

전원주파수 자계 내성시험의 개선된 EUT 성능평가방법

Improved Performance Evaluation Method for EUT in Power Frequency Magnetic Field Immunity Test

정 기 범 · 최 재 훈*

Ki-Bum Jung · Jae-Hoon Choi*

요 약

본 논문에서는 전원주파수 자계 내성시험에 사용할 개선된 EUT(Equipment Under Test) 영상 모니터링 평가 방법을 제안하고, 실시간으로 영상 모니터링이 가능한 자동화 프로그램의 개발에 대하여 서술하였다. 제안된 평가방법에서는 전원주파수 자계 내성시험에서 전자파 영향을 받지 않은 모니터와 전자파 영향을 받은 모니터 사이의 영상의 변화를 자동화된 알고리즘에 의해 검출하여 내성 정도를 판별한다. 본 방법에서 사용된 영상변화의 실시간 판정을 위한 영상변화 검출 알고리즘은 시험의 재현성을 확보함으로써 기존의 방법인 시험자 주관적인 판단에 의한 단점을 보완하여 준다. EUT 영상의 변화 검출로 PC 모니터류에 대한 내성판정이 보다 정량적으로 가능함을 제시하였다. 또한 국제규격과 국내동향에 맞추어 EUT 내성판정법에서 정량적인 값을 도출하는 방법을 제안하였다.

Abstract

In this paper, an improved EUT(Equipment Under Test) evaluation method using image monitor for power frequency magnetic field immunity test was proposed and development of an automated real time image monitoring program was described. The proposed power frequency magnetic field immunity test detects automatically the change between the affected and unaffected image of EUT under the influence of electromagnetic wave. The proposed method for real time decision supplements shortcomings of the currently used method which is subjective to tester's decision by ensuring the repeatability of the test. The change detection of EUT image provides a possibility of the immunity decision for PC monitors. In addition, the method to draw quantitative value in EUT immunity decision is suggested in accordance with the international standards and domestic trends.

Key words : EUT, Power Frequency Magnetic Field Immunity

I. 서 론

기존의 EUT에 관한 전원주파수 자계 내성시험의 영상판정은 측정환경과 시험자의 판단에 따라 정해지기 때문에 측정의 재현성이 부족하고 판정결과를 정량적인 값으로 제시하지 못하고 있다^{[1],[2]}. 본 논문

에서는 주관적인 시험자 판단에 의한 EUT 모니터링을 객관적이고 정량적인 모니터링을 위한 실시간 자동화 시스템을 구현하고자 영상 변화 검출 알고리즘을 전원주파수 자계 내성시험에 적용하였다^[5]. 그리고 기존 방식은 단순히 프레임간 전체 영상의 밝기를 가지고 영상변화를 검출하였지만, 본 논문에서는 영

「본 연구는 무선관리단 지원으로 수행되었음.」

한양대학교 전자통신전파공학과(Department of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University)

*한양대학교 전자전기컴퓨터공학부(Division of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University)

· 논문 번호 : 20030113-008

· 수정완료일자 : 2003년 5월 23일

상의 실시간과 영상의 블록화를 통해 영상변화 검출의 민감도를 더욱 향상시킨 알고리즘이다. 표준 모니터 영상과 자기장의 영향을 받은 모니터 영상의 영상변화 검출 알고리즘을 적용하였다. 전자파 내성 측정의 재현성을 구현함으로써 전원주파수 자계 내성시험 결과에 대한 성능평가 방법을 제안한다.

II. 영상변화 검출에 의한 내성 시험

그림 1은 전원주파수 자계 내성시험의 시험설비 예를 나타낸 것이다.

사각 유도코일 안에 수검기기인 EUT(모니터)가 놓이고, 사각코일에 전원이 공급되면 사각코일 주변에 자기장이 분포하게 된다. 그림 2는 이러한 현상을 보이는 예이다^{[1],[3]}.

EUT를 사각코일 중앙에 위치해 놓는다. 수평과 수직으로 자기장을 인가한다. 자기장 세기는 KN 규격에 따라 1 A/m를 인가한다. 적용 장비에 대해 또는 EUT가 쓰이는 곳에 따라 자기장의 세기는 달라

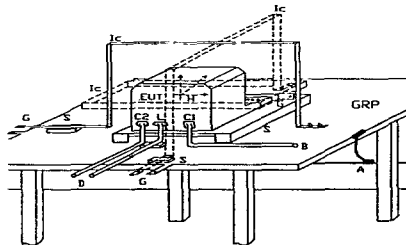


그림 1. 전원주파수 자계 내성시험 예
Fig. 1. Sample of the test set-up for power frequency magnetic field test.

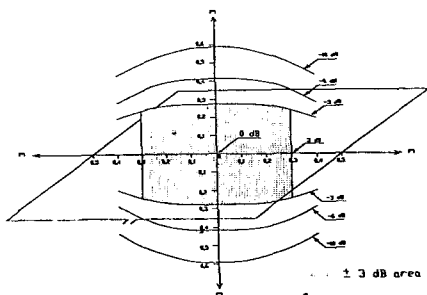


그림 2. 사각유도코일에서 발생하는 3 dB 영역
Fig. 2. 3 dB area of the field generated by a square induction coil.

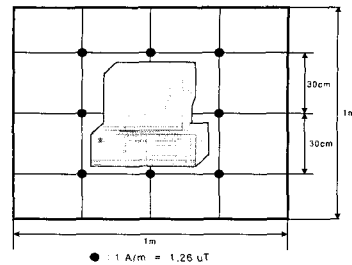


그림 3. 사각유도 코일 3 dB 영역의 EUT
Fig. 3. EUT(PC monitor) in 3 dB area by a square induction coil.

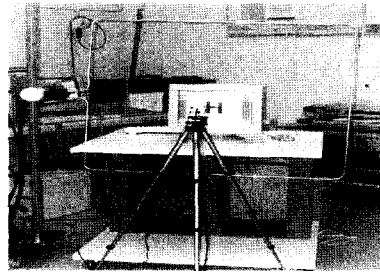


그림 4. 전원주파수 자계 내성시험 측정
Fig. 4. Measurement of power frequency magnetic field immunity test.

진다. 보통의 정보기기류는 1 A/m 자기장을 인가하도록 되어 있다. 이러한 조건에서 시험자의 주관적인 판단보다는 이 논문에서 제안한 객관적인 EUT 영상 모니터링 알고리즘을 적용하고자 한다^{[4]~[6]}.

그림 3은 사각유도 코일 내부의 3 dB 영역에 EUT인 모니터가 놓인 경우를 나타낸다.

그림 4는 실제 사각유도 코일에 EUT를 위치시키고 카메라를 통해 영상을 제어 컴퓨터로 전송하는 시스템을 나타낸다.

현재 인증 시험은 EUT의 변화를 시험자의 육안으로 판단한다. 본 논문에서 제안한 방법은 측정 시스템에 CCD 카메라를 놓고 영상의 변화를 모니터링한다. 제안된 알고리즘을 이용하여 정량적인 합부판정이 가능하도록 한다.

III. EUT의 영상검출 알고리즘

EUT에 관한 전자파 전원주파수 자계 내성시험의 영상판정은 시험자의 판단에 따라 정해지기 때문에 측정의 재현성이 부족하다. 또한 측정 환경에 따라

판정결과가 다르게 나타나기 때문에 영상의 판정 기준을 정량적인 값으로 정확히 제시하지 못한다. 본 논문에서는 EUT로 PC 모니터를 선정하고 전자파의 영향을 받은 모니터의 영상을 픽셀의 밝기정보를 이용하여 분석하였다.

3-1 영상분석 시스템

그림 5는 EUT의 영상을 분석하기 위한 시스템 구조이다.

그림 5에서와 같이 CCD 카메라로부터 EUT에 대한 3차원 영상을 광케이블(optic cable)을 통해 입력 받고, 입력된 영상을 영상캡처보드(frame grabber)에서 2차원 디지털 영상으로 변환하여 영상을 분석한다. 전체 균일도 기준면에 있는 EUT를 정확히 분석하기 위해 카메라에 원격장치를 하고 데이터 전송라인은 광케이블을 사용하여 전자파 영향에 의한 왜곡이 없도록 한다.

3-2 컬러 모델

색정보를 알기 위해서는 우선 컬러 모델을 어떤 것으로 할 것인가를 설정해야 하는데 일반적으로 CCD 카메라는 NTSC 방식으로 그 컬러 정보의 모델은 식 (1)과 같이 표현된다. NTSC 영상표준 방식에서 컬러 정보의 휘도 Y 는 식 (2)와 같이 표현한다⁸⁾.

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$Y = 0.59G + 0.30R + 0.11B \quad (2)$$

여기서, R 은 Red, G 는 Green, B 는 Blue의 색정보를 말하며 각 레벨은 0~255의 크기를 가질 수 있다. Y 는 그레이 스케일의 밝기를 말한다.

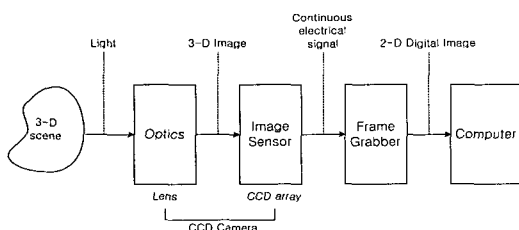


그림 5. 시스템 구조
Fig. 5. System structure for image analysis.

3-3 표준편차

기준영상(전자파 영향을 받지 않은 영상)과 대상 영상(전자파 영향을 받은 영상)의 R, G, B값과 휘도를 이용하여 평균값과 표준편차를 구한다.

$$\mu = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} |x_{ij} - y_{ij}| \quad (3a)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (|x_{ij} - y_{ij}| - \mu)^2} \quad (3b)$$

여기서 μ 와 σ 는 각각 평균값과 표준편차를 나타내고, NM 은 전체 영상의 크기이다. 그리고 x_{ij} 는 기준 영상의 픽셀 값이고, y_{ij} 는 대상영상의 픽셀 값이다. 여기서 픽셀 값은 영상의 밝기 정보 0~255의 레벨을 갖는다.

3-4 영상변화 검출

그림 6의 old image와 new image는 각각 이전 프레임과 현재 프레임을 나타낸다^{7),8)}.

한 프레임내의 각각의 블록에 밝기정보 I 를 저장한다. $I(k)$ 는 픽셀의 크기가 $m \times n$ 인 k 번째 블록의 평균 밝기정보이며, 식 (4)와 같이 정의한다⁷⁾.

$$I(k) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{R_{ij} + G_{ij} + B_{ij}}{3 \times m \times n} \right) \quad (4)$$

픽셀 정보를 표현할 때 일반적으로 RGB 값으로 표현한다. old image와 new image에 대해 각 블록을 직접 비교하면 영상의 변화가 전자파 영향으로 인한 것인지 단순히 외부 조명 밝기의 변화에 의한 것인지 구별이 곤란하다. 즉 외부 조명의 밝기 변화에 의한 검출을 배제하기 위해서 new image와 old image의 전체 밝기의 차이인 식 (5)의 I_{offset} 을 도입한다.

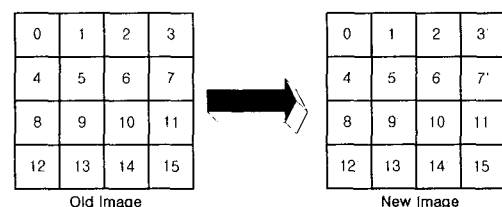


그림 6. 영상변화 검출 원리
Fig. 6. Principle of image change detection.

$$I_{offset} = \frac{\sum_{k=1}^{16} I_{New}(k) - \sum_{k=1}^{16} I_{Old}(k)}{16} \quad (5)$$

여기서 $I_{New}(k)$ 와 $I_{Old}(k)$ 는 각각 new image와 old image의 k 번째 블록내의 평균 밝기 정보이다. new image와 old image에서 k 번째 블록간의 밝기 정보의 차, $I_d(k)$ 를 식 (6a)로 표시하고, $I_d(k)$ 와 I_{offset} 의 차의 절대값을 Alarm(k)으로 정의한다.

$$I_d(k) = I_{New}(k) - I_{Old}(k) \quad (6a)$$

$$Alarm(k) = |I_d(k) - I_{offset}| \quad (6b)$$

16개의 Alarm(k) 값 중에서 가장 큰 값을 식 (7a)와 같이 AlarmMax로 정의하고, 이를 영상변화의 최종 판정 값으로 한다. 초당 30 프레임의 영상이 들어오기 때문에 1/30초에 한번 씩 AlarmMax 값을 나타내야 한다. 따라서 식별의 실효성을 위하여 F 개의 프레임에 대한 AlarmMax 값을 평균하여 나타낸다. 그리고 영상변화의 정도를 100단계로 구분하여 정의하고 식 (7b)와 같이 표현한다^[6].

$$AlarmMax = \text{MAX}(Alarm(k), 1 \leq k \leq 16) \quad (7a)$$

$$Level = \frac{\frac{1}{F} \sum_{i=1}^F (AlarmMax_i)}{255} \times 100[\%] \quad (7b)$$

여기서 255는 영상 한 픽셀 값이 가질 수 있는 최대 값이다. EUT에 자기장이 인가되기 전의 영상에 대한 영상변화 레벨을 기준레벨(Reference Level)로 하고, 식 (7b)를 적용하여 영상변화 값을 읽는다. EUT에 자기장이 인가되었을 때 영상에 대한 영상변화 레벨 값을 식 (7b)를 적용하여 영상 level(Motion Level)로 표현한다. 여기서 level 값은 old image와

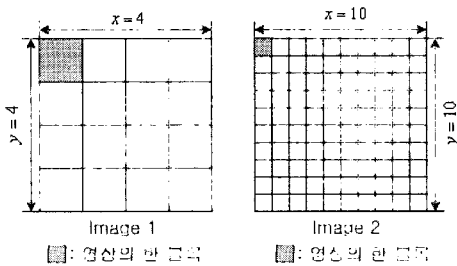


그림 7. 영상의 분해능 원리
Fig. 7. Principle of the resolution for image.

new image 사이의 동일한 블록간의 영상 밝기를 비교하여 표현한다. 식 (7b)를 이용하여 전원주파수 자계 내성시험의 결과를 판정한다. 그림 7은 영상의 분해능을 향상시키기 위한 알고리즘이다.

영상을 4x4로 나누었을 경우와 10x10으로 나누면, 영상의 분해능을 향상시킬 수 있다^{[6]~[8]}. 결과적으로 한 블록의 사이즈를 줄이면, 영상변화 검출에 대한 민감도가 커진다.

IV. 실험결과 및 분석

전원주파수 자계내성 시험을 위해서는 사각유도 코일 내부의 3 dB 영역에 1 A/m의 자기장이 인가되는지를 확인하는 교정 작업을 해야 한다. 그림 8은 이러한 교정 작업을 나타낸 것이다.

그림 8은 가우스미터 장비를 이용하여 사각코일 내부에 인가된 자기장의 세기를 확인한다. 그림 9는 사각유도 코일 내부의 3 dB 영역내에 1 A/m~5 A/m 자기장을 유도하기 위한 전원 공급장치 전압을 나타낸 것이다.

먼저 전원공급 장치에 일정 전압을 인가하여 사각유도 코일 내부에 가우스미터를 이용하여 원하는

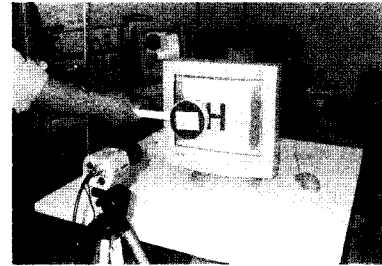


그림 8. 3 dB 영역의 교정
Fig. 8. Calibration of 3 dB area.

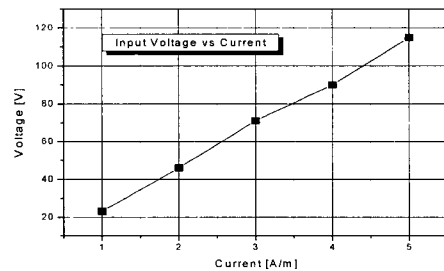


그림 9. 입력전압 대 자기장의 세기[A/m]
Fig. 9. Input voltage vs Magnetic field[A/m].

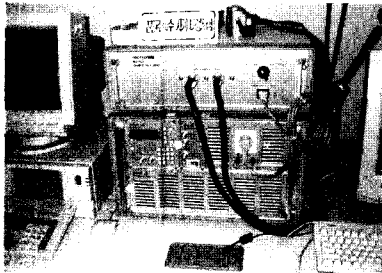


그림 10. HAEFELY 장비(KN61000-4-8)
Fig. 10. HAEFELY equipment(KN 61000-4-8).

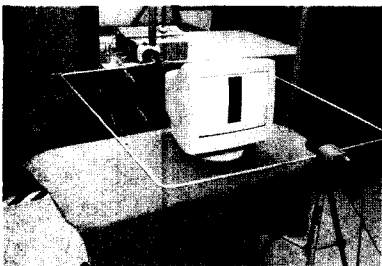


그림 11. 측정 환경
Fig. 11. Test configuration.

자기장 1 A/m~5 A/m값을 얻었다. 그림 9의 결과를 이용하여 EUT에 자기장을 인가하기 위한 전원공급 장치의 입력 전압을 측정에 적용하였다. 그림 10은 측정에 사용한 전원 주파수 자계 내성시험의 전원공급 장치인 HAEFELY사의 장비이다.

그림 11은 현대교정인증기술원의 장비를 이용한 측정 환경이며, 이것은 이전의 전파연구소와 같은 장비를 이용하고 있다.

그림 12는 영상의 검출을 위해 제작한 소프트웨어이며, 영상을 검출하기 위해 기본적인 영상의 Reference Level을 정의한다. Motion Level과 Reference Level를 비교하여 Motion Level > Reference Level이면 영상의 변화를 검출하여 적색 램프가 나타나게 된다.

그림 13은 영상을 검출하기 위한 영상 디스플레이 소프트웨어이다.

그림 12와 그림 13을 이용하여 영상 변화를 검출하게 되며, 검출된 영상을 자동으로 저장하면서 실시간으로 합부 판정을 내린다. 그림 15는 영상 변화 검출을 위해 실험한 결과이다. 사각 유도코일 내부에 1 A/m의 자기장을 유도하기 위하여 그림 9의 입

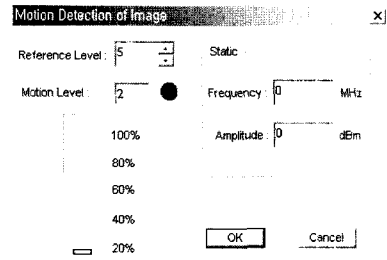


그림 12. 영상 검출을 위한 소프트웨어 1
Fig. 12. Software 1 for image detection.

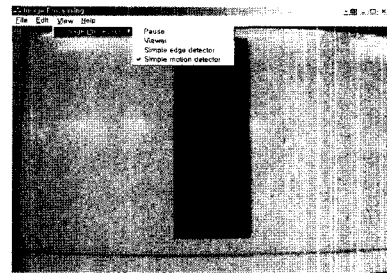


그림 13. 영상 검출을 위한 소프트웨어 2
Fig. 13. Software 2 for image detection.

력전압을 전원공급 장치에 인가하였을 경우 영상의 변화를 나타낸 것이다. Reference Level은 모두 5로 정의하였다. 여기서 Reference Level은 식 (7b)를 이용하여 EUT가 전자파에 영향을 받지 않은 상태에서 영상의 변화 정도를 나타낸 것이며, 5라는 값은 주위환경과 모니터의 떨림 정도로 나타난 레벨이다.

그림 15는 영상 변화 level을 자기장의 변화에 따라 표현한 것이며, 1분 동안 측정된 결과의 평균값을 나타낸 것이다.

전원주파수 자계 내성시험에서 EUT 영상이 자기장의 변화에 따라 변함을 알 수 있다. 이와 같이 영

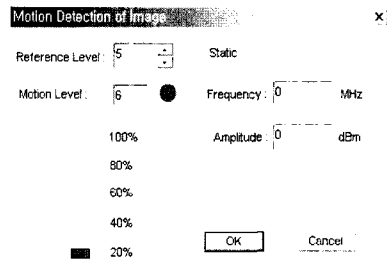


그림 14. 1 A/m의 영상 검출 레벨
Fig. 14. Image detection level of 1 A/m.

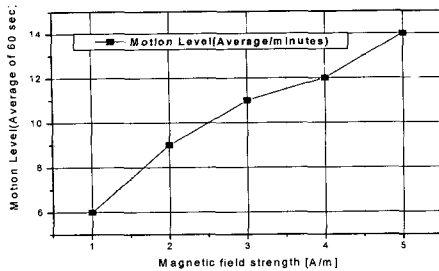


그림 15. 전원주파수 자계내성 시험의 자기장의 세기 변화에 따른 영상변화 검출 level
 Fig. 15. Image change detection level by magnetic field strength variation of power frequency magnetic field immunity test.

상변화 검출 방식을 통하여 EUT의 전원주파수 자계 내성시험 결과에 따라 정성적인 성능평가 등급을 정량적으로 정의할 수 있다. 예를 들어 EUT(PC 모니터)에 자기장을 인가하여 나타나는 Motion Level이 전자파의 영향을 받지 않은 상태의 Reference Level보다 30 % 이상이면 등급 A로 판정하고, Reference Level보다 60 % 이상이면 등급 B로 판정하며, Reference Level보다 100 % 이상이면 등급 C로 판정한다. 이 결과에 대해서는 앞으로 더 많은 데이터를 확보하거나 실험적인 데이터를 더 많이 확보해야 그 이론적인 근거를 마련할 수 있을 것으로 본다. 본 논문에서 수 차례 반복하여 실험한 결과이지만 앞으로 더 많은 실험이 반복되어 확실적인 통계값을 산출해야 할 필요성이 있다. 이때 기준 level은 자기장을 인가하지 않은 상태에서 얻은 실험적인 데이터이다. 각각의 EUT에 대해 내성시험 전에 우선 Reference Level을 설정한다.

V. 결 론

본 논문에서는 영상변화 검출알고리즘을 이용하여 전원주파수 자계 내성시험(KN61000-4-8)시 판정에 대한 정량적인 값을 도출할 수 있는 방법을 제안하였다. 기존의 전원주파수 자계 내성시험은 정량적인 방법에 의하지 않고, 시험관리자의 육안에 의존한 주관적인 판단이기 때문에 합리적이고 객관적인 판정의 결과를 기대할 수 없다. 또한 기존의 지터값 ($J=(3C+1)/40$)에 의한 변화의 상관성은 글자 사이즈를 12 mm로 했을 경우 지터값은 0.925 mm가 된

다. 제안된 알고리즘은 0.1 mm 단위로 검출을 할 수 있다. 이에 따라 EUT의 영상변화 검출 방법으로 PC 모니터와 그 외 장비들의 내성 판정이 가능함을 제시하였다. 제안된 방법을 활용한다면 EN 규격이나 IEC 내성규격에 따른 시험장비의 내성판정 기준을 보완할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 추가적인 연구와 실험을 통해 지터값에 대한 기준 레벨과 motion 레벨과의 상관관계 등에 대한 분석과 연구가 추가되어야 한다.

감사의 글

본 논문을 쓰는데 도움을 주신 이천 전파연구소 내성담당 팀장님과 팀원 그리고 현대교정인증기술원 팀원들에게 감사의 말을 전합니다.

참 고 문 헌

- [1] IEC 61000-4-8, Electromagnetic compatibility(EMC), Part4-8:Test and Measurement techniques-power frequency magnetic field Immunity Test, Edition 1.1, 2001. 03.
- [2] IEC 61000-4-3 Amend 1, Electromagnetic compatibility(EMC), Part4-8 : Test and Measurement techniques-Radiated, radio frequency, electromagnetic field immunity Test, 1998.
- [3] CISPR 24, Information Technology Equipment : Immunity Characteristic : Limits and Methods of Measurement, First Edition, 1997.
- [4] 이영재, 이대호, 박영태, "시공간 영상분석에 의한 실시간 교통정보 산출기법", 전자공학회논문지, 37(4), SP, pp. 11-19, 2000년.
- [5] 윤기방, 정기범, 이창복, 김기두, "EUT의 영상변화에 의한 EMS 해석에 관한 연구", 전자공학회 논문지, 39(2), pp. 76-83, 2002년.
- [6] S. S. Lee, J. M. Kim and S. I. Chae, "New Motion Estimation Algorithm Using Adaptively Quantized Low Bir-Resolution Image and Its VLSI Architecture for MPE-G2 Video Encoding", *IEEE Trans, On CS-VT*, vol. 8, no. 6, Oct. 1998.
- [7] Y. J. Back, H. S. Oh and H. K. Lee, "An Efficient Block-Matching Criterion for Motion Estimation

and Its VLSI Implementation", *IEEE Trans. On Consumer Electronics*, vol. 42, no. 4, Nov. 1996.
[8] J. Jain, A. K. Jain, "Displacement Measurement and

Its Application in the frame Image Coding", *IEEE Trans. On Communications*, vol. COM-29, no. 12, Dec. 1981.

정 기 범



1999년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학사)
2001년 2월: 국민대학교 공과대학원 전자공학과 (공학석사)
2001년~2003년: (주)한국기술연구소
2002년~현재: 한양대학교 전자통

신전파공학과 박사과정
[주 관심분야] EMC, EMF, SAR, 전자파 수치해석, 안테나 설계

최 재 훈



1980년: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
1986년: 미국 Ohio State University 전기공학과 (공학석사)
1989년: 미국 Ohio State University 전기공학과 (공학박사)
1989년~1991년: 미국 Arizona State

University 연구 교수
1991년~1995년: 한국통신 위성사업본부 연구팀장
1995년~현재: 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 부교수
[주 관심분야] 안테나 설계, 마이크로파 능·수동 소자 설계, EMC