한국지능시스템학회 논문지 2010, Vol. 20, No. 4, pp. 580-585

Nios II 임배디드 프로세서 및 C2H를 이용한 무인 자동 객체추적 시스템 개발

The Development of Object Tracking System Using C2H and Nios II Embedded Processor

정용배 · 김동진 · 박영석 · 김태효*
YongBae Jung, DongJin Kim, TeaHyo Kim and YoungSeak Park.

경남대학교 정보통신공학과
Department of Information & Communication Engineering

요 약

본 논문은 SOPC 기반 NIOS II 임베디드 프로세서와 C2H를 이용하여 무인 자동 객체 추적 시스템을 구현하였다. 단일 PTZ 카메라를 이용한 디지털/아날로그 신호의 입출력, 이미지 프로세싱, 시리얼 통신 그리고 네트워크 통신의 제어를 C2H에 의한 IP 구성과 SOPC 기반 NIOS II 임베디드 프로세서에서 각각의 IP를 효과적으로 제어함으로써 다양한 모니터링 정보를 네트워크로 제공할 수 있는 시스템을 설계, 구현 하였다. SOPC 기반 NIOS II 임베디드 프로세서의 유연성과 고급 알고리듬의 복잡성을 소프트웨어 프로그래밍 언어의 C와 하드웨어 프로그래밍 언어로 유동적으로 컴파일하여 IP화 할 수 있는 특성을 적용함으로서 실시간적으로 무인 객체 추적할 수 있는 시스템의 성능을 향상 시킬 수 있었다.

키워드 : 니오스 II, 객체 추적, C2H, 영상 처리, FPGA, SOPC

Abstract

In this paper, The object Tracking System is designed by SOPC based Nios II embedded processor and C2H compiler. And this system using single PTZ camera can effectively control IPs in the platform of SOPC based Nios II Embedded Processor and creating IP by C2H(C-To-Hardware) compiler for image-in/output, image-processing and devices of communication that can supply various monitoring information to network or serial. Accordingly, Special quality and processing speed of object tracking using high-quality algorism in the system is improved by hardware/software programming methods.

Key Words : Nios II, Object Tracking, C2H, Image processing, FPGA, SOPC

1. 서 론

최근 비전 기반 감시 솔루션에 대하여 많은 관심을 가지고 있다. 비전 기반 감시 솔루션은 초창기 군사적 응용을 위하여 목표물을 검출 및 추적 등 영상 분석 기술 위주로 발전되어 왔으며, 근래에 들어, 학계나 산업계뿐만 아니라 대중들의 관심이 커짐에 따라 비전 기반 감시 시스템과 더불어 로봇의 시야, 차량 주행, 산업 자동화, 의료 장비, 가상현실, 3D 그래픽스, 멀티미디어 및 방송 등 다양한 분야로 확대 되어 연구 진행되어 지고 있다[1].

무인 영상 감시 시스템의 가장 기본적인 목표는 CCTV 카메라에서 획득된 영상정보를 실시간으로 분석하여 자동으로 목표물 또는 이동 물체를 탐지, 추적, 식별, 행위분석 및 검색하여 관찰된 객체의 행위나 상호작용을 해석하는 것이다. 그리고 이러한 과정들은 영상처리 및 컴퓨터 시각처리, 패턴분석, 인공지능 및 데이터 관리 기술들과 관계된다. 하지만 이 기술들에서 요구되는 엄청난 학습을 위한 하드웨어적 제약이나 비용보다는 영상분석의 성능을 높이는 중심으로 많은 노력을 기울어지고 있으며, 처리 속도, 정확성, 안정성, 그리고 저장 공간의 한계를 극복해야 하는 어려움이 존재하고 있다[1][2][3].

영상 기반 무인 감시 시스템은 객체의 특성 분석을 고려한 인식 및 추적 기술, 멀티미디어를 위한 데이터 압축 및 전송 기술, 그리고 가상현실이나 게임을 위한 3D 기술, 자동 제어를 위한 시스템 제어 등이 통합된 지능형 감시 솔루션으로 정보 획득에서 사용자를 위한 서비스까지 전반적인 시스템 구축이 중요하게 부각되고 있으며, 영상 분석 기반 근/원 거리 얼굴 인식, 홍채 인식, 걸음걸이 인식, 특정 객체의 이동 방향 그리고 크기 계측 등 새로운 기술의 출현으로 군사 그리고 산업분야의 감시 및 보안에서 이들 기술을 접목하려는 시도가 되고 있는 분야이다[2].

따라서 본 논문에서는 자동 무인 객체 추적 시스템을 구

접수일자 : 2010년 4월 3일
완료일자 : 2010년 7월 6일
* 교신저자
본 논문은 본 학회 2010년도 춘계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.
감사의 글 : 본 연구는 2010학년도 경남대학교 학술연구장려금 지원에 의한 것임.

현하기 위한 핵심 부분인 하드웨어 플랫폼에서 SOPC형 NIOS II 임베디드 프로세서와 영상 처리 알고리즘 구현에 있어 소프트웨어 중심 프로그래밍 기법의 주요 문제점인 고속 처리를 위하여 소프트웨어 프로그래밍과 C2H(The Altera NiosII C-To-Hardware(C2H) Acceleration Compiler) 컴파일을 사용하는 하드웨어 프로그래밍을 병합하여 시스템의 성능을 향상 시키고자한다. NIOS II 임베디드 프로세서 플랫폼 설계 중심으로 각각의 디바이스 인터페이스를 통합 관리하는 서버 시스템을 구축하고 사용자의 접근 효율을 높이기 위한 네트워크 환경에서 제어하는 기능을 제공하는 시스템 개발하고 그 성능을 비교하고자 한다[4][5][6[7]].

본 논문의 구성은 2장에서는 무인 객체 추적 시스템의 구조에 대하여 논의하고, 3장에서는 C2H를 사용한 영상 처리 알고리즘의 구현에 대하여 설명한다. 마지막으로 4장에서 제안된 시스템의 성능을 실험으로 분석하고 결론을 요약한다.

2. 무인 객체 추적 시스템

무인 객체 추적 시스템은 알테라사 Cyclone III EP3C120F780 기반 NIOS II 임베디드 프로세서를 중심으로 입력되는 PTZ 카메라의 영상으로부터 이동 객체를 분석하고 분석된 영상을 네트워크로 전송하여 관리할 수 있는 시스템이다. 그림 1은 무인 객체 추적 시스템의 구상도를 보여주고 있다[2][4][5].

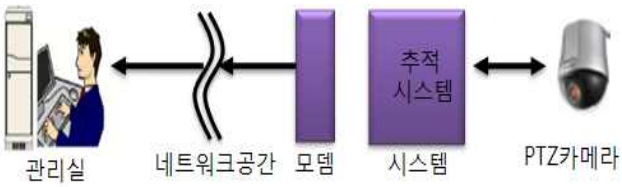

그림 1. 무인 객체 추적 시스템의 구성.
Fig. 1. The configuration of system for Object detection

2.1 NIOS II 임베디드 프로세서 플랫폼

Nios II 임베디드 프로세서 플랫폼을 설계하기 위해서는 성능 및 확장 장치 인터페이스을 지원하는 메인 프로세서와 그에 따른 주변장치 요소들을 통합하는 임베디드 프로세서 시스템 FPGA 칩 코어(Core)등의 사용한 목적 플랫폼을 상술하고, 구성한다. 그리고 NIOS II 임베디드 프로세서를 생성하는 SOPC Builder 개발도구를 사용하여 생성하고. 이는 Quartus II 설계 소프트웨어 환경에서 구동된다[4][5]. NIOS II 임베디드 프로세서 플랫폼의 주요 구성은 그림 2와 같다.

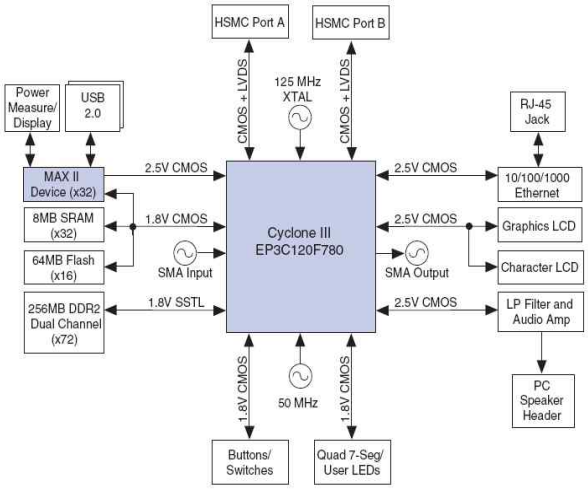

그림 2. NIOS II 임베디드 프로세서 플랫폼
Fig. 2. The platform for Nios II Embedded Processor

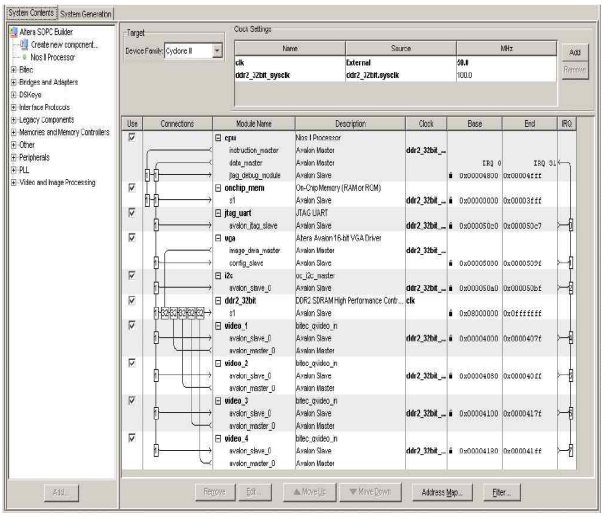

그림 3. SOPC Builder에서 생성된 NIOS II 임베디드 프로세서
Fig. 3. Nios II embedded processor produced by SOPC Builder Tool

그림 3은 Cyclone III EP3C120F780의 내부에서 생성되는 주요구성요소이며, SOPC Bulider에서 생성된 NIOS II 임베디드 프로세서이다. 그리고 그림 4는 Quartus II 소프트웨어로 구성한 NIOS II 임베디드 프로세스 플랫폼의 회로도이다. 여기서 영상입출력모듈은 그림 2의 플랫폼 보드 상에 확장 컨넥터(HSMC PORT_A, B)를 통해 장착된다.

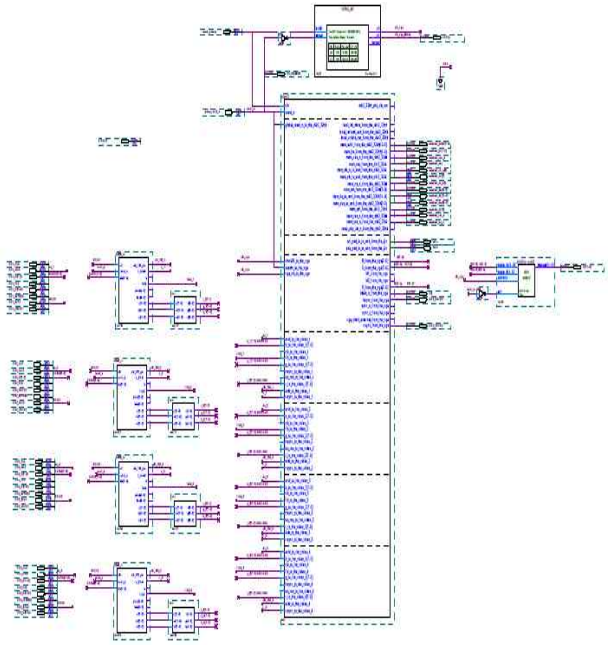

그림 4. NIOS II 임베디드 플랫폼의 회로도
Fig. 4. The circuit of Nios II embedded platform

3. 이미지 프로세싱 설계

3.1 영상 획득 모듈 및 처리 과정

영상을 획득하기 위해서 영상 입출력 확장 모듈을 사용하였으며 모듈은 동작 흐름은 그림 5와 같다.

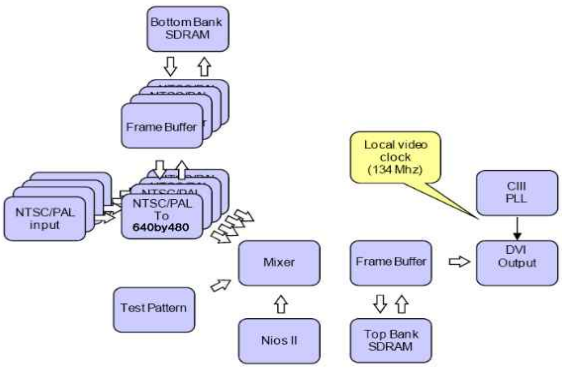

그림 5. 영상 획득 모듈의 내부 흐름도
Fig. 5. The internal flow of image acquisition module

영상 입출력 확장 모듈은 4채널 지원이 가능하며 설정에 의해 각각의 채널 영상을 표현할 수 있는 플랫폼을 제공한다. 입력되는 영상과 SDRAM 메모리를 매핑하여 C2H에 의해 구현될 알고리즘에 대한 VGA급의 연속적 영상을 제공한다.

그림 6은 영상을 입력 받아 프로세싱 후 출력 과정까지의 흐름을 간략히 보여주고 있다. 여기서 Image Processing 블록의 동작을 C2H에 의해 재구성하여 시스템의 성능을 높이고자 한다.

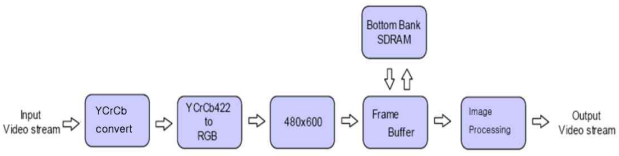

그림 6. 영상 처리 흐름도.
Fig. 6. The flow for image processing

3.2 C2H에 의한 컴파일 특성

C2H는 소프트프로그램인 C 기반 프로그램을 하드웨어 프로그램으로 IDE(NIOS II Integrated Development Environment)에서 연동하여 사용하는 컴파일러이다. 다음 그림 7은 소프트웨어 빌드와 C2H간 통합 과정이며, C2H를 이용하여 일부분을 컴파일 했을 경우 하드웨어와 소프트웨어 간 최적의 동작 흐름을 보여주고 있다[6][7].

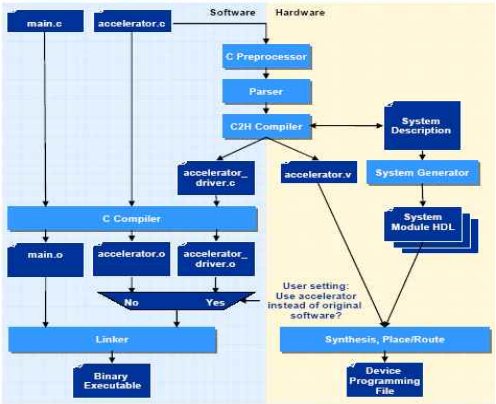

그림 7. 소프트웨어 빌드에 따른 C2H 통합 관계와 동작 흐름.
Fig. 7. C2H integration relation and action flowing by the software build

3.3 C2H를 적용한 이미지 프로세싱

그림 8은 Image Processing 블록 적용된 동작의 순서를 상술하고 있다. 그 동작은 입력받은 영상 맵에서 전처리 과정을 거쳐 객체의 후보와 위치를 인지하고 카메라를 동작 및 정보를 전송하는 과정이다[8][9][10].

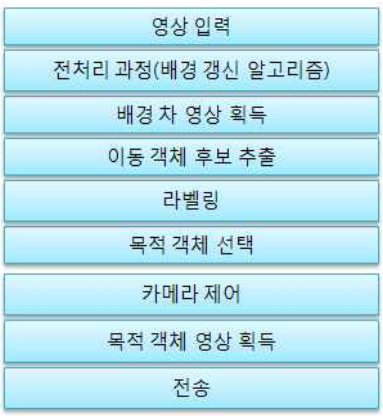

그림 8. 소프트웨어에 의한 영상처리 흐름도
Fig. 8. The flow of image processing by software program

여기서 C2H를 사용할 경우, C2H를 적용할 부분을 분류하는 것이 가장 중요하다. C2H를 적용하는 부분은 반복학습이 많은 부분을 중심으로 우선 수행을 한 후 점차적으로 함수 형태에 적용한다.

그림 9는 C2H를 설정하고 추가하는 과정을 보여주고 있다. C2H의 설정 및 추가 후 소프트웨 빌드를 하게 되면 하드웨어 프로그램의 Verilog 코드로 구성된 파일과 함께 SOPC Bulider에 추가 가능한 IP형태의 옵션을 생성한다.

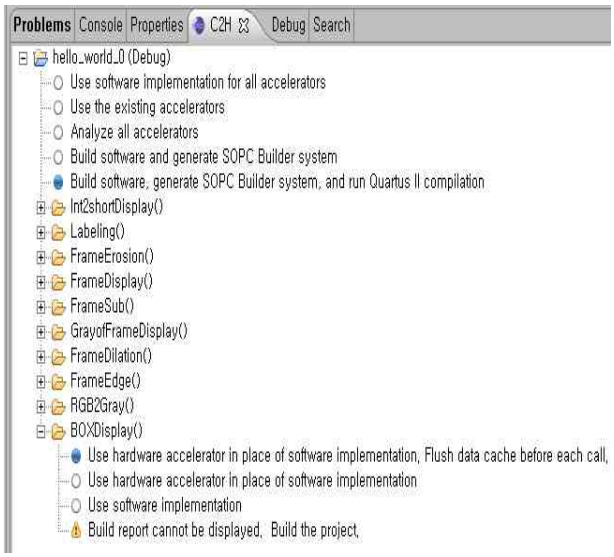

그림 8. 소프트웨어 빌드에 따른 C2H 설정
Fig. 8. The set up of C2H on IDE tool

따라서 그림 9와 같이 SOPC Bulider를 실행하여 C2H에 의해 생성된 영상 프로세싱 IP를 NIOSII 임베디드 프로세서 내부에 추가 및 재구성한다.

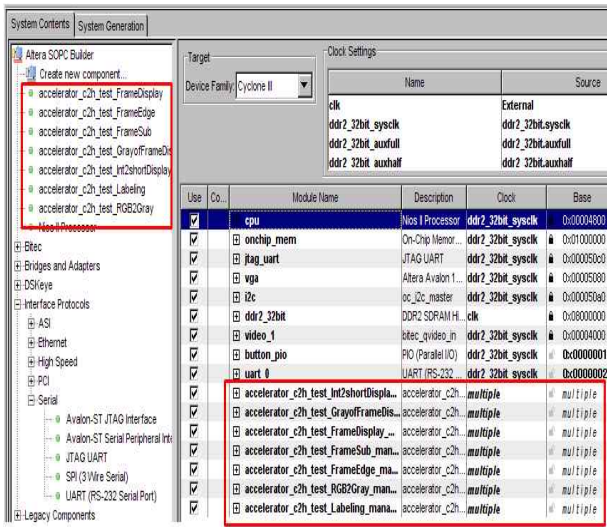

그림 9. SOPC Builder에서의 NOIS II 임베디드 프로세서 구조 재설정
Fig. 9. Re-set up for the Nios II embedded processor by SOPC Builder Tool

영상 프로세싱 IP를 NIOSII 기반 임베디드 프로세서에 추가하여 최종적으로 감시 솔루션에 대한 플랫폼을 완성한다.

4. 실험 결과 및 결론

4.1 제안된 시스템

본 실험을 위한 시스템의 구성은 알테라사 Cyclone III EP3C120F780 보드의 100MHz, 삼성 네트윈의 SPD-3300 스피드 돔 카메라 과 NGUARD-264(R)의 네트워크 모뎀을 중심으로 구축되었으며 카메라 제어를 위한 RS485 컨버터를 사용하였다. 그림 10은 실제 구현한 시스템의 구축 모습이다.

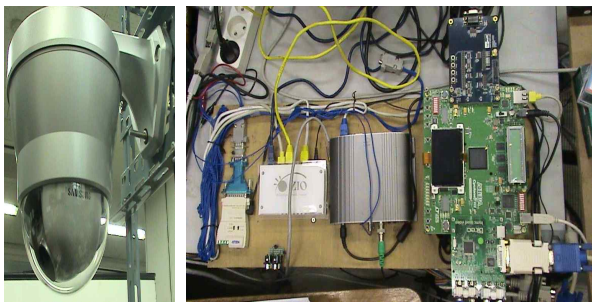

그림 10. 구성 장치
Fig. 10. The configuration device of system

이미지 프로세싱을 위한 영상 처리 알고리듬은 소프트웨어를 중심으로 우선 구현하여 확인을 한 후 많은 학습량이나 프로세싱에 있어 민감하다 생각되는 부분을 부분적으로 C2H를 이용하여 실험 하였다. 그리고 영상 처리 알고리즘의 순서에 의거 함수화하여 각 함수를 C2H로 컴파일하여 적용하였다. 그리고 최종적으로 약 소프트웨어 코드의 45%에 해당하는 범위까지 C2H를 이용하여 하드웨어 프로그램으로 변경하여 실험을 수행하였다.

실험 결과 C2H를 병합했을 때 표1과 같이 누적 처리 속도의 향상을 관찰 할 수 있다.

표 1. 처리 과정에 따른 속도 비교
Table 1. Speed comparison by process methods

적용 방법	소프트웨어	C2H 통합
전처리과정	3.1sec	0.125sec
객체 추출	4.2sec	0.151sec
객체 분류	5.0sec	0.182sec
객체 표시	5.5sec	0.20sec

NIOSII 임베디드 프로세서에서 소프트웨어 기반 영상 처리를 알고리즘을 적용하였을 때 5초당 1회 정도의 영상을 처리 할 수 있었으나, 소프트웨어와 C2H에 컴파일 된 하드웨어 프로그램을 병행 사용하였을 경우 1초당 5회 이상의 Frame를 처리 할 수 있었다. 그림 11은 C2H를 통합한 영상 처리 결과를 보이고 있다. 여기서 그림 11-(a)은 입력되는 4개 채널 중 1개의 채널에서 영상을 획득하여 전처리 과정을 적용하였고 나머지는 칼라 패턴을 출력하도록 하였다.

(a) 전처리 구성의 영상

(b) 특징 검출 영상

(c) 결과 영상

그림 11. C2H의 통합에 따른 결과 영상
Fig. 11. Experiment screen by C2H compiler

그림 11-(b)은 입력되는 4개의 채널 중 1개 채널을 이용하여 특징 검출을 한 것 이며 그림 11-(c)은 영상 처리 과정이 적용된 최종 결과 영상이다. 여기서 적색 블록이 이동 객체를 의미하고 있다.

그림 12는 실외 환경에서 이동 객체를 추적하는 실험에 대한 결과 영상이다. 단일 보행자가 존재하는 경우 안정적으로 이동객체를 추적할 수 있었다. 그리고 그림 13은 도로에 차량이 존재하는 경우 이동 객체의 이동 속도가 비교적 높은 상태이며 이동 객체를 추적하는데 다소 오차가 발생할 수 있으나 본 시스템에서는 단일 이동 객체일 경우 안정적으로 추적할 수 있었다. 또한 여기서 적색 블록이 이동 객체 검출 상태를 의미하고 있다.

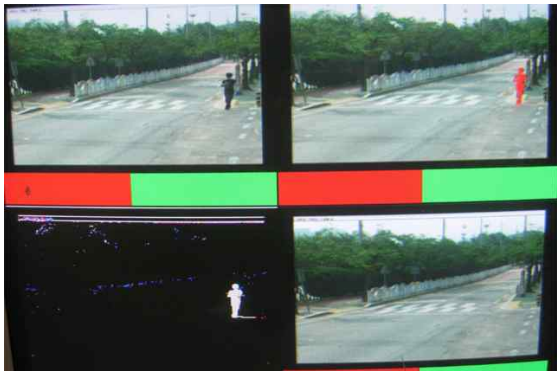

그림 12. 이동 객체 추적 실험(2)
Fig. 12. The experiment(2) for tracking of moving Object

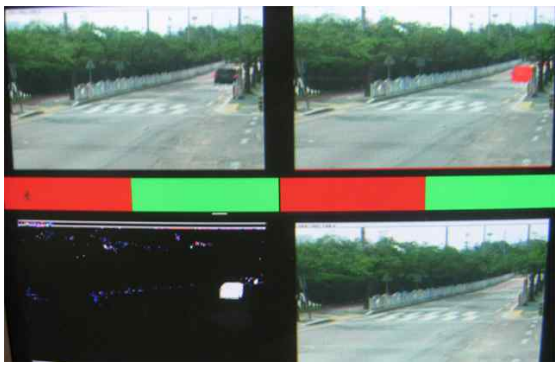

그림 13. 이동 객체 추적 실험(2)
Fig. 13. The experiment(2) for tracking of moving Object

마지막으로 자동 객체 추적 시스템의 구성 중 네트워크 상에서 영상을 감시하는 응용프로그램을 그림 14와 같이 구성하였다.

그림 14. 네트워크 모니터링 실험
Fig. 14. The experiment for network monitoring

그림 14는 모니터링 및 PTZ 카메라의 강제 제어를 위하여 네트워크를 이용한 응용프로그램이다.

향후, 객체 추적 알고리즘의 고급화 및 고속화를 위한 지속적 연구가 필요하며, 이에 대하여 C2H의 컴파일러와 SOPC 기반 NIOS II 프로세서 다중 코어를 적용한 병렬 프

로세싱 기법을 적용한 연구가 필요 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 한국 전자 통신 연구원, *전자 통신 동향 분석*, 제 24권 제 3호 2009년 6월, 2009

[2] 출입감시 및 영상송출 시스템[기술 및 시장 동향], http://www.kttc.or.kr

[3] 전자 부품 연구원 전자정보센터, http://eic.re.kr

[4] Altera Corp, http://www.altera.com

[5] Altera Corp., *Nios II: World's Most Versatile Embedded Processor,* Oct. 2004.

[6] Altera Corp., *Using C-To-Hardware Acceleration In FPGAS for Waveform Baseband Processing* Nov. 2006.

[7] Altera Corp., *Nios II C2H Compiler* Nov. 2009.

[8] Chris Stauffer, W.E.L Grimson "Adaptive background mixture models for real-time tracking" *IEEE*, 1999.

[9] Kenji Irie,Alan E.McKinnon, Keith Unsworth, Ian M. Woodhead "Shadow Removal for Object Tracking in Complex Outdoor Scenes", *Proceedings of Image and Vision Computing* New Zealand 2007, pp.25-30, Hamilton, New Zealnd, December 2007.

[10] K. Irie, A. E. McKinnon, K. Unsworth, and I.M. Woodhead, "A technique for evaluation of CCD video-camera noise (Accepted forpublication)," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video*

저 자 소 개

정용배 (Young-Bee Jung)
2004년 : 경남대 정보통신공학과 학사 졸업.
2005년 : 경남대 정보통신공학과 석사 졸업
2010년 : 경남대 정보통신공학과 박사 졸업

관심분야 : 영상처리, FPGA설계, 임베디드 시스템
Phone : 010-5875-3525
Fax : 05059992163
E-mail : wjddydqo1@nate.com

김동진 (Dong-Jin Kim)
2007년 : 경남대 정보통신공학과 학사 졸업.
2009년 : 경남대 정보통신공학과 석사 졸업
2009~현재 : 경남대 정보통신공학과 박사 과정

관심분야 : FPGA설계, 임베디드 시스템
Phone : 010-9331-6344
Fax : 05059992163
E-mail : rivaldo2000@nate.com

박영석 (Young-Seak Park)
1979년 : 영남대 전자공학과 학사 졸업.
1981년 : 한양대 전자공학과 석사 졸업
1985년 : 한양대 전자공학과 박사 졸업
1990~1991년 : 일본 우정성 통신총합연구소 (관서선단연구센터) 초빙과학자
1990~1991년 : 일본 긴끼이동통신센터 객원연구원
2001년~2002년 : 미국 North Carolina 주립대학(NCSU) 교환교수
2001년~현재 : 경남대 정보통신공학과 교수

관심분야 : Software Engineering, Web-based Software Design & Development, Pattern Recognition, Image Processing, Computer Network & Network Computing, Embedded Processor System HW/SW
Phone : 055-249-2644
Fax : 05059992163
E-mail : yspark@kyungnam.ac.kr

김태효 (Young-Bee Jung)
1988년 : 영남대 전자공학과 박사 졸업.
1979년~현재 : 경남대 정보통신공학과 교수
1990년~1991년 : 펜실베니아대학 Post Doc.

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 영상계측
Phone : 055-249-2645
Fax : 05059992163
E-mail : hyo@nate.com