

---

# 이진영상과 Circular Input 방식을 이용한 Blind 워터마킹

김태호\* · 김영희\* · 진교홍\* · 고봉진\* · 박무훈\*

Blind Watermarking by Using Circular Input Method and Binary Image

Tae-Ho Kim\* · Young-Hee Kim\* · Jin, Kyo-Hong\* · Bong-Jin Ko\* · Mu-Hun Park\*

## 요 약

컴퓨터의 발달과 의료기기의 디지털화로 인해 의료영상 분야도 디지털화되고 있다. 그 결과 의료영상과 의료영상의 저작권에 관계된 여러 가지 문제점들이 야기되고 있다. 이러한 환경 하에서 환자의 사생활 보호와 의료영상 자체의 소유권, 재산권의 여부 및 데이터 변형 여부의 판별을 위하여 디지털 워터마킹이 사용되고 있다. 기존에 제안된 여러 가지 워터마킹 기법들은 Non-Blind 방식에서는 원 영상이 필요하다는 점과 Blind 방식을 사용할 경우에는 육안으로는 식별이 힘든 양극 워터마크를 사용한다는 단점이 있다.

본 논문은 Blind 워터마킹에서 시각적으로 인지하기 쉽도록 하기 위하여 이진 워터마크 영상을 다중 웨이블릿 변환하고, 원 영상을 이산 푸리에 변환하여 영상의 중간 주파수대에 Circular Input 방식을 이용하여 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하면 공격이 없을 시에 어떠한 손실도 없는 워터마크를 추출 할 수 있다. 그리고 최대 3.35dB의 PSNR 값의 향상을 가져왔다. 향후 그레이 레벨이나 칼라 레벨의 영상을 이용하여 제안된 알고리즘의 우수성을 확인해 볼 것이다.

## ABSTRACT

The field of medical images has been digitalized as the development of computer and the digitalization of the medical instruments. As a result it causes a lot of problems such as an illegal copy related to medical images and property right of the medical images. Therefore, digital watermarking is used for discrimination whether the data are modified or not. It is also used to protect both the property right of medical images and the private life of many patients. The proposed theories, the Non-blind and the Blind method, have two problems. One is needed an original image and the other is using a gaussian watermarking.

This paper proposes the new Blind Watermarking using binary images in order to easily recognize the results of watermark. This algorithm is described that an watermark of a binary image is wavelet-transformed, and then a transformed watermark is inserted in medium-band of frequency domains of original image by the Circular Input method.

This method don't have any loss when image didn't have any attack. As a result Watermark can be perfectly extracted by using this algorithm. And Maximam PSNR value is improved 3.35dB. This algorithm will be improved by using gray level image and color image.

## 키워드

Blind Watermarking, Wavelet, Binary image, The Circular Input method

## I. 서 론

세계 각 국의 정보화사업과 기업의 경쟁력 강화 차원에서 많은 부분의 정보들이 디지털화되어 있으며, 지금도 정보의 디지털화가 진행 중에 있어 2005년도까지 콘텐츠의 60%이상이 디지털화 될 것으로 예측되고 있다. 이러한 환경은 디지털 저작물이 원본의 손상 없이 무제한의 복제와 유통이 가능하고 원본과의 구별이 불가능하여 저작권의 보호나 불법 복제 및 유통의 방지 등이 더욱 필요하게 되었다[1].

이러한 부분들은 일반 생활의 멀티미디어 콘텐츠뿐만 아니라 의료분야의 디지털화로 인하여 의료분야에서도 발생하고 있다.

전자기술과 전자계산기, 정보통신분야의 발전으로 의료장비와 의료관리 체계에도 많은 변화가 있다.

일례로 기존의 RIS(Radiology Information System), HIS(Hospital Information System)를 확장한 PACS(Picture Archiving and Communication System)가 많은 의료기관에 보급되고 있다[2].

PACS 환경 하에서의 디지털화된 의료영상은 필름영상에 비해 비용, 획득, 전송, 복사, 저장의 편리성과 효율성을 동시에 가지며 그로 인하여 인터넷을 기반으로 하는 의료영상 시스템, 환자정보의 원격지 전송, 데이터 베이스를 이용한 교육 및 정보 이용의 활용을 가능하게 하고 있다.

그러나 이러한 과정으로 의료영상과 데이터들이 디지털화되면 멀티미디어 콘텐츠와 동일한 보안상의 문제점이 발생하게 된다.

일반적으로 워터마킹 방식을 구분하는 여러 가지 분류 중에 Non-Blind 방식과 Blind 방식이 있다. Non-Blind 방식은 워터마크를 추출할 시 원 영상을 필요로 하는 방식이고, Blind 방식은 워터마크 추출 시 원 영상을 필요로 하지 않는 방식이다. Non-Blind 방식은 추출시의 시간이 오래 걸린다는 단점이 있으나 구현이 간단하며 이진영상 등 시각적으로 인지하기 쉬운 영상을 이용한 워터마킹이 유용하나, Blind 방식은 추출시의 시간은 상대적으로 적게 걸리나 구현이 어렵고 이진영상을 사용하기에 어려움이 있어 주로 Gaussian 잡음을 이용한 양극 워터마크를 삽입하여 시각적 인지성이 떨어진다는 단점이 있다.

Blind 방식에서 시각적 인지성을 높이기 위해 이진 영상을 사용하고 의사 원본 영상과의 비교를 통해 워터마크

를 추출하는 방식도 제안되었다. 이 방식은 워터마크의 위조를 방지할 수는 있지만 의사 원본 영상과 비교를 하는 과정에서 워터마크의 데이터에 손실을 일으킬 수 있으므로 선명한 워터마크 영상을 얻을 수 없다[5][6][7][8].

본 논문은 Blind 워터마킹에서 양극 워터마크를 삽입하는 방식을 따르지 않고, 워터마크의 손실을 없애고 시각적으로 인지하기 쉽도록 하기 위하여 이진 워터마크 영상을 다중 웨이블릿 변환하고, 원 영상을 이산 푸리에 변환하여 영상의 중간 주파수대에 Circular Input 방식을 이용하여 워터마크를 삽입함으로써 보다 선명한 워터마크 영상을 추출할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

## II. 본 론

Wavelet 변환과 Fourier 변환, Circular Input 방식은 다음과 같다.

### 2.1. 웨이블릿 변환

분리성(Separability), 스케일성(Scalability), 이동성(Translatibility) 커널들을 아래의 각각 수평, 수직, 대각선 웨이블릿이라고 부르는 세 개의 분리 가능한 2-D 웨이블릿들과 하나의 분리 가능한 2-D 스케일링 함수로 나타낼 수 있다[8].

수식은 다음과 같다.

$$\psi^H(x, y) = \psi(x)\phi(y) \quad (1)$$

$$\psi^V(x, y) = \phi(x)\psi(y) \quad (2)$$

$$\psi^D(x, y) = \psi(x)\psi(y) \quad (3)$$

$$\phi(x, y) = \phi(x)\phi(y) \quad (4)$$

웨이블릿 변환에서 하나의 기저함수를 웨이블릿이라 부르며, 웨이블릿은 하나의 대역통과 필터이다. 웨이블릿은 유한 길이를 가지는 기저함수이므로 웨이블릿 변환은 모 웨이블릿(Mother Wavelet)이라 불리는 원형 웨이블릿의 수축과 팽창에 의해 얻어지는 웨이블릿들의 집합에 의해 구성된다.

$$W(scale, position) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\psi(scale, position)dt \quad (5)$$

(5)식에 의하면 Signal  $f(t)$ 와 Mother Wavelet의 Shift, Scaling을 통해 형성된 Daughter Wavelet과의 곱을 모든 시간에 대해 적분한 것으로 나타낼 수 있다.

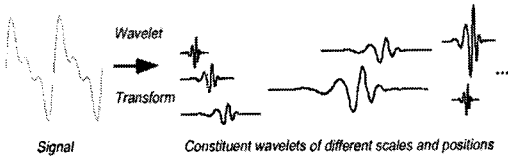


그림 1. 다른 Scale 과 Position의 Wavelet들  
Fig. 1. The wavelet of the other scale and position

영상에서의 웨이블릿 변환은 영상을 분할하기 위해 수평, 수직 방향으로 저대역 통과 필터와 고대역 통과 필터를 통과하여 다운샘플링(Down Sampling)되며, 크기가 다른 부밴드들을 얻을 수 있게 된다[9][10].

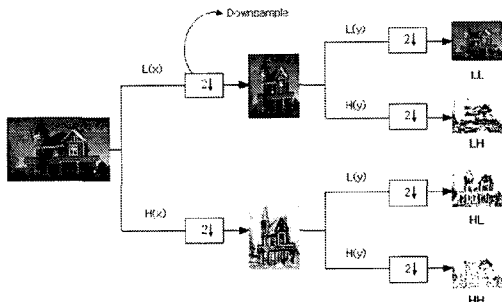


그림 2. 1단계 Wavelet 분할 및 예  
Fig. 2. The first grade wavelet division

### 2.2. 이산 푸리에 변환

$I(x,y)$ 의 8비트 화소의 강도를 가지는  $N \times M$  크기의 그레이 영상에서 이산 푸리에 변환은 식(6)과 같다.

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} I(x, y) e^{-\frac{j2\pi ux}{N}} e^{-\frac{j2\pi vy}{M}} \quad (6)$$

영상에 대한 이산 푸리에 변환은 진폭과 위상 성분으로 나뉘며, 영상을 이산 푸리에 변환한 결과는 아래 그림3과 같다[12].



그림 3. 512×512 영상의 이산푸리에 변환  
Fig. 3 512×512 Discrete Fourier Transform image

### 2.3. Circular Input 방식

일반적으로 영상의 주파수영역에서 외부의 공격에 강한 부분, 즉 데이터의 부분적 손실이 이루어져도 영상에 크게 영향을 미치지 않는 부분은 중간 주파수대이다 [4][5][14].

기존의 방식과 같이 영상화소에 곱하거나 더하는 방식이 아닌 시각적으로 인지할 수 없을 정도의 영상손실을 가져오면서 그보다 더 큰 워터마크 영상의 이득을 가져오기 위해 중간주파수 대에 웨이블릿 변환된 워터마크 데이터를 원형 부채살 모양으로 원 영상의 화소와 직접 1대1 교환을 하는 방식을 사용하였다. 도식적으로 나타내면 그림 4와 같다.

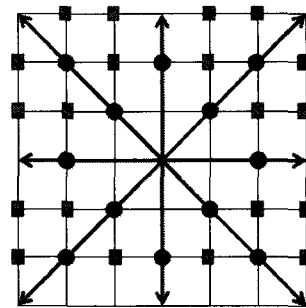


그림 4. Circular Input 방식  
Fig. 4 Circular Input method

검출방식은 삽입방식의 역순으로 행하였으며 이진영상을 사용하였으므로 임계값 등의 특징을 사용하지 않고도 육안으로 식별가능하므로 특정적인 유사도 값은 명시하지 않았다.

그리고 본 논문에서 제안된 알고리즘의 효과적인 비교를 위해 LPM 변환영역에 같은 비트수의 데이터를 삽입하여 PSNR 값을 측정하였다[3][4][11][13][14].

### III. 실험결과 및 고찰

512×512의 일반영상과 의료영상을 사용하여 2.1 - 2.3까지의 변환과 삽입방식을 따른다. 각각 32×32 및 256×256의 이진영상을 워터마크로 사용하였으며, 삽입전의 원 영상과 삽입 후의 영상 추출된 워터마크 등의 순으로 결과를 나타내었다.

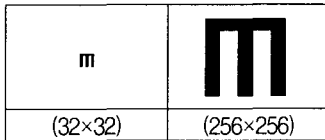


그림 5. 삽입 워터마크  
Fig. 5 Watermark

먼저 32×32의 워터마크 데이터를 512×512의 일반영상에 넣었을 때 그림 6의 결과영상을 얻었다.

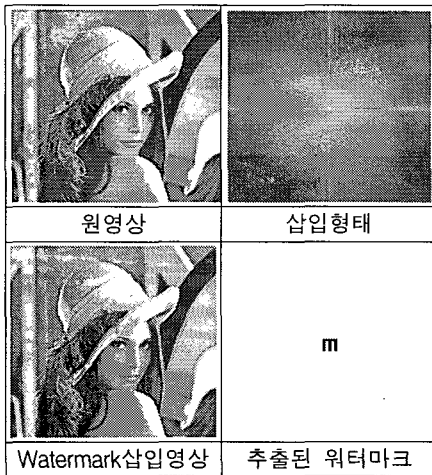


그림 6. 32×32 삽입결과  
Fig. 6 32×32 Watermarking results

그림 7은 32×32의 워터마크 영상을 512×512의 의료영상에 넣었을 시의 결과영상이고, 그림 8은 256×256의 워터마크 영상을 512×512의 일반영상에 넣었을 시의 결과영상이다.

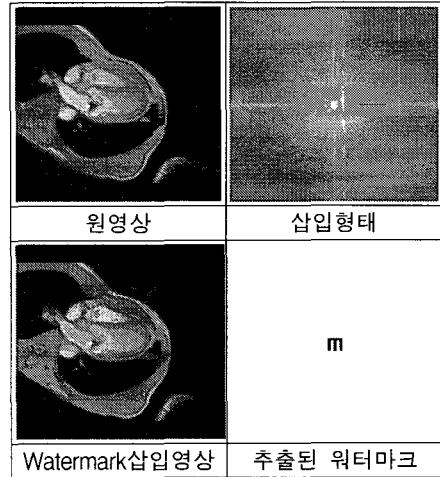


그림 7. 32×32 삽입결과  
Fig. 7 32×32 Watermarking results



그림 8. 256×256 삽입결과  
Fig. 8 256×256 Watermarking results

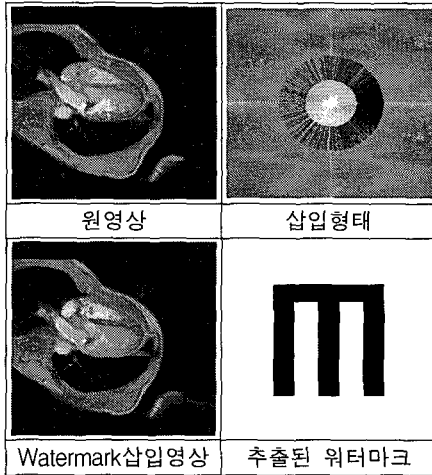


그림 9. 256×256 삽입결과  
Fig. 9 256×256 Watermarking results

마지막으로 그림 9는 256×256의 워터마크 영상을 512×512의 의료영상에 넣었을 시의 결과영상이다.

워터마킹 영상의 화질의 열화를 알아보기 위하여 식 (7)의 PSNR(dB)의 값을 실험영상에 대하여 산출해 보았다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{MN(255)^2}{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} (O(m, n) - W(m, n))^2} \right) \quad (7)$$

O(m,n) : Original Image, W(m,n) : Watermarked Image

표 1은 LPM 방식에 의한 일반영상과 의료영상의 PSNR 값들을 나타내고 있다[11][13][14].

표 1. LPM 방식에 의한 PSNR 결과  
Table. 1 PSNR results by using LPM method

LPM 방식			
일반영상(Lena)		의료영상(Heart)	
32×32	256×256	32×32	256×256
47.54dB	35.24dB	46.42dB	28.27dB

표 2는 제안한 알고리즘에 대한 일반영상과 의료영상의 PSNR 값들을 나타내고 있다

표 2. 제안된 알고리즘에 의한 PSNR 결과  
Table. 2 PSNR results by using proposed algorithm

제안된 방식			
일반영상(Lena)		의료영상(Heart)	
32×32	256×256	32×32	256×256
48.67dB	37.48dB	47.48dB	31.62dB

32×32의 이진 워터마크영상을 삽입한 경우 LPM 방식의 경우 일반영상에서 47.54dB, 의료영상에서 46.42dB의 PSNR 값을 얻을 수 있었으며 제안된 방식은 일반영상에서 48.67dB, 의료영상에서 47.48dB의 PSNR 값을 얻어 일반영상의 경우 1.13dB, 의료영상의 경우 1.06dB의 향상을 보였다.

256×256의 이진 워터마크영상을 삽입한 경우 LPM 방식의 경우 일반영상에서 35.24dB, 의료영상에서 28.27dB의 PSNR 값을 얻을 수 있었으며 제안된 방식은 일반영상에서 37.48dB, 의료영상에서 31.62dB의 PSNR 값을 얻어 일반영상의 경우 2.24dB, 의료영상의 경우 3.35dB의 향상을 보였다.

실험결과에서 나타난 것처럼 다양한 크기의 워터마크 영상을 원 영상에 삽입하였음에도 불구하고, 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상의 차이를 육안으로 쉽게 구별할 수 없음을 알 수 있다.

또한 PSNR값도 기존의 LPM 방식과 비교하여 최고 3.35dB의 향상을 보임을 볼 수 있다.

실험결과에서 알 수 있듯이 같은 양의 데이터를 삽입했을 경우에 제안된 방식이 기존의 LPM 방식과 비교하여 영상의 열화를 덜 일으킬 뿐만 아니라 알고리즘 또한 간단하다. 이것은 영상에 이진 워터마크가 아닌 데이터를 삽입할 경우에도 제안된 알고리즘을 사용하면 기존의 LPM 방식에 비하여 영상의 열화를 줄이고 처리속도도 빨라지는 것을 의미한다.

#### IV. 결 론

최근 개인용 컴퓨터의 보급 확대와 디지털 시대를 맞이하여 다양한 디지털 저작물들이 나오고 있으며, 인터넷의 발달로 멀티미디어 데이터양이 급격히 늘어가고 있다. 본 논문에서는 PACS 환경이나 멀티미디어 콘텐츠에

서 발생하는 저작권 문제를 해결하기 위한 워터마킹 방법 중 기존의 Non-Blind 방식이나 결과 값을 인지하기 어려운 랜덤 잡음을 이용한 Blind 방식이 아닌 인지하기 쉬운 이진영상을 이용한 워터마킹 방법을 제안하였다.

이진영상의 데이터를 삽입 시 데이터의 손실이 일어나는 것을 방지하기 위하여 원 영상의 화소와 직접 1대1로 교환하는 방식을 선택하였고 영상의 화질의 열화를 최소화하기 위하여 중간 주파수 영역에 데이터를 Circular Input 방식으로 삽입하였다. 일반적으로 워터마크 추출 시 원 영상을 사용하는 Non-Blind 방식에서 이진 영상을 삽입했을 경우 공격이 없을 시 워터마크의 손실이 일부 일어나는데 비해 본 논문에서는 워터마크 추출 시 원 영상을 사용하지 않는 Blind 방식임에도 불구하고 공격이 없을 시에 워터마크의 손실이 일어나지 않았다.

이진영상을 사용하였으므로 특정적인 유사도 값은 명시하지 않았으며 영상의 열화정도를 비교하기 위해 제안한 방식의 PSNR값을 기존의 LPM방식과 비교하여본 결과 최대 3.35dB의 향상을 보였다.

향후 각종 공격에 대한 강인성을 가질 수 있는 변환과 의 연계성에 대해서 연구해 볼 것이며 이진 영상이 아니라 그레이 레벨의 영상이나 미리 제작된 영상이 아닌 랜덤한 영상도 워터마크로 활용하는 방법을 연구하고자 한다. 또한 그레이 레벨이 아닌 컬러레벨의 원 영상을 사용하는 방법도 연구해 보고자 한다.

### 참고문헌

- [1] 강상익, "디지털 워터마킹 국내·외 표준화 동향", ITA저널, 제 73호, pp.138-144, 2000
- [2] C.Coatrieux, H.Maitre, B.Sankur, Y.Rolland, R.Collorc, "Relevance of watermarking in Medical Imaging", IEEE EMBS Conf. On Information, 2000
- [3] 남기철, 박무훈, "의료영상에서의 강인한 워터마킹 기법에 관한 연구", 한국해양정보통신학회 춘계종합 학술발표 논문집, 7권1호, pp.255-258, 2003
- [4] 남기철, 박무훈, "의료영상에서 Polar 변환을 적용한 강인한 워터마킹 기법", 한국해양정보통신학회, 8권 2호, pp379-385, 2004
- [5] 남기철, "Polar 변환기법을 이용한 의료영상에서의 강인한 워터마킹", 창원대학교 석사학위논문, 2003. 12
- [6] 김원겸, 이종찬, 이원돈, "원본정보 없이 쉐일영상의 추출이 가능한 이미지 워터마킹 기법", 정보처리 논문지, 7권12호, pp.3885-3897, 2000
- [7] 배기혁, "디지털 영상의 저작권 보호를 위한 워터마크의 강인성 비교", 한국 정보처리학회 춘계 학술 발표 논문집, 제 8권 1호, 2001
- [8] Ingemar J.Cox, Joe Kilian, Tom Leighton, Talal Shamoan, "A Secure, Robust Watermark for Multimedia", IEEE International conference on Image Processing(ICIP 96), 1996
- [9] Rafael C.Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L.Eddins, "Digital Image Processing using matlab", ITC, pp.257-260, 2004
- [10] 정성환, 이문호 공저, "자바를 이용한 디지털 영상처리", 정익사, 2005
- [11] Joseph J.K.O'Ruanaidh and Treierry Pun, "Rotation, Scale and Translation Invariant Digital Image Watermarking", IEEE ICIP, pp536-539, Santa Barbara, 1998
- [12] Solachidis V, Pitas I, "Circularly symmetric Watermark embedding in 2-D DFT domain", IEEE Transactions on Image Processing 2001.10, 1741-53
- [13] Bum-Soo Kim, Jae-Gark Choi, Chul-Hyn Park, Jong-Un Won, Dong-Min Kwak, Sang-Keun Oh, Chang-Rim Koh, Kil-Houm Park, "Robust digital image watermarking method against geometrical attacks", Real-Time Imaging Vol9, Issue2, pp139-149, 2003
- [14] Dong Zheng, Jiying Zhao, Saddik, "RST Invariant Digital Image Watermarking Based on Log-Polar Mapping and Phase Correlation", IEEE, 2003, 9

저자소개



김 태 호(Tae-Ho Kim)

2004.2 창원대학교 전자공학과 공학사  
2005.8-2006.2 인도 L&T Infotech IT  
연수  
2004.3~현재 창원대학교 전자공학과  
석사과정

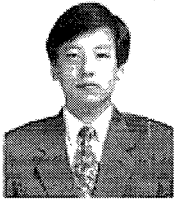
※ 관심분야 : Watermarking, 가상현실, Wavelet 변환, 영  
상압축, 영상처리



고 봉 진(Bong-Jin Ko)

1995년 항공대학교 전자공학과 박사  
1994년-1996년 인하공업전문대학  
통신과 조교수  
1997년 한국전자통신연구원  
초빙연구원

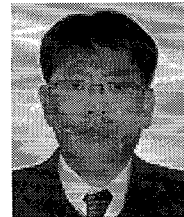
1996-현재 창원대학교 전자공학과 교수  
※ 관심분야 : 4G 이동통신, D-TV, HAPS



김 영 희(Young-Hee Kim)

1989.2 경북대학교 전자공학과 공학사  
1997.2 포항공대 전자전기공학과  
공학석사  
2000.8 포항공대 전자전기공학과  
공학박사

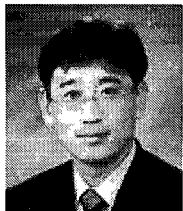
1989.1~2001.2 현대전자 메모리연구소 책임연구원  
2001.3~현재 창원대학교 전자공학과 교수  
※ 관심분야 : 저전압/저전력/고속 메모리 설계, LCD 구동  
칩 설계, CMOS 이미지 센서 설계, RFID 태그 칩 설계



박 무 훈(Mu-Hun Park)

1991.2 경북대학교 전자공학과 공학사  
1993.3 동북대학교 전기통신공학  
연구과 공학석사  
1996.3 동북대학교 전기통신공학연  
구과 공학박사

1998.8~현재 창원대학교 전자공학과 교수  
※ 관심분야 : 생체 신호처리, 영상신호처리, 가상현실



진 교 홍(KyoHong Jin)

1991년 부산대 컴퓨터공학과(공학사)  
1993년 부산대 컴퓨터공학과(공학석사)  
1997년 부산대 컴퓨터공학과(공학박사)

1997년 ~ 2000년 국방과학연구소 선임연구원  
2000년 ~ 2004년 동의대학교 조교수  
2004년 ~ 현재 창원대학교 전자공학과 부교수  
※ 관심분야: 무선센서네트워크 프로토콜, TCP/IP 등