

논문 2008-45IE-1-9

멀티미디어 서비스 영상의 객관적 품질측정 시스템 설계 및 구현

(Implementation and Design of Objective Quality Assurance System for
Multimedia Service Video)

주해종*, 홍봉화**, 은진호***, 홍석주***

(Hae-Jong Joo, Bong-Hwa Hong, Jin-Oh On, and Suk-Ju-Hong)

요약

본 논문은 인간에 의해 주관적으로 측정되던 이동 멀티미디어 영상 품질에 대한 방법을 개선하기 위한 논문이다. 다양한 열화요인을 가지는 동영상의 정량적이며 객관적인 화질평가를 위해서는 기존의 PSNR의 한계를 보완하고 전송망에서 발생하는 오류를 고려하여야 한다. 따라서, 본 논문에서는 인간의 인지특성을 반영할 수 있는 새로운 객관적 화질측정방법을 제안하였다. 제안된 방법은 멀티미디어 서비스 영상의 품질을 다양하고 정확하게 측정할 수 있으며 서비스 가이드라인을 설정하여 고품질 영상서비스를 제공하는 표준안 설정을 위한 측정 방법과 시스템으로 활용될 수 있다.

Abstract

This Paper provides perceptual metrics for video quality based on properties of human visual system, and audio quality based on human audition. All metrics work without reference signals, allowing non-intrusive, in-service measurements. A simple and easy-to-learn user interface displays the metrics and saves them in popular file formats like CSV. In this paper, proposed method was able to various and corrective measurement for the multimedia service video quality. As that it was able to application to set up service guide line and the methode of measurement and system for the set up standardization of the high quality video service.

Keyword : IPTV, QoS(Quality of service), PSNR(Peak Signal Noise Ratio), 영상품질측정, JQM(Jpeg Quality Metrics)

I. 서론

최근 국내외적으로 정보통신기술 및 초고속통신망이 급속도로 발전하고 기존의 다양한 음성, 영상 및 데이터 정보가 점점 통합되는 추세에 있다. 또한 머지않아 유선망과 무선망이 통합되어 통신망이 고도화되고, 통신 및 방송서비스가 통합되어 다양한 융합서비스를 제

공하는 환경이 조성될 전망이다. 이러한 환경을 이용하여 IPTV와 같은 새로운 서비스가 제공되고 QoS는 중요한 문제로 부각되고 있다^[1, 3~4, 10].

현재 다양한 통신망을 통하여 음성과 멀티미디어 데이터의 전송이 이루어지고 있다. 그러나 점차 음성 및 데이터가 통합되고 있고, 특히 동영상 관련 서비스가 크게 증가하면서 영상 및 데이터 관련 정보의 전송이 일반적인 음성정보를 압도하고 있다. 또한 IPTV 및 영상전화와 같은 새로운 서비스가 차세대 통신망을 통해 서비스되는 경우 이 같은 추세는 심화될 전망이다. 이 같은 새로운 서비스의 상용 있어서 영상 및 음성의 품질보장 및 모니터링은 매우 중요한 문제로 부각되고 있다^[1~2, 6, 10].

* 정회원, 인덕대학 산학협력
(Industrial-Academic Cooperation Centered College)

** 정회원, 경희사이버대학교 정보통신학과
(Department of Information Communication, KHCU)

*** 학생회원, 명지대학교 컴퓨터공학과
(Department of Computer Science, Myongji Univ.)

접수일자: 2007년11월12일, 수정완료일: 2008년2월29일

특히 무선 환경을 포함한 차세대 통신망을 이용하여 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있으나, 이러한 서비스의 특성상 데이터 량의 폭주나 사용자의 증가로 인하여 품질이 저하되는 것을 피할 수 없는 경우가 발생하게 된다. 이러한 경우 품질에 근거하여 서비스를 중단하거나 품질에 근거하여 과금 하는 것이 필요하며, 이를 위해 멀티미디어 서비스의 품질을 모니터링 할 수 있는 기술이 필요하게 되었다^[1,3].

차세대 통신망에서는 이러한 통신망의 성능 요소를 관리함으로써 적절한 품질의 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있으나, 이 같은 전송망의 품질요소들만으로는 인간이 인지하는 영상의 체감적인 열화는 전송에러, 콘텐츠 등에 의하여 결정된다. 이와 같이 다양한 열화요인을 가지는 동영상의 정량적이며 객관적인 화질평가를 위해서는 기존의 PSNR의 한계를 보완하고 전송망에서 발생하는 오류를 고려할 수 있으며 최종적으로 인간의 인지특성을 반영할 수 있는 새로운 객관적 화질측정방법이 요구된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 멀티미디어 영상품질의 방법 고찰을 통한 관련 연구를 기술하며, III장에서는 객관적인 멀티미디어 측정 시스템을 제안하여 특징과 시스템의 구성을 설명한다. 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 영상품질 측정방법

가. 주관적 화질 측정방법

아날로그 방송이 시작된 이후 비디오 화질 평가를 위해 오랫동안 가장 신뢰성 있는 방법으로 사용 되어 왔으며 최근 연구 되고 있는 객관적 화질 평가 방법의 성능평가의 기준이 되고 있다, 그러나 주관적 평가 방법은 그림 1에 기술한 바와 같이 평가자와 테스트되어 지는 동영상에 따라 그 결과가 현격한 차이를 나타낼 수 있다. 즉 주관적인 시각적 화질에 대한 견해는 공간적 사실성(화면에 눈에 띄는 왜곡현상이 있는가)과 시간적인 사실성(움직임이 자연스럽게 부드러운가)에 영향을 받게 된다. 또한 화질에 대한 보는 사람의 견해는 시각적인 주의력(관찰자는 모든 것을 동시에 관찰하기 보다는 일부분만을 응시함으로써 장면을 의지한다)과 최신희과에 의해서도 영향을 받는다. 텔레비전 방송 서

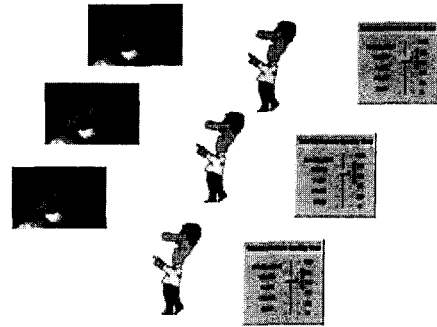


그림 1. 주관적인 영상 품질 측정 방법
Fig. 1. Subjective Audio Quality Assurance Method.

비스에서의 화질 평가를 위해 ITU-R 권고문 BT.500에서 표준화한 주관적 평가 방법을 기반으로 멀티미디어에 대한 주관적 화질 평가를 수행하였다. BT.500에서는 6가지의 주관적 평가 방법에 대해 기술 하고 있다^[1,5,9].

- ① DSIS (Double Stimulus Impairment Scale method)
- ② DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale method)
- ③ SS (Single Stimulus methods)
- ④ SC (Stimulus Comparison methods)
- ⑤ SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation method)
- ⑥ SDSCE (Simultaneous Double Stimulus for Continuous Evaluation method)

주관적인 영상 품질 측정을 위해 아래와 같은 조건들이 필요 하다^[2,7,13].

- ① 관찰자의 선정
 - 20-30세 사이의 남녀
 - 실험의 내용과 관련 되지 않은 보통 사람
 - 색맹이나 색약과 같은 질병을 갖고 있지 않은 사람
- ② 실험 시간
 - 1인 관찰자가 1회의 실험에 소요되는 시간은 최대 50분을 넘지 않아야 한다.
- ③ 측정 장소
 - 암실환경, 일반 가정환경에 따라 실내의 조명 밝

기 등 환경을 설정해야 한다.

나. 객관적 화질 측정방법

일반적으로 동영상의 객관적 화질평가 방법은 원본 영상의 유무에 따라서 전 기준법(Full Reference), 감소 기준법(Reduced Reference), 무기준법(No Reference)으로 나눌 수 있다. 전 기준법의 경우 원본영상과 처리영상이 모두 사용가능 할 때 두 영상을 직접 비교하여 수신된 처리영상의 품질을 측정하는 방법이다. 현재 일반적으로 사용되는 PSNR등이 FR에 속하는 방법이다. 최근 디지털 TV의 화질평가에 적용할 수 있는 전 기준(FR) 화질평가 방법이 국제 표준에 채택된 바 있다. 전 기준 방법의 경우 원영상과 처리영상 모두를 사용하기 때문에 비교적 정확하게 인간이 인지하는 화질특성을 측정할 수 있으나, 실제 응용에 있어서 많은 경우 원영상이 존재하지 않으므로 적용범위가 제한된다.

감소 기준법의 경우 원본 영상과 처리 영상이 모두 존재 하지는 않으나 각각의 영상에서 추출한 특징(feature)들을 사용하여 수신된 처리 영상의 품질을 측정하는 방법이다. 단 방향 통신망의 경우 송신 단에서 추출한 원본 영상의 특징들을 압축된 데이터와 함께 전송하게 된다. 수신 단에서는 압축된 데이터를 복원하고 여기에 수신 동영상의 특징을 추출한다. 이렇게 추출된 처리 영상의 품질을 측정할 수 있다. 양방향 통신망의 경우 수신 단에서 추출한 처리 영상의 특징을 귀환채널을 통해 다시 송신 측으로 전송하여 원본 영상의 특징과 비교하여 수신 단에서의 영상품질을 모니터 할 수 있다.

무기준법의 경우는 원본 영상에 대한 어떠한 정보도 이용하지 않는다. 즉, 무기준법은 처리영상만을 이용해서 영상의 품질을 측정하는 방법으로 적용범위가 매우 광범위하다. 반면 원동영상에 관한 정보가 없기 때문에 무기준 방식으로 화질을 정확히 측정하는 것은 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 그러나 MPEG과 같은 블록기반의 영상압축 방법으로 부호화된 영상의 경우, 낮은 비트 율에서 블록경계가 나타나는 현상(blocking artifacts) 등을 이용해서 무기준(NR)로 품질을 평가할 수도 있다.

(1) FR (Full Reference)

그림 2에 나타낸바와 같이 원본영상과 처리영상이 모두 사용가능 할 때 두 영상을 직접 비교하여 수신된

처리영상의 품질을 측정하는 방법으로, FR 방법의 경우 원영상과 처리영상 모두를 사용하기 때문에 비교적 정확하게 인간이 인지하는 화질특성을 측정할 수 있으나, 실제 응용에 있어서 많은 경우 원영상이 존재하지 않으므로 적용범위가 제한된다.

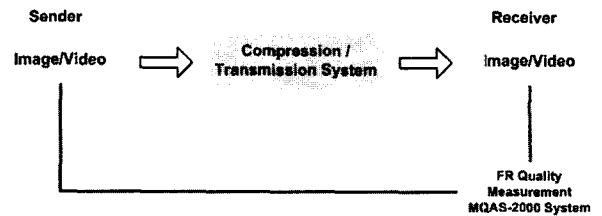


그림 2. FR 측정 구성도
Fig. 2. FR measurement Construction Diagram.

(2) RR(Reduced Reference) 방법

그림 3에 나타낸바와 같이 원본 영상과 처리영상이 모두 존재 하지는 않으나 각각의 영상에서 추출한 특징들을 사용 하여 수신된 처리영상의 품질을 측정하는 방법이다.

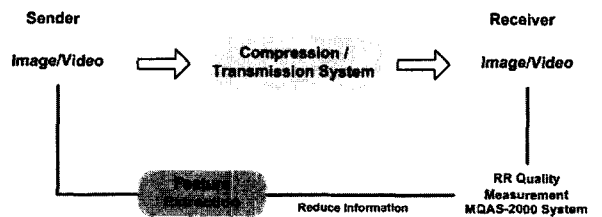


그림 3. RR 측정 구성도
Fig. 3. RR measurement Construction Diagram.

(3) NR(No Reference) 방법

그림 4에 나타낸바와 같이 원본 영상을 알지 못하는 상태에서 서비스 망을 통해 수신한 영상(Processed video)만을 이용 하여 영상 품질을 측정하는 방법이다.

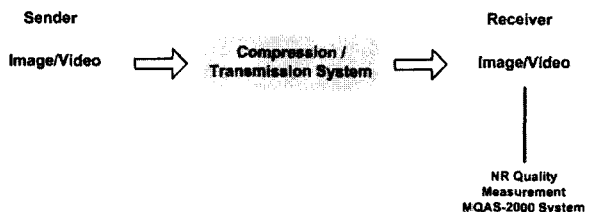


그림 4. NR 측정 구성도
Fig. 4. NR measurement Construction Diagram.

III. 객관적인 영상품질측정시스템의 설계 및 구현

1. 시스템 개요

현재 대부분의 영상 품질 시스템들은 HVS (Human visual System)를 기반으로 설계되었고 사람이 인식하는 것과 유사 하게 구현하기 위해 노력 하고 있다. 위 에서 설명한 측정 방법 중에서 주관적인 영상 품질 측정 보다 객관적인 영상 품질 측정 방법을 이용하여 영상 품질 측정을 할 수 있게 시스템을 개발 하고 있으며, 본 논문에서 제안한 그림 5의 MQAS(Multimedia Quality Assessment System)역시 객관적인 영상 품질 측정 방법을 적용 하였다.

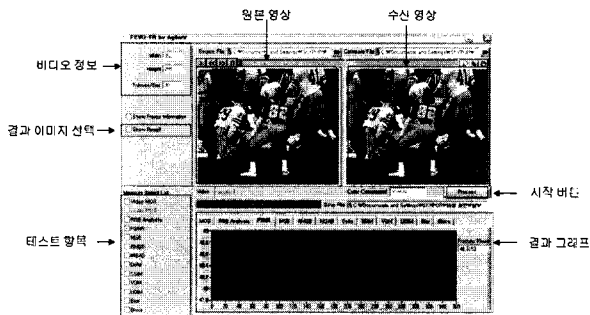


그림 5. MQAS의 화면 구성
Fig. 5. Scene Construction of MQAS.

본 논문에 의한 구현 제품(MQAS)의 기술적 특성을 설명하면 다음과 같다.

가. FR 방법을 이용한 영상 품질 측정 항목

PSNR, MSE, DELTA, RMSE, Block, Blur항목들은 영상의 왜곡에 관한 개별적인 측정 항목들이며, SSIM, UQIM, VQM은 영상의 전체적인 품질을 측정하여 수치적으로 영상 품질을 표현하여 주는 항목들이다.

(1) PSNR(Peak Signal Noise Ratio): 영상의 신호 대 잡음 비를 측정 영상의 압축 및 데이터 전송 망에서 영상의 왜곡 등으로 인해 발생

(2) MSE, DELTA, RMSE

영상의 Error를 산출(각각의 Pixel to Pixel를 비교 하여 원본 영상과 수신한 영상의 차를 측정)과 영상의 압축 및 영상데이터의 손실 및 왜곡 등으로 인해 발생

(3) Block: 영상의 Block 현상을 측정데이터 전송 시 발생

(4) Blur: 영상의 번짐 정도를 측정

Out-of-focus camera 또는 high motion에 위해서 발생

(5) SSIM(Structural Similarity)

세 가지의 구성 요소(luminance similarity, contrast similarity and structural similarity)를 이용 하여 영상 품질을 객관적으로 평가

(6) UQIM(Universal Image Quality Index)

세 가지의 항목(loss of correlation, Luminance distortion, and contrast distortion)을 조합 하여 영상 왜곡을 측정

(7) VQM(Video Quality Metrics)

영상의 손실, 휘도 등을 측정 하여 전체 영상의 품질을 측정

(8) Video MOS

전체적인 Video의 품질을 측정 하여 1 에서 5로 영상의 품질을 표현 한다.

나. NR 방법을 이용한 영상 품질 측정 항목

NR 방법을 이용하여 측정 할 수 있는 항목은 2절에 있는 ITU 권고 측정 항목에서 볼 수 있다. 현재 MQAS에서는 Blur, Block 만이 구현 되어 있으며 Video MOS를 구현하기 위해 JQM(Jpeg Quality Metrics)를 추가 하였다.

2. 시스템 특징

① 다양한 입력 영상 Format

표 1과 같이 모바일 Format에서TV영상까지 모든 Format을 지원한다.

표 1. 다양한 입력영상 형식지원
Table 1. Various Input Audio Format.

Format	Resolution	Format	Resolution
SQCIF (Sub Quarter CIF)	128x96	QVGA	320x240
QCIF(Quarter CIF)	176x144	NTSC (National Television Systems Committee)	720x480, 486
CIF (Full CIF, FCIF)	352x288	PAL (Phase Alternate Line)	720x576
4CIF (4xCIF)	704x576	SD (Standard Definition)	720x480
16CIF(16x CIF)	1408x1152	HD (high-definition television)	1920x1080
SIF	360x240		

- ② 다양한 파일 Format 지원
YUV, YCbCr, RGB, avi, MPEG4, BMP, JPEG 등 다양한 파일 Format 지원한다.
- ③ 다양한 측정 항목을 지원한다.
PSNR, Blur, Block, MSE, RMSE, Delta, SSIM, UQIM, VQM, Video MOS 등 다양한 항목을 지원한다.
- ④ FR, NR 영상 품질 측정 방법을 지원한다.
- ⑤ 라이브러리 지원 및 완제품을 지원한다.
- ⑥ 다양한 적용 범위 IPTV, 영상회의, DMB, Streaming 서비스, VoD, 동영상 서비스 등 다양한 멀티미디어 서비스 적용 가능하다.

3. 영상품질 측정 방법

그림 6은 본 논문의 실시 예에 따른 멀티미디어 서비스 영상의 품질을 측정하기 위한 방법의 구성도로서, FR 테스트 방법은 원본 멀티미디어 영상 데이터와 초고속 인터넷 서비스 가입자 측에서 받은 멀티미디어 영상 데이터를 비교하여 영상의 품질을 측정하는 방법으로 측정 알고리즘은 다음과 같다.

신호(Signal)와 잡음(Noise)의 비율을 측정하는 PSNR 방법은 식 (1)로 구할 수 있다.

$$d(x,y) = 10 \cdot \log_{10} \frac{255^2 \cdot n^2}{\sum_{i=1, j=1}^{x,x} (x_{ij} - y_{ij})^2} \quad (1)$$

에러율을 측정하기 위한 MSE 방법은 식 (2)로 구할 수 있다.

$$d(x,y) = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{x,x} (x_{ij} - y_{ij})}{n^2} \quad (2)$$

영상 이미지의 색상 성분의 차이를 측정하기 위한 MSAD/Delta 방법은 식 (3)으로 구할 수 있다.

$$d(x,y) = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n,n} (X_{i,j} - Y_{i,j})}{n^2}$$

$$d(x,y) = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n,n} |X_{i,j} - Y_{i,j}|}{n^2} \quad (3)$$

세 가지의 유사도(Luminance, Contrast, Structural Similarity)를 측정하기 위한 SSIM 방법은 식(4)로 구

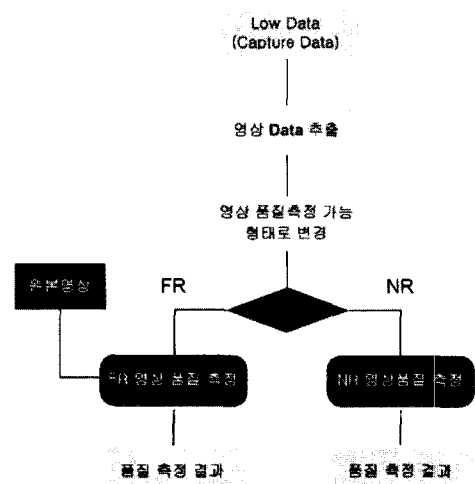


그림 6. 객관적인 멀티미디어 영상 품질측정 방법
Fig. 6. Objective Multimedia Audio Quality Assurance Method.

할 수 있다.

$$SSIM(x,y) = \frac{(2\mu_x \mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (4)$$

영상 데이터의 품질을 측정하기 위한 VQL 방법은 원본 데이터에 대하여 색상 변형을 한 후, DCT 기반의 지역 대비를 하고, 가중치에 따른 Pooling을 수행하여 VQM 왜곡(Distortion) 데이터를 결과로 얻으며, 영상 이미지의 번짐의 양을 측정하기 위해 Blur 방법을 사용하며 인접한 블록 경계의 왜곡 측정을 위해 Blockingness 방법을 사용한다.

그림 6의 따른 NR 테스트 방법은 초고속 인터넷 서비스 가입자 측에서 받은 멀티미디어 영상 데이터만을 가지고 영상의 품질을 측정하는 방법으로 측정 알고리즘은 다음과 같다.

PSNR 측정 방법은 수신 영상에 대해 기울기 맵과 특징 맵을 추출하고, 잡음 측정을 통해 NR PSNR 값을 구한다.

JPEG 품질 측정 알고리즘을 사용하는 JQM(322) 방법은 식 (5)로 구할 수 있다.

$$A_h = \frac{1}{7} \left[\frac{8}{M(N-1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N-1} |d_h(i,j)| - B_h \right]$$

$$B_h = \frac{1}{M(\lfloor N/8 \rfloor - 1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{\lfloor N/8 \rfloor / 1} |d_h(i, 8j)| \quad (5)$$

$$Z_h = \frac{1}{M(N-2)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N-2} z_h(m,n)$$

영상 데이터의 수직 꼭지점을 찾아 이미지의 번짐의 양을 측정하기 위해 Blur 방법을 사용하며, 이미지의 인접한 블록 경계의 왜곡 측정을 위해 Blockingness 방법을 사용한다.

IV. 결 론

본 논문의 연구가 이루어지기 전까지의 멀티미디어 서비스는, ISP 서비스 업체에서 제공하는 멀티미디어 영상 서비스에 있어서 지금까지 정확한 측정 표준안과 기준안이 없는 상태에서 ISP 서비스 가입자에게 서비스가 이루어지고 있었다. 본 논문에 의해, 멀티미디어 서비스 영상에 있어서 원본 멀티미디어 영상데이터와 가입자가 수신한 멀티미디어 영상데이터간의 완전 참조(FR) 테스트가 실시되고, 가입자가 수신한 멀티미디어 영상데이터만을 대상으로 비 참조(NR) 테스트가 실시되면 멀티미디어 서비스 영상의 품질을 다양하고 정확하게 측정할 수 있어서 서비스 가이드라인을 설정하여 고품질 영상서비스를 제공하는 표준안 설정을 위한 측정 방법과 시스템으로 활용될 수 있다.

또한, 국내에는 본 논문과 같은 서비스 방법 및 시스템이 부재한 상황이므로 본 논문이 이루고자 하는 기술이 성공적으로 이루어 질 경우 국가 경쟁력에도 많은 기여를 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Margaret H. Dunham and Vijay Kummer, "Impact of Mobility on Transaction Management", Proceeding of the International Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access, pp.14~21, August 1999.
- [2] D. B. Johnson & W. Zwenepoel, "Recovery in Distributed Systems using Optimistic Message Logging and Check pointing Journal of Algorithms", 11(3):462~491, September 1990.
- [3] Sanjay Kummer Madria, Bharat K. Bhargava, "A Transaction Model to Improve Data Availability in Mobile Computing", Distributed and Parallel Databases 10(2) : 127~160, 2001.
- [4] G. Walborn and P. K. Chrysanthis, "Proceeding in Mobile Database Applications", In Proceeding of the 14th Symposium on the Reliable Distributed Systems, September 1995.
- [5] E. Pitoura, B. Bharagava, and O. Wolfson, "Data Consistency in Intermittently Connected Distributed Systems", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 11(6), pp.896~915, Nov/Dec 1999.
- [6] N. Neves and W. K. Fuchs, "Adaptive Recovery for Mobile Environments Communications of the ACM", 40(1):69~74, January 1997.
- [7] D. Barbara, "Mobile Computing and Databases - A Survey", IEEE Transactions on the Knowledge and Data Engineering, 11(1):108~117, 1999.
- [8] B. R. Badrin, A. Fox, L. Kleinrock, G. Popek, P. Reiher, and M. Satyanarayanan, "A Conceptual Framework for Network Adaptation", the IEEE Mobile Networks and Applications, 5(4):221~231, 2000
- [9] S. Mazumdar, M. Pietrzyk, and K. Chrysanthis, "Caching Constrained Mobile Data", CSD Technical Report, Univ. of Pittsburgh, 2001.
- [10] C. Spyrou, G. Samaras, E. Pitoura, S. Papastavron, and P. K. Chrysanthis, "The Dynamic View System(DVS): Mobile Agents to Support Web Views", In the 17th Int'l Conf. on Data Engineering, pp.30~31, Apr. 2001.
- [11] Y. Zhuge, "Incremental Maintenance of Consistent Data Warehouses", Ph.D thesis, Department of Computer Science, Stanford Univ., 1999.
- [12] S. W. Lauzac, "Utilizing Customized Materialized Views to Create Database Services Suitable for Mobile Database Applications", ph.D thesis, Pittsburgh Univ., 2001.
- [13] D. VanderMeer, "Data Access and Interaction Management in Mobile and Distributed Environments", Ph.D thesis, Georgia Institute of Technology, 2003.
- [14] H. Joanne and A. Divyakant, "Planned Disconnections for Mobile Database", Proceedings of IEEE 11th international workshop, 2000.

저 자 소 개



주 해 종(정회원)
 1988년 명지대학교 전자계산학과
 학사 졸업.
 1990년 명지대학교 전자계산학과
 석사 졸업.
 2008년 (미)컴벌랜드대학교
 교육학 박사 졸업.

방송정보기술사, ISO국제심사원,
 인덕대학 산학협력전담교수
 <주관심분야 : 모바일 컴퓨팅, 데이터베이스>



홍 봉 화(정회원)
 1981년 경희대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1995년 경희대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2002년 경희대학교 전자공학과
 박사 졸업.

방송정보기술사, ISO국제심사원
 경희사이버대학교 정보통신학과 교수/학과장
 <주관심분야 : 컴퓨터통신, 신호처리, 방송정보>



은 진 호(정회원)
 1989년 호서대학교 전자계산학과
 학사 졸업.
 2008년 명지대학교 전자계산학과
 석사 재학.

방송정보기술사, ISO국제심사원
 (주)에이에씨텍 대표이사
 <주관심분야 : 패턴인식, 영상품질측정>



홍 석 주(정회원)
 1981년 명지대학교 전자계산학과
 학사 졸업.
 1999년 명지대학교 전자계산학과
 석사 졸업.
 2008년 명지대학교 컴퓨터공학과
 박사 재학.

방송정보기술사, (주)유오시스템즈 대표이사
 <주관심분야 : 데이터베이스, 지능형빌딩제어시
 스템>