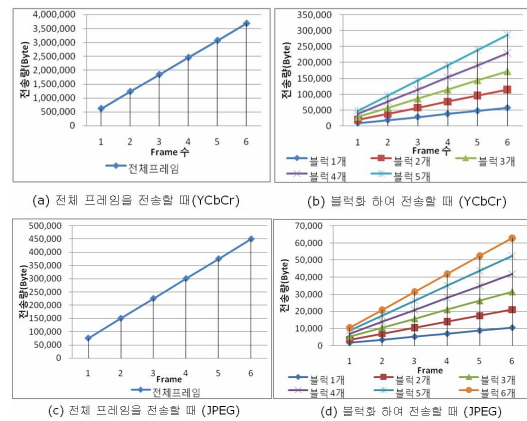


그림 9 망에 미치는 전송량 비교

그림 9의 (a),(b)는 압축하지 않은 YCbCr 형식의 영상데이터이며 (c),(d)는 압축된 JPEG 형식의 영상데이터이다. 그림 9의 (a),(c)의 경우 전체 프레임을 전송할 때이며 (b),(d)는 블럭화 객체 데이터를 보낼 때이다. 무압축 및 압축의 경우 모두 블럭화 할때 전송량이 줄어드는 것을 볼수 있다.

센터에서 받은 영상의 처리에 대한 실험은 기존의 방식과 제안하는 방식을 적용했을때 상황인지 전까지 수행되는 영상처리 시간을 실험해 보았다. 상황인지 전까지 수행되는 영상처리 시간에는 마스크 생성, 윤곽선 검출, 컬러마스크 생성, RGB2HSV 변환이 포함된다. 그림 10에는 기존 센터에서 걸리는 시간을 보여준다. 특히 마스크 생성시 cvSmooth() 함수를 이용한 GAUSSIAN

필터링과 cvMorphologyEx() 함수의 실행으로 많은 소요시간이 걸리는 것을 확인할 수 있다.

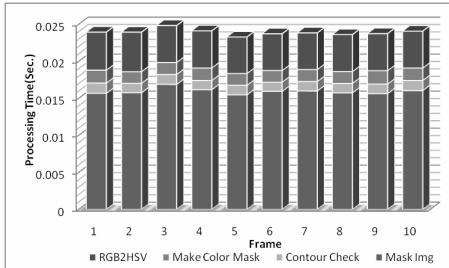
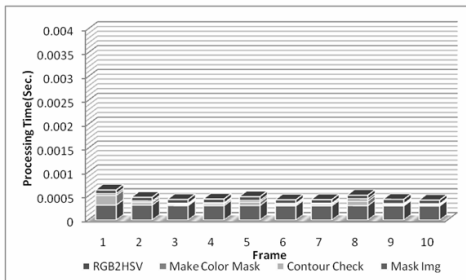
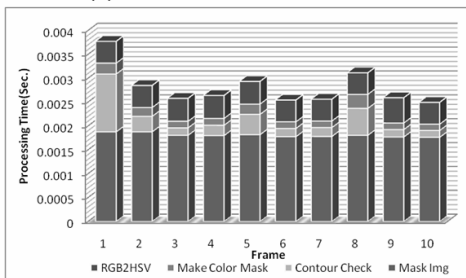


그림 10 기존 센터에서 상황인지 전까지 걸리는 영상처리 소요 시간

계층적 영상처리 시스템의 경우, 60(W)x80(H)x16(D) 을 블러화 객체의 최대 크기로 할때 1차 상황인지를 통해 검출된 객체의 수가 1개 일때와 최대 6개 일때에 대해서 실험하였다.



(a) 객체 추정 블러이 1개 일 때



(b) 객체 추정 블러이 6개 일 때

그림 11 계층적 영상처리 시스템을 적용한 센터에서 상황인지 전까지 걸리는 영상처리 소요 시간

그림 11의 (b)를 보면 가장 오래 걸린 시간이 대략 0.0038 초 정도이다. 그림 10의 기존 시스템과 비교할때 대략 6.5배 성능향상을 보인다.

VI. 결 론

영상 블러화를 통한 계층적 영상처리 시스템은 U-Safety 뿐만 아니라 USS 상에서 스마트한 영상

센서를 이용하는 모든 시스템에 적용이 가능하다. 특히 영상 데이터의 특성상 망에 미치는 전송을 낮추어 망 내의 센서간 데이터 송수신을 원활히 하며 센터의 2차 상황인지 처리 자원을 최소화할 수 있다.

하지만 이 논문에서 사용한 DM6437 DSP를 사용하는 스마트 센서 노드의 영상유닛에서 1차 상황인지를 수행할 경우 640x480x16의 입력영상일 때 대략 12FPS의 성능이 나오고 있다. 특수한 경우 더 높은 FPS를 요구할수 있으므로 그 이상의 처리를 위해서는 더 높은 처리 성능을 갖는 DSP의 채택 및 DSP 최적화 등의 대안 등이 필요하다.

참고문헌

- [1] 홍성범, 박종현, 김영국, 강지훈, "유비쿼터스 환경에서의 상황인지 기반 자원 공유 시스템," 한국정보과학회 2009 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol.36, No.1(A)
- [2] Intel, "Open Source Computer Vision Library Reference Manual," 2001
- [3] 조위덕, "뉴 트렌드의 리딩: 유비쿼터스 지능공간," 한국지능정보시스템학회 2006 춘계학술대회논문집, pp.3-17, 2006
- [4] Y. M. Jeong, J. H. Kim, J. J. Ko, S. W. Lee, M. H. Kim, & J. C. Choi, "Resource Collaboration Framework based on Context Awareness in Ubiquitous Computing Environment," "Proceedings of ICUCT 2008, Khabarovsk, Russia, August 2008.
- [5] Adrian Brown, Head of Digital Preservation Research, "Digital Preservation Guidance Note 5: Image compression," DPGN-05, August 2008.
- [6] Guanling Chen, David Kotz, "A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research," Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381, 2000.
- [7] Matthias Baldauf, "A survey on context-aware systems," Int. J. AdHoc and Ubiquitous Computing, Vol. 2, No. 4, 2007.
- [8] 정덕진, 송병철, 이승열, 조위덕, "상황인지 센서네트워크 기술동향," 2004.
- [9] Texas Instruments, "TMS320C6000 Programmer's Guide," SPRU198I March 2006.
- [10] Texas Instruments, "TMS320C62x Image/Video Processing Library" SPRU400B October 2003.
- [11] Texas Instruments, "TMS320C6000 Network Developer's Kit(NDK) Software User's Guide," SPRU523G May 2001-Revised January 2009.