

모니터 화면검사 시스템의 개발에 관한 연구

(A Study on the Development of Monitor Screen Checking System)

조영창* 윤정오* 최병진* 정종혁* 강상욱* 오주환**

(Young-Chang Cho) (Jeong-Ch Yoon) (Byung-Jin Choi) (Jong-Hyeog Jeong) (Sang-Wook Kang) (Ju-Hwan Oh)

요약 현재 많은 모니터 생산업체의 모니터 최종 품질검사에서는 자동화가 미흡한 실정이며, 검사방식이나 검사기준 등이 사람의 시각을 바탕으로 하고 있기 때문에 생산효율 및 생산품질 향상을 위해 검사기준의 일률성이나 검사의 정확성을 위한 검사 시스템이 요구되고 있다. 최근 컴퓨터 시스템의 급속한 발전과 이에 적용할 수 있고 비교적 저렴한 비전 시스템 구성요소들의 성능이 향상됨에 따라 저가인 검사 시스템의 구성이 용이해지고 또한, 이러한 시스템 상에서 구현할 수 있는 새로운 알고리즘들이 많이 개발되고 있다. 본 연구에서는 저가이면서, 고속이고, 현장에 쉽게 적용할 수 있고 현실적으로 자본력이 튼튼하지 않는 업체에서도 쉽게 도입하여 사용할 수 있는 모니터 검사장비 시스템을 개발한다. 본 검사 시스템은 컴퓨터 비전 기술을 바탕으로 하고 있으며, GUI 환경을 이용한 편리한 사용자 인터페이스와 모니터의 각종 품질특성 즉, 모니터 화면의 중심일치(centering), 요크회전(yoke rotation), 핀쿠션(pincushion), 모니터 화면의 사이징, 밝기(brightness), 그리고 그레이스케일 트래킹에 대한 검사기능 등을 내장하고 있다. 본 연구에서 개발된 모니터 검사 시스템은 모니터 최종 검사공정에서 사용될 수 있으며, 이로 인해 생산효율의 증대 및 설비투자자과 장비 개발비용 절감에 대한 파급효과가 기대된다.

Abstract There are many recent monitor manufacturing firms not equipped with automatic checking system in their final process. And the check is based on the human perception, so the automatic checking system is needed for the consistency and the accuracy of the checking process to elevate the productivity and the quality. As the performance of computer systems and the vision systems has been increased, the cost for the system is reduced and their applicable algorithms have been developed. In this study we develop monitor checking system which is low-cost, fast, and easy to adopt by the small-scaled manufacturing firms. The system is based on the computer vision techniques, and is equipped with the GUI interface and checking functions such as centering, yoke rotation, pincushion, sizing, brightness, and grayscale tracking. Monitor checking system developed in this study can be used in the final checking process thereby we expect the synergy effects both on the efficiency of production and on the reduction of the cost for the facility investments.

1. 연구 배경

모니터 생산에서 대부분의 생산공정은 이미 자동화되어 있어 생산을 향상에 크게 기여하고 있다. 그러나 자본력이 약한 중소기업에서는 아직까지 각 생산공정에 필요한 검사 시스템이나 나아가 최종 품질검사에 필요한 시스템을 구비하지 못하고 있는 실정이다. 더우기 이러한 검사 시스템들 가운데서

최종 품질검사에 필요한 검사 시스템은 최종 생산제품의 품질향상에 있어 필수적이지만, 생산업체에서 주로 필요한 기능 외의 사용하지 않는 많은 부가적인 기능들을 장착하고 있기 때문에 구매비용이 수 억 단위의 고가이면서 상대적으로 공장의 실정에 있어서는 지나친 고정밀도, 저속, 사용상의 환경적 제약성 등으로 인하여 만족할만한 성능을 발휘하고 있지 못하고 있다. 이러한 이유로 인해 현재 많은 모니터 생산업체의 모니터 최종 품질검사에서는 자동화가 미흡한 실정이며, 검사방식이나 검사기준 등이 사람의 시각을 바탕으로 하고 있기 때문에 생산효율 및 생산품질 향상을 위해 검사기준의 일률성이나 검사의 정확성을 위한 검사 시스템이 요구되고

*경운대학교 정보통신공학과

**경운대학교 컴퓨터공학과

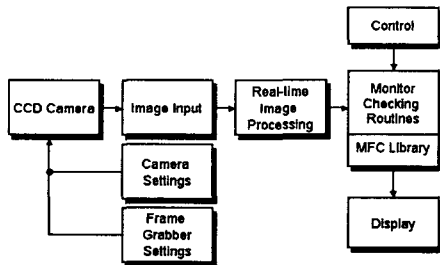
있다. 최근 컴퓨터 시스템의 급속한 발전과 이에 적용할 수 있고 비교적 저렴한 비전 시스템 구성요소들의 성능이 향상됨에 따라 저가인 검사 시스템의 구성이 용이해지고 또한, 이러한 시스템 상에서 구현할 수 있는 새로운 알고리즘들이 많이 개발되고 있다. 본 연구에서는 PC Windows를 기반으로 한, 저가이면서, 고속처리가 가능하며, 다루기가 용이하며, 현장에 쉽게 적용할 수 있고 현실적으로 자본력이 튼튼하지 않는 업체에서도 쉽게 도입하여 사용할 수 있는 모니터 검사 시스템을 개발한다. 본 검사 시스템은 컴퓨터 비전 기술을 바탕으로 하고 있으며, 고속처리 및 GUI 환경을 이용한 편리한 사용자 인터페이스와 모니터 성능의 각종 품질특성 즉, 모니터 화면의 Brightness 검사, Centering 검사, Yoke rotation 검사, Pincushion 검사, 그레이스케일 트래킹 검사, 그리고 모니터 화면영역의 적합성 검사를 위한 사이징 검사 등에 대한 검사기능을 내장하고 있다! 본 연구에서 개발된 모니터 검사 시스템은 모니터 최종 검사공정에서 사용될 수 있으며, 이로 인해 비문제의 개선과 현재 사용 중인 외산의 고가장비에 대한 수입대체효과가 기대되며, 모니터생산 중소기업체의 모니터 생산품질향상 뿐만 아니라 생산효율의 증대 및 설비투자 및 장비 개발비용 절감에 대한 파급효과가 기대된다.

2. 검사 시스템의 구조 및 기능

2.1 검사 시스템의 구조

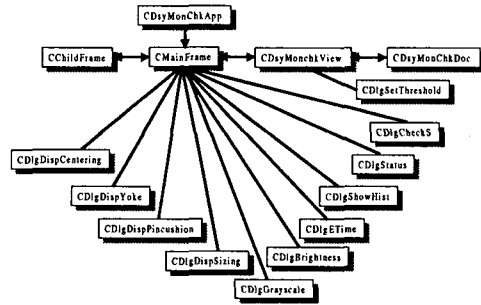
<그림 1>의 블록 다이어그램은 검사 시스템에 대한 구성을 보여준다. <그림 1>에서 영상 입력은 CCD 카메라 (Mono RS-170)와 Leutron사의 Picport Mono 프레임 그래버를 통해 이루어진다^[1]. 또한, <그림 1>의 모니터 검사기능루틴에서는 실시간 영상처리를 요하므로 이를 위해 인텔사의 실시간 영상처리 라이브러리를 사용하였다^[2].

모니터 검사에 필요한 처리기능 및 부가기능으로써 검사 기준치 설정기능, 검사 결과 표시기능 등은 Visual C++와 MFC를 이용하여 구현하였다. <그림 2>는 검사 시스템에서



<그림 1> 검사 시스템의 기능별 구조

각 기능별로 캡슐화된 전체 클래스의 내부 연결구성을 나타낸 것이다.



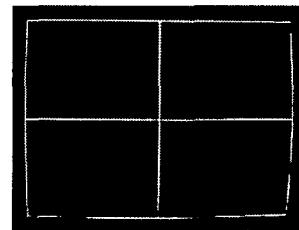
<그림 2> 검사 시스템의 구현을 위한 클래스 구조도

2.2 검사 패턴

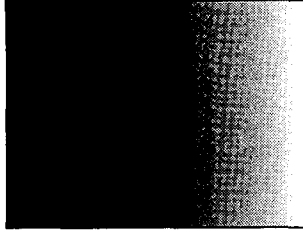
본 검사시스템에서는 검사유형별로 패턴영상을 별도로 사용한다. 우선, centering 검사, pincushion 검사, yoke rotation 검사, 사이징 검사에 대한 패턴영상은 <그림 3>과 같은 십자형 패턴을 사용하여 모니터 프레임과 화면영역의 경계 위치정보를 추출한다. 그레이스케일 트래킹 검사는 <그림 4>와 같이 계조도 패턴을 사용하여 검사하며, 마지막으로 brightness 검사에서는 백색패턴을 사용한다^[3].

2.3 검사 방법 및 검사 기능

<그림 5>는 영상입력으로부터 각종 검사에 이르기까지의 처리과정을 보여준다. 본 시스템에서 검사는 카메라로 획득된 영상을 기초로 이루어지며, 그레이스케일 트래킹 검사와 brightness 검사를 제외한 검사들은

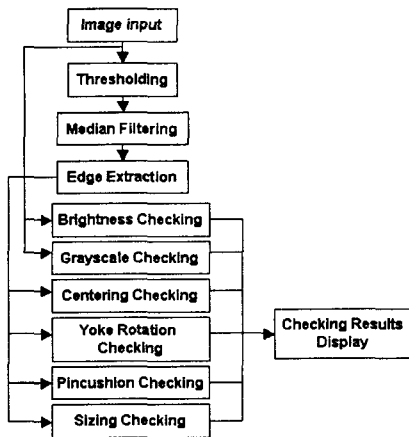


<그림 3> 십자형 패턴의 캡처영상



<그림 4> 계조도 패턴영상

추출된 모니터 프레임과 화면영역의 경계 위치정보를 추출하여 이루어진다. 각 영역에 대한 경계정보는 모니터 프레임 영역과 스크린 영역을 분리하기 위해 적절한 문턱치를 사용하여 영역을 나눈 후, 윤곽추출 알고리즘을 통해 추출될 수 있다[4][5][6]. 이 과정에서는 나타나는 불필요한 잡음요소들은 메디안 필터링으로 제거된다.



<그림 5> 검사과정에 대한 흐름도

다음의 각 검사는 <그림 3>의 패턴영상으로부터 모니터 프레임과 화면영역의 경계에 대한 위치를 추출함으로써 수행된다.

(1) Centering 검사

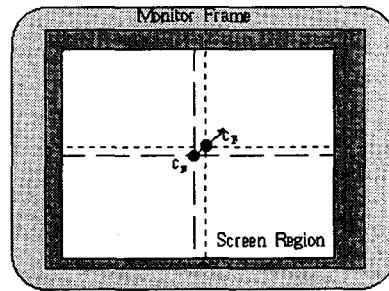
Centering 검사는 표시된 화면영역이 스크린 튜브의 표시영역에 정확히 부합되는지를 검사하는 것으로써 모니터 프레임 영역을 기준으로 적합성을 판단한다. <그림 6>은 centering 검사에 대한 측정 형태를 나타낸다. Centering 검사는 모니터 프레임의 중심좌표 CF:(x_F, y_F)와 화면영역의 중심좌표 CS:(x_S, y_S)를 모니터 프레임과 화면영역의 경계정보로부터 추정한 후, 식(1)과 같이 이들 간의 거리편차를 허용 기준레벨과 비교하여 검사한다. 식

(1)에서 d_H와 d_V는 최대 허용편차를 나타낸다.

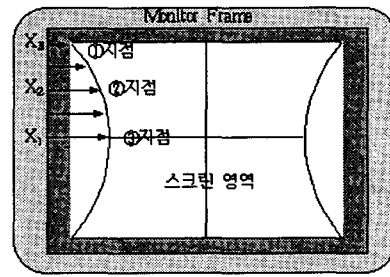
$$|x_F - x_S| \leq d_H \quad \text{and} \quad |y_F - y_S| \leq d_V \quad (1)$$

(2) Pincushion 검사

<그림 7>은 pincushion 검사에 대한 측정을 보여준다. 본 검사는 지정된 ①②③지점에서 기준선에 대한 화면 영역의 휘어짐에 대한 거리를 측정한 후, 식(2)와 같이 $\Delta dx = [|X_1 - X_2| + |X_2 - X_3|] / 2$ 를 최대 허용편차 dx와



<그림 6> Centering 검사



X₁, X₂, X₃는 모니터 프레임 좌단에서 ①, ②, ③ 지점까지 수평거리

<그림 7> Pincushion 검사

비교하여 합/불을 판정한다.

$$0 \leq \Delta d_x \leq d_x \quad (2)$$

(3) Yoke rotation 검사

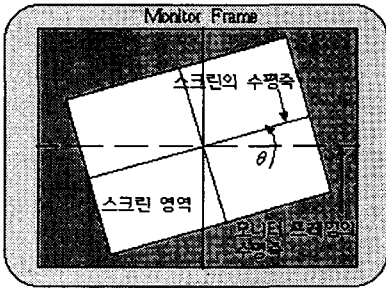
스크린 튜브의 요크회전을 검사하는 것으로써 스크린 튜브와 실제 화면의 수평이 일치하는지 검사한다. <그림 8>은 yoke rotation 검사를 위한 측정을 나타낸다. 모니터 프레임과 스크린 튜브간의 수평 오차각은 프레임과 화면영역의 경계로부터 추정되며, 식(3)의 최대 허용편차와 비교하여 합/불을 판정한다.

$$\theta \leq d_\theta \quad (3)$$

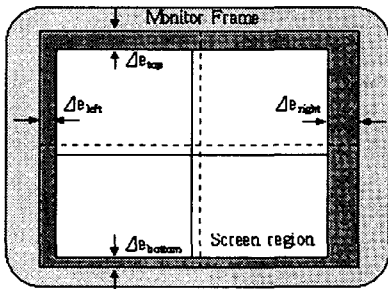
식(3)에서 오차각은 모니터 프레임과 표시된 화면영역의 수평경계선으로부터 계산한다.

(4) 사이징 검사

사이징 검사는 화면 영역과 모니터 프레임 영역의 부합정도를 검사하는 것으로써 화면영역과 모니터 프레임 경계선의 좌상단 및 우하단 좌표를 검출하여 모니터 프레임 경계에 대한 화면영역의 적합여부를 판정한다.



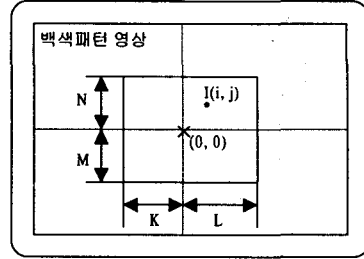
<그림 8> Yoke rotation 검사



<그림 9> 사이징 검사

<그림 9>는 사이징 검사에 필요한 측정치를 표시한 것으로써 네 방향에 대해 거리편차 Δe_{top} , Δe_{bottom} , Δe_{left} , Δe_{right} 를 측정 한 후, 식(4)~(7)의 최대 허용 기준치와 비교함으로써 검사한다. 식(4)~(7)에서 Δd_{top} , Δd_{bottom} , Δd_{left} , Δd_{right} 는 각각 네 방향에 대한 최대 허용편차를 나타낸다.

- (4) $\Delta e_{top} \leq \Delta d_{top}$
- (5) $\Delta e_{bottom} \leq \Delta d_{bottom}$
- (6) $\Delta e_{left} \leq \Delta d_{left}$
- (7) $\Delta e_{right} \leq \Delta d_{right}$



<그림 10> 밝기 성능검사를 위한 윈도우

(5) Brightness 검사

스크린 튜브의 밝기 표시성능을 검사하는 것으로써 <그림 10>과 같이 백색패턴에 대한 화면의 중심영역으로부터 화소값을 읽어들이어 검사한다. 식(8)과 식(9)는 각각 <그림 10>의 윈도우에 대한 평균밝기와 밝기에 대한 표준편차를 나타낸다.

$$\mu = \frac{1}{(M+N+1)(K+L+1)} \sum_{i=-N}^M \sum_{j=-K}^L I(i,j) \quad (8)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=-N}^M \sum_{j=-K}^L [I(i,j) - \mu]^2}{(M+N+1)(K+L+1)}} \quad (9)$$

$$\delta(I, \eta) = \begin{cases} 1, & I \leq \eta\sigma \quad (\eta = 1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=-N}^M \sum_{j=-K}^L I(i,j) \delta(I, \eta)}{\sum_{i=-N}^M \sum_{j=-K}^L \delta(I(i,j), \eta)} \quad (11)$$

식(8)에서 $I(i,j)$ 는 (i,j) 에서의 화소값을 나타낸다. 식(10)은 스크린 표면의 흠집이나 다른 요인에 의한 잡음성분을 제거하기 위해 사용되었다. 식(11)은 화면 중심에 위치한 윈도우 영역의 평균밝기로서 스크린 튜브의 밝기를 나타내며, 식(13)에 의해 허용레벨범위내에서 등급 k로 표시된다.

$$x = \frac{I_{MAX} - I_{MIN}}{n} \quad (12)$$

$$I_{MIN} + (n-k)x \leq \bar{I} < I_{MIN} + (n-k+1)x \quad (13)$$

여기서 n은 전체 등급수를 나타내며, I_{MIN} 과 I_{MAX} 는 스크린 튜브의 최소, 최대 기준밝기를 나타낸다.

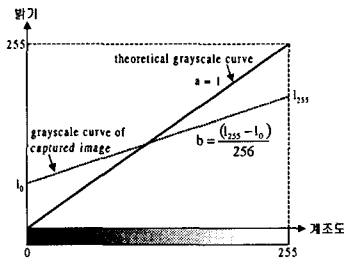
(6) 그레이스케일 트래킹 검사

스크린의 제조도 표시성능을 검사하는 것으로써 <그림 4>의 제조도 패턴영상으로부터 각 레벨의 제조도를 읽어들이어 레벨간의 편차가 허용범위를 벗어나는지 검사한다. <그림 11>은 캡처된 제조도 패턴영상으로부터 측정된 계

조도와 이론적인 계조도간의 차이를 보여준다.

식(14)는 캡처된 영상으로부터 얻어진 계조도-1을 나타내며, 식(15)는 계조도-1에 대해 이론적인 계조도와 실측된 계조도간의 오차를 나타낸다. 우변의 두번째 항은 실측된 계조도에 대한 스케일링을 고려한 것이다.

$$\hat{I}(l) = \frac{\sum_{i=-K}^K \sum_{j=-L}^L I(i, l+j)}{(2K+1)(2L+1)} \quad (14)$$



<그림 11> 계조도에 대한 측정치와 이론치

$$e(l) = \left| I'(l) - \frac{\hat{I}(l) - I_0}{b} \right| \quad (15)$$

$$E = \frac{1}{256} \sum_{l=0}^{255} e(l) \quad (16)$$

$$E < d_e \quad (d_e = 4) \quad (17)$$

따라서, 전체 계조도에 대한 오차는 식(16)과 같으며, E 값을 식(17)과 같이 최대 허용편차와 비교하여 합/불 여부를 판정한다. 식(17)에서 $d_e=4$ 는 최대 허용편차로써 계조도 구별에 대한 시각적인 특성에 의해 정해진 값이다.

검사 시스템의 부가적인 기능은 다음과 같다.

(7) 표시기능

검사결과에 대한 합/불 표시와 측정값을 표시하고, 각 검사에 대한 소요시간 및 히스토그램 표시와 같은 검사에 수반되는 결과를 표시한다. 또한, 전체 검사결과에 대한 통계자료를 표시하며, 검사 단계별 합/불 여부를 표시함으로써 구체적인 불량원인을 파악할 수 있게 한다.

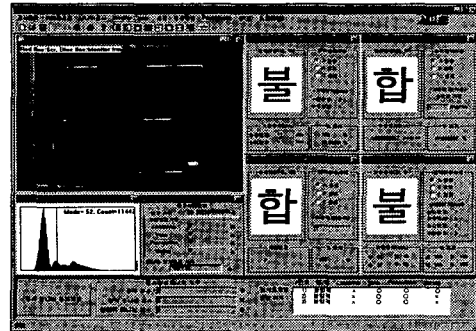
(8) 검사 선택기능

사용자의 필요에 따라 검사항목들을 선택할 수 있는 기능으로써 불필요한 검사항목에 대한 검사공정을 생략함

으로써 검사에 소요되는 시간을 단축할 수 있다.

3. 검사 시스템의 사용자 인터페이스

<그림 12>는 본 연구에서 개발한 검사 시스템이다. 화면 좌측은 캡처된 검사대상 모니터를 표시하며, 사이징 검사시에 추출된 모니터 프레임과 스크린 영역의 경계정보가 이 영상 위에 함께 표시된다. 우측에 위치한 네 개의 윈도우는 각 검사항목에 필요한 기준치 설정기능과 측정 데이터 표시 및 검사 결과의 합/불 판정을 표시한다. 그리고 표시된 검사대상 모니터 화면의 하단에는 캡처된 영상의 히스토그램과 문턱치 레벨을 보여주며, 각 검사공정에 소요되는 시간을 초단위로 표시한다. 그리고 전체화면 하단의 윈도우는 검사 완료된 전체 모니터의 검사결과를 항목별 통계자료로 보여준다. 이 밖에 화면 상단의 주 메뉴나 툴바에는 검사 선택기능이나 문턱치 설정기능 등을 위한 메뉴항목들을 포함한다.



<그림 12> 검사 시스템 외관

4. 활용 방안 및 기대 효과

본 연구에서 개발한 모니터 검사 시스템은 컴퓨터 비전 기술을 기초로 하기 때문에 별도의 추가적인 하드웨어가 필요치 않아 저가로 구현이 가능하다. 따라서, 자본력이 부진한 업체에서도 생산 품질을 향상시키기 위해 큰 부담 없이 도입할 수 있다. 연구개발 결과, 본 검사 시스템은 생산품질 향상 및 고가장비에 대한 수입대체효과를 가져올 전망이다. 장비 운영 및 관리면에서도 공장 자동화를 위한 전체 공정에 대한 관리 시스템과의 연동에 기여할 것으로 기대되며, 지속적인 발전추세에 있는 비전기술에 병행하여

추가적인 검사기능이나 사용자 인터페이스의 기능개선과 더불어 검사 시스템의 성능이 향상될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 본 검사 시스템은 모니터 검사 이외의 비전을 이용한 다른 분야의 검사 시스템에 있어서도 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Intel Image Processing Library Reference Manual, Intel Corp. pp. 123-140, 1999.
- [2] Leutron Vision's LV-SDS manual, pp. 202-290, 1995.
- [3] Bernard Grob, Basic Television and Video Systems, McGraw-Hill, pp. 115-123, 1984.
- [4] Scott E. Umbaugh, Computer Vision and Image Processing: A Practical Approach Using CVIPTools, Prentice Hall, pp. 37-96, 1997.
- [5] Rafael C. Gonzalez, Digital Image Processing, Addison-Wesley, pp. 413-457, 1992.
- [6] Jae S. Lim, Joe S. Lim, Two -Dimensional Signal and Image Processing, Prentice Hall, pp. 468-494, 1989.



최 병 진

1990년 경북대학교 전자공학과 졸업
 1992년 경북대학교 대학원
 전자공학과 (공학석사)
 1997년 경북대학교 대학원
 전자공학과 (공학박사)
 1998년~현재 경운대학교 정보통신
 공학과 교수



정 중 혁

1992년 부경대학교 전자공학과 졸업
 1994년 동아대학교 대학원
 전자공학과 (공학석사)
 1999년 한국해양대학교 대학원
 전자통신공학과 (공학박사)
 2000년~현재 경운대학교 정보통신
 공학과 교수



강 상 옥

1992년 숭실대학교 전자공학과 졸업
 1994년 숭실대학교 대학원
 전자공학과 (공학석사)
 1999년 숭실대학교 대학원
 전자공학과 (공학박사)
 2000년~현재 경운대학교 정보통신
 공학과 교수



조 영 창

1994년 영남대학교 전기공학과 졸업
 1996년 영남대학교 대학원
 전자공학과 (공학석사)
 1998년 영남대학교 대학원
 전자공학과 박사수료
 1999년~현재 경운대학교 정보통신
 공학과 교수



오 주 환

1983년 영남대학교 전자공학과 졸업
 1985년 영남대학교 대학원
 전자공학과 (공학석사)
 1996년 아주대학교 대학원
 전자공학과 (공학박사)
 1997년~현재 경운대학교 정보통신
 공학과 교수



윤 정 오

1989년 경북대학교 전자공학과 졸업
 1991년 경북대학교 대학원
 전자공학과 (공학석사)
 1998년 경북대학교 대학원
 전자공학과 박사수료
 1997년~현재 경운대학교 정보통신
 공학과 교수