

논문 2009-3-6

RLE를 이용한 이진 이미지 및 하프톤 영상에 데이터 은폐 기술

Binary and Halftone Image Data Hiding Technique using Run-Length

김천식*, 홍유식**, 한창평***, 오선****

Cheon-Shik Kim, You-Sik Hong, Chang-Pyoung Han, and Seon Oh

요 약 본 논문에서 우리는 이진 이미지에 기초한 정교한 방법을 소개한다. 이 기술은 이진 이미지와 하프톤이미지에 데이터를 저장하는 방법이다. 이진 이미지는 비트맵 이미지고 하프톤 이미지는 제한된 범위를 두 개의 값으로 구성한 이미지다. 이와 같은 이유 때문에, 이러한 이미지는 약간의 수정만으로 이미지의 질이 좋지 않다. 그러므로, 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 이진 이미지에 RLE 기법을 적용하였다. 즉, 우리는 이 방법으로 메시지를 은폐하기에 적합한 장소를 찾는 것이 가능하다. 우리는 이진 이미지에 데이터를 은폐하는 새로운 기법을 본 논문에서 제안하였다. 또한, 우리는 PWLC 방법보다 우리가 제안한 알고리즘이 더 우수함을 실험을 통해서 입증하였다.

Abstract In this paper, we proposed that a novel method base on a binary image that technique is proposed for data hiding into binary images and halftone image. A binary image is bitmap image and halftone is composed by two-tone value in a limited region in an image. For this reason, it is not easy to hide messages in binary images. PWLC is a new method to hide a message in binary images. However, it yields images of unacceptable quality, unless you should change very few of it. Therefore, in order to solve this problem, we used run-length method into binary images. That is, we find a proper region to hide messages. In this paper, we proposed new method to hide messages in binary images. In addition, we proved that our algorithm is better than PWLC through the experiment.

Key Words : data hiding, binary, halftone

I. 서 론

인터넷에는 다양한 종류의 디지털 데이터가 무수히 많이 있다. 그 중에서 이미지 데이터는 웹에서 필수 요소이다. 따라서, 인터넷에서 이미지가 차지하는 비중이 크므로 다양한 방법으로 이미지를 압축하는 방법에 대해서

많은 사람들이 연구를 하고 있다. 왜냐하면, 압축이 성능이 좋은 이미지만이 인터넷에 사용하기에 적합하기 때문이다. 이러한 이유 때문에 Gray-scale 이미지를 halftone으로 디터링하는 연구가 있어왔고, 그중에 하나가 BTC(Block truncation coding)이다. BTC는 1979년에 Delp와 Mitchell이 효율적인 압축방법의 하나로 제안한 방법이다. 이 방법에서 인코딩을 위해서 겹침이 없는 이미지 블록에 대해서 두개의 특징 값을 대표값으로 사용해서 나타낸다^[1]. 따라서, 이 방법은 출판물이나 고급영상을 제공하기 어려운 환경에 활용되고 있고, 영상 압축의 하나의 형태로서 이용되고 있다.

*중신회원, 안양대학교

**중신회원, 상지대학교

***정회원, 서경대학

****정회원, 서일대학

접수일자 2009.04.20, 수정완료.2009.06.01

본 논문에서 제안하는 데이터 은폐는 비밀 통신이나 저작권의 목적으로 활용되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 하프톤 영상 혹은 비트맵 영상에 데이터를 은폐하는 효율적인 방법을 제안하고자 한다.

데이터 은폐기술 자체는 데이터를 이진 이미지에 아무도 모르게 데이터를 숨기는 데 목적이 있기 때문에 데이터를 어떤 방법으로 저장했는가를 알고 있는 제 3자가 있다면 언제든지 쉽게 제 3자에게 데이터가 쉽게 노출될 수 있다. 따라서, 이 기술은 암호화 처리를 동반할 때 보다 뛰어난 안전장치가 될 수 있다. 이를 위해서 본 논문에서도 데이터 은폐에 암호화 기법을 적용하였다^[2].

이진 이미지의 경우는 흑과 백의 두가지 색을 이용하여 이미지를 표시하는 방법이기 때문에 이미지 처리기법이 매우 단순한 점 때문에 오히려 이진 이미지에 데이터를 은폐하는 것이 쉽지 않았다. 따라서, 많은 연구자들은 이진 이미지보다 그레이 이미지나 컬러 이미지에 데이터를 은폐하는 것에 관심을 갖고 있고, 또 그 쪽에 논문이 많이 발표되었다. PWLC는 최근의 이진 이미지에 데이터를 은폐하는 방법을 제안한 논문이다. 이 방법은 여러 단점을 갖고 있다. 따라서, 본 논문에서 이 방법을 개선하여 보다 향상된 이진 이미지 형태를 유지하면서 데이터를 은폐하는 방법을 제안하고자 한다.

II. 관련 연구

PWLC [3,4]은 이진 이미지에 데이터를 은폐하고 원 영상을 복원할 수 있는 기법을 제안한 논문이다. 하지만, 이 방법은 데이터를 정확하게 추출하는데 약간의 문제점을 노출하였다. 그 결과 완전한 영상을 복원하는데 실패할 경우가 있다. PWLC는 어떤 압축 기법도 사용하지 않는데, 이 기법은 호스트 이미지에 데이터를 저장할 때, XOR 이진 연산을 사용한다. 이 방법은 단순히 연속된 "000000" 혹은 "111111"와 같은 이진 이미지의 경계 지점 즉, 백과 흑의 경계 지점을 찾는다. 이 경우 0을 삽입하고 싶다면, "000000"을 "001000"으로 변환하고 1을 삽입하고 싶다면 "000000"을 "001100"와 같이 변환 한다. 또, 이미지의 순서가 "111111"의 경우라면, "110111"혹은"110011"과 같은 방법으로 0과 1을 은폐할 수 있다. 하지만 이 방법^[3,4]은 이진 이미지에 기존의 "000100"과 데이터가 은폐된 "000100"을 구분하는 방법을 언급하지 않고 있다. 따

라서, 제안된 이진 이미지로 부터 정확한 데이터를 추출하는 것은 매우 제안된 조건임을 알 수 있다.

Pixel-wise^[5,6] 방법은 dispersed-dot 하프톤 이미지에 적합하다. 그러나, 시각적으로 salt-pepper 노이즈 현상을 볼 수 있다. Block-wise 방법^[7]은 호스트 이미지를 적당한 크기로 분할한 다음 각 블록의 특징을 변형하는 형태로 데이터를 숨기는 방법이다.

Jen-Shyang PAN^[8]은 error-diffused 하프톤영상에 데이터를 은폐하는 기술을 제안했다. 이 방법은 유사한 패턴을 갖는 패턴으로 패턴을 대치하는 형태로 데이터를 은폐하는 기술이다. 이 방법은 상대적으로 유사한 패턴을 찾기 어렵기 때문에 데이터 은폐 비율이 낮다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선한 보다 질 좋은 영상을 유지하면서 데이터를 높게 은폐하는 방법을 제안하고자 한다.

III. 제안한 방법

1. 데이터 은폐 알고리즘

단계 1: 이진 이미지를 3픽셀 단위로 읽고 이를 10진수로 만든다. 수식 (1)과 같이 처리를 한다.

$$f = \left[\sum_{i=1}^3 (g_i \cdot b) \right] \tag{1}$$

where, $i = 1, 2, 3$ 이고 $b = [1, 2, 4]$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1

그림 1. 이진 이미지 일부
Fig. 1 part of a bitmap image

단계 2: f 가 4이면 데이터를 저장하기 적합한 곳이다. 그렇지 않고 f 가 6일 경우 데이터를 적합하지 않으므로 7로 만들고, 변환된 위치를 기억하기 위해서 map을 이용해서 움직인 곳의 위치를 저장시킨다.

(그림 2)는 저장위치를 찾아서 하늘색으로 표시하였고, 갈색 및 적색으로 나타낸 곳은 저장할 수 없는 공간이다.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1

그림 2. 적합한 데이터 은폐위치 검색
Fig. 2 Search proper region for data hiding

단계 3: 메시지가 0이고 f 가 4이면 f 는 수정이 필요 없다. 메시지가 1이고 f 가 4이면 f 를 6으로 바꾼 다음 이진이미지에 표시한다.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1

그림 3 메시지의 은폐
Fig. 3 hiding of message

(그림 3)은 단계 3의 방법에 따라서 데이터를 은폐한 그림으로 하늘색이 데이터를 은폐한 모습을 나타낸 것이다.

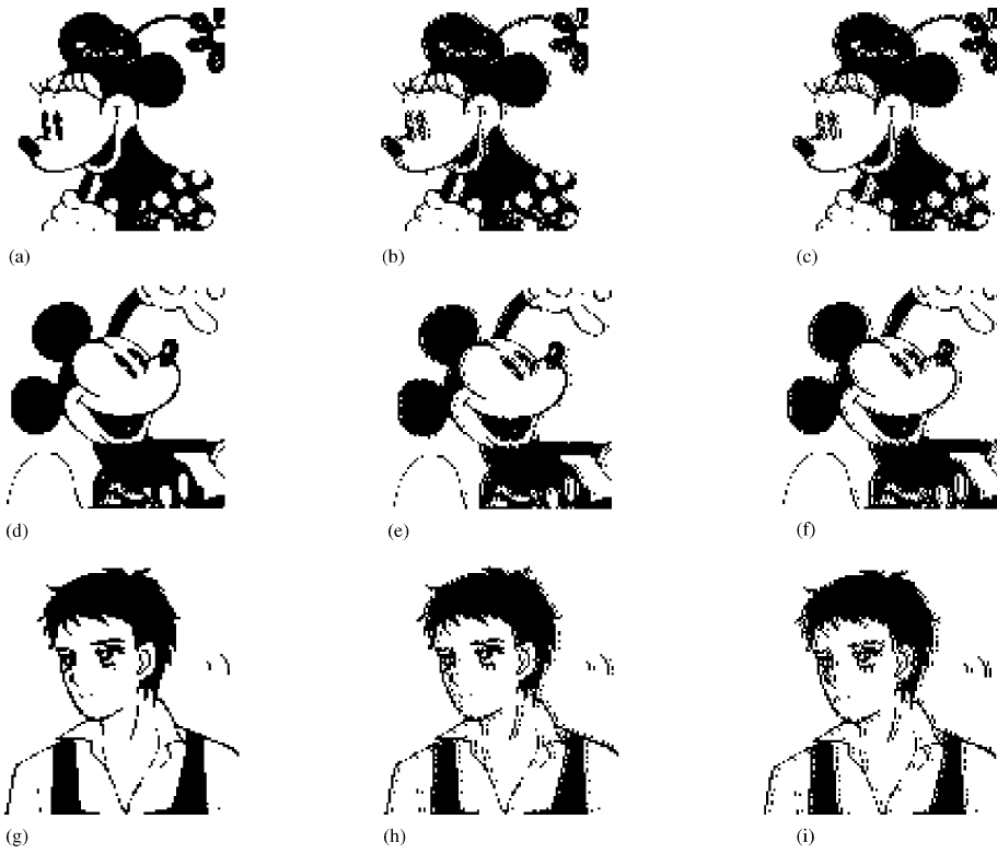


그림 4. PWLC의 실험결과
Fig. 4 Experiment of PWLC

2. 데이터 추출 알고리즘

데이터가 은폐된 이진 Stego이미지로부터 데이터를 추출하는 과정은 데이터를 은폐하는 과정과 유사하다. 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

단계 1: (그림 3)과 같은 형태의 이진 이미지를 읽어서 역시, 데이터를 은폐할 때와 마찬가지로 연속한 3픽셀을 단위로 읽어서 10진수로 만든다.

단계 2: f 가 4이면 0이 은폐된 것으로 디코딩을 하고 f 가 6이면 1이 은폐된 것으로 디코딩을 한다. 전체 이미지에 대해서 이와 같은 과정을 반복하여 완전히 데이터를 추출한다.

단계 3: map에 표시해 두었던 곳의 위치를 모두 찾아서 6을 7로 만들었던 곳을 찾아서 원래 6으로 다시 이진 이미지에 표시한다. 이와 같은 과정을 반복함으로써 (그림 1)의 원본 이진 데이터를 복원할 수 있다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 이진 이미지를 획득한 사람에게 이미지의 훼손이 적도록 데이터를 은폐하였다. 따라서, 이를 증명하기 위해서 이미지의 외곽을 측정하는 방법으로 PSNR 을 사용하였다. $M \times N$ 의 크기의 두 이미지에 대해서, 하나는 원본이미지 다른 하나는 데이터가 은폐된 이미지를 가지고 측정하였다. PSNR은 다음과 같이 계산(2) 가능하다.

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (2)$$

공식 (2)에서 MSE는 평균 제곱에러를 의미하고, 다음과 같이 계산한다.

$$MSE = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (I(x,y) - I^{\wedge}(x,y))^2}{M \times N} \quad (3)$$

공식 (3)에서 $I(x, y)$ 은 원본 호스트 이미지이고, $I^{\wedge}(x, y)$ 은 stego 이미지를 의미한다.

(그림 4)는 PWLC 방법에 의해 만들어진 이미지로서, 시각적으로도 이미지가 많이 훼손되었음을 알 수 있다. (표 1)은 PWLC에 의해서 데이터를 얼마나 은폐가능 한가를 보인 실험결과이다.

표 1. PWLC 기반의 데이터 은폐 성능
Table 1. Performance of data hiding based on PWLC

이미지	크기	데이터은폐 량
Mickey	96×96	124bits
Minnie	96×96	133bits
Man	108×102	172bits
Mixed text	300×300	6624bits
English text	320×380	17808bits

본 논문에서 제안한 방법에 의하여 실험한 이미지의 모습이 (그림 5)와 같다. PWLC 방법보다는 시각적으로 보다 향상되었음을 알 수 있다. 텍스트 이미지의 경우는 텍스트 데이터의 이미지가 매우 민감하기 때문에 약간의

데이터 삽입만으로도 시각적으로 이미지가 훼손 되었음을 알아내는 것이 어렵지 않다.



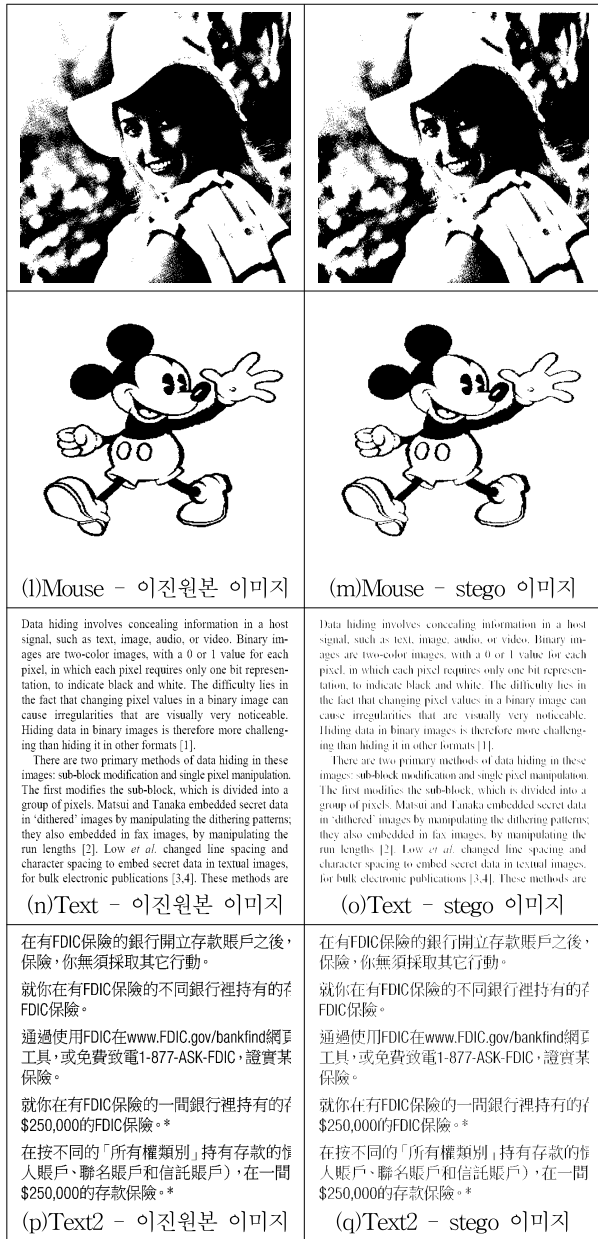


그림 5. RLE에 의한 실험 결과 영상
Fig. 5. Result experimented image of RLE

(표 3)은 제안한 방법에 의해서 실험한 데이터 은폐량과 PSNR을 각각 나타내었다. (표 1)와 직접 비교는 가능하지 않지만, 데이터 은폐량이 상대적으로 크다. 왜냐하면 PWLC는 데이터를 저장하기 위해서 찾아내야하는 경계지점 때문에 미키마우스 이미지와 같이 경계점이 뚜렷하지 않으면 이미지를 삽입하기 어렵다. 그러나, 본 논문에서 제안한 방법은 Baboon과 같은 연속적인 1과 0이 아닌 경우라도 얼마든지 데이터를 삽입하는 것이 가능하다.

표 2. RLE이의 데이터 은폐 성능

Table 2. The performance for data hiding of RLE

이미지	크기	데이터 은폐 량	PSNR
Lena	512×512	3150	65.0563dB
Baboon	512×512	1744	59.0754dB
Barbara	512×512	4495	61.9086dB
Boat	512×512	3372	62.5545dB
Bridge	512×512	2239	61.5013dB
Elaine	512×512	5964	63.5662dB
Mouse	748×600	65572	67.6030dB
Text	629×720	12052	62.0787dB
Text2	708×754	8696	62.7153dB

(표 1)에서 영문 텍스트에 데이터를 은폐한 량이 6624bit 로서 은폐량이 본 논문에서 제안한 방법과 이미지 크기를 비교했을 때 유사함을 알 수 있다. 그러나, 시각적으로 이미지 텍스트의 글자를 읽기 불가능한 정도로 이미지가 훼손되는 방법으로 본 논문에서 제안한 방법이 더 우수하다.

하프톤에 형태의 이미지에 데이터 은폐를 실험한 경우에 대해서 다른 논문과 비교하고자 한다. 우선 (표 4)는 [8]의 연구로서 본 논문의 실험 결과의 우수성을 입증하기 위한 비교 실험 결과이다. 표에서 보듯이 매우 적은 양의 데이터만을 은폐함을 할 수 있다.

표 3. I=10의 경우 [8]의 성능

Table 3. when I=10, the performance of [8]

이미지	크기	데이터 은폐 량	LUT
Lena	512×512	831	10
Baboon	512×512	54	10
Barbara	512×512	254	10
Boat	512×512	553	10
Pepper	512×512	685	10

(표 5)의 실험은 본 논문에서 제안한 방법으로 하프톤 영상의 대상으로 데이터 은폐 실험을 한 결과이다. 데이터 은폐량이 상대적으로 우수함을 알 수 있다. PSNR을 원래 영상을 대상으로 실험하여 수행하였다. 하프톤 영상은 4×4에 대푯값을 2개만을 가지고 표현함으로써 상대적으로 PSNR이 좋지 않음을 알 수 있다. 하지만, 하프톤 영상을 가우시안 필터링을 사용해서 영상의 질의 원 영

상과 유사한 정도 까지 높일 수 있으므로 이 것은 큰 문제가 되지 않는다.

표 4. 하프톤(BTC) 영상에 데이터를 은폐
Table 4. The performance in a halftone of halftone image.

이미지	크기	데이터 은폐 량	PSNR
Lena	512×512	27189	28.5106dB
Baboon	512×512	33620	21.2607dB
Barbara	512×512	26163	22.2643dB
Boat	512×512	28962	27.0444dB
Pepper	512×512	27050	30.3243dB



그림 6. RLE에 의한 결과 영상
Fig. 6 Result image based on RLE

(그림 5)는 본 논문에서 제안한 방법으로 하프톤 영상을 실험한 결과의 stego 이미지이다. 하프톤 영상은 데이터를 삽입할 때 비트맵 상태로 만들고 데이터를 저장하는 방식이므로, 데이터를 은폐할 때는 이진 영상으로 간주하고 데이터를 삽입하게 된다. 따라서, 데이터를 많이 저장하면 그만큼 영상에 이미지 손상은 불가피하다.

V. 결론

그레이(Gray) 이미지에 데이터를 은폐하거나 워터마크 처리를 하는 논문은 지금까지 수백 편을 논문이 발표

되었다. 그러나, 이진 영상에 데이터를 은폐하는 방법을 제안한 논문은 손을 꼽을 정도로 많지 않다. 왜냐하면, 적의 수의 데이터 왜곡으로도 이진 영상의 질이 많이 떨어지기 때문이다.

특히, 본 논문에서는 PWLC와 같이 연속적인 1과 0에 데이터를 은폐함으로써 이진 영상의 왜곡이 심한 문제점을 해결하기 위해서 3장에서 제안한 방법으로 이러한 문제점을 해결하였다.

또한, 하프톤 영상의 한 방법인 오더드 디터링 방법으로 그레이 영상을 하프톤으로 만들고, 이 영상에 데이터를 이진 영상에서와 같은 방법으로 은폐하였다. 그 결과 (표 5)에서 보듯이 10배 정도의 데이터를 더 저장하는 것을 볼 수 있다. 따라서, 본 논문에서 제안한 방법은 다른 기존의 방법에 비해서 데이터 저장 능력이 우수함을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] Jing-Ming Guo, Watermarking in dithered halftone images with embeddable cells selection and inverse halftoning, Signal Processing, vol. 88, 1496-1510, 2008.
- [2] R.Z.Wang, C.F. Lin, J.C. Lin, Image Hiding by optimal LSB substitution and genetic algorithm, Pattern Recognition, vol.34, Issue 3, pp. 671-683, 2001,
- [3] C.L.Tsi, K.C.Fan, C.D. Chung and T.C.Chung, "Data Hiding of Binary Image Using Pair-Wise Logical Computation Mechanism," in Proc. IEEE International Conference on Multimedia and Expo, ICME 2004, (Taipei, Taiwan), vol.2., pp. 951-954,2004.
- [4] C.L. Tsi, K.C.Fan, C.D. Chung and T.C. Chuang, "Reversible and lossless data Hiding with Application in Digital Library," International Carnahan Conference on Security Technology, pp. 226-232. 2004.
- [5] M.S. fu and O.C. Au, Data Hiding in Digital Binary Image, IEEE Int, Conf, Multimedia and Expo, Expo, ICME'00, New York, USA, 2000.

[6] M.S. Fu and O.C. Au, Data Hiding by Smart Pair Toggling for Halftone Images, IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 4, 2318-2321, 2000.

[7] C.S. Pei and J.M.Guo, Hybrid Pixel-Based Data Hiding and Block based Watermarking for Error-Diffused Halftone Images, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol.13, no. 8, pp.867-884, 2003.

[8] Jeng-Shyang PAN, Hao LUO, Zhe-Ming LU, Look-up Table Based Reversible Data Hiding for Error Diffused Halftone Images, INFORMATICA, vol.18, no.4, 615-628, 2007.

저자 소개

김 천 식(중신회원)



- 1997년 한국외국어대학교 컴퓨터 및 정보통신공학과 (공학석사)
- 2003년 한국외국어대학교 컴퓨터 및 정보통신공학과 (공학박사)
- 2000년~2003년 경동대학교 정보통신공학부 교수
- 2004년~현재 안양대학교 교수

• 2007년~현재 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 분과위원장

• 2006년~현재 인터넷 정보학회 학회편집위원

• 2006년~현재 대한교통학회 정회원

• 2007년~2008년 인터넷방송통신학회 상임이사

• 2005년~현재 한국데이터베이스학회 정회원

• 2008년~2009년 ICHIT2008,2009 committee

<관심분야> 데이터베이스, 데이터마이닝, 이미지처리, e-Learning, Agent system

<e-mail> database.lab@gmail.com

홍 유 식(중신회원)



- 1984년 경희대학교 전자공학과 (학사)
- 1989년 뉴욕공과대학교 전산학과 (석사)
- 1997년 경희대학교 전자공학과 (박사)
- 1985년~1987년 대한항공(N.Y.지점 근무)

• 1989년~1990년 삼성전자 종합기술원 연구원

• 1991년~현재 상지대학교 컴퓨터공학부 교수

• 2000년~현재 한국 퍼지 및 지능시스템학회 이사

• 2004년~현재 대한 전자 공학회 ITS 분과위원장

• 2001년~2003년 한국 정보과학회 편집위원

• 2001년~2003년 한국 컴퓨터 교육산업학회 이사, 편집위원

• 2004년~현재 건설교통부 ITS 전문심사위원

• 2004년~현재 원주 시 인공지능신호등 심사위원

• 2005년~현재 정보처리학회 이사

• 2005년~현재 인터넷 정보학회 이사

• 2005년~현재 정보처리학회 강원지부 부회장

• 2008년~현재 인터넷 방송통신 TV학회 부회장

<주관심분야> 퍼지 시스템, 전문가시스템, 신경망, 교통제어>

한 창 평(정회원)



- 1994 한양대학교 교통공학 (공학석사)
- 2007 경희대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2009 ~ 현재 서정대학 자동차과 학과장

<관심분야> 교통사고감정, 자동차충돌해석, 차량동력학, 교통안전시설물하자분석, 차량운동학 등

오 선(정회원)



- 1999년 단국대학교 기계공학과 (공학박사)
 - 1997년~현재 서일대학 자동차과 교수
- <관심분야>3D Modeling, CAD/CAM, 기계설비