

음성 플랫폼 보안 데이터 성능 개선을 위해 시계열 모델을 적용한 디지털 알고리즘의 성능 향상 연구*

민 순 호,^{1†} 서 창 호^{2‡}
¹한국전자통신연구원, ²공주대학교

The Study of Performance Improvement of Dejitter Algorithm applying Time Series Model for VoicePlatform Security Data*

Sun-Ho Min,^{1†} Chang-Ho Seo^{2‡}
¹ETRI, ²Kongju National University

요 약

본 논문에서는 음성 플랫폼 보안 데이터 전송률을 개선하기 위해 음성 품질에 영향을 주는 지터(Jitter)를 감소시키기 위한 디지털 알고리즘에 대해서 분석하고, 디지털 알고리즘의 성능 향상을 위해서 시계열 모델을 연구하여, 디지털 알고리즘의 한 종류인 입출력 방식 디지털 알고리즘에 시계열 모델을 적용하기 위해서 모형을 적용하는 과정, 설계 과정을 제안하고, 구현 및 성능 측정을 통해서 음성 품질이 향상된 결과를 보여준다.

ABSTRACT

In this paper, a major factor in determining voice quality that corresponds to the jitter and dejitter algorithm for removing jitter will be described. We analyze legacy dejitter algorithm and propose the study applying Time Series Model to improve performance of the dejitter algorithm.

Keywords: VoIP, Jitter Buffer, Network Security, Dejitter, TSM

1. 서 론

2011년 부터 전세계 무선 이동통신 시장의 관심은 새로운 이동통신 규격인 LTE(Long Term Evolution)에 있다. 스마트폰과 태블릿 PC 등 모바일 기기의 보급이 증가하면서 폭발적으로 늘어난 데이터 전송량을 기존의 무선 이동통신 방식으로는 더 이상 감당할 수 없기 때문이다. 최근 들어 자주 발생하는 스마트폰 통화 끊김 현상이나 무선 인터넷 접속 불가 현상

등이 이러한 데이터 폭증 및 네트워크 보안 프레임의 데이터 비트 Loss 때문이다. 때문에 국내외 이동통신 시장에서는 이를 개선하면서 데이터 전송 속도도 향상된 LTE통신 규격으로 전환하기 위해 안간힘을 쓰고 있다. 통신 사업자의 LTE(Long Term Evolution) 망 위에서의 음성 서비스인 VoLTE(Voice over LTE)가 서비스가 시작되고 있는데, 이것은 인터넷 프로토콜(IP)을 통해서 음성 서비스를 제공하고 있다는 의미이다. 즉, 현재 대부분의 음성 서비스는 VoIP(Voice over IP) 서비스로 진화하고 있으며, 사용자에게 음성 서비스를 제공하는데 중요한 것은 음성 품질이다. VoIP 환경에서 음성 품질에 영향을 주는 기술 요소들은 패킷 손실(Loss), 패킷 지연 분포(지터:Jitter), 단말간 네트워크 지연(Delay), 코덱

접수일(2013년 9월 10일), 게재확정일(2013년 9월 16일)

* 본 연구는 한국연구재단 연구과제(R01-2013R1A1A2010382) 지원으로 수행된 연구 결과임.

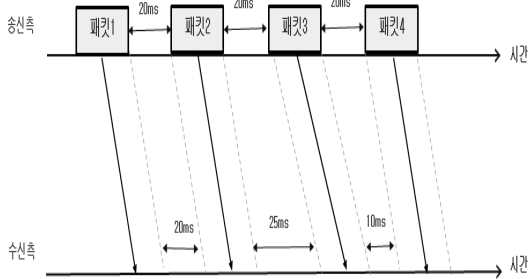
† 주저자, shmin@etri.re.kr

‡ 교신저자, chseo@kongju.ac.kr(Corresponding author)

의 음성 품질, 에코(Echo) 등이 있다. 본 논문에서는 디지털 알고리즘의 성능 향상을 위해서 시계열 모델의 적용 방안을 제안한다. 구체적인 논문 내용으로 음성 품질에 영향을 주는 지터(Jitter)를 감소시키기 위한 디지털 알고리즘에 대해서 분석하고, 디지털 알고리즘의 성능 향상을 위해서 시계열 모델을 연구하여, 디지털 알고리즘의 한 종류인 입출력 방식 디지털 알고리즘에 시계열 모델을 적용하기 위해서 모형을 적용하는 과정, 설계 과정을 제안하고, 구현 및 성능 측정을 통해서 음성 품질이 향상된 결과를 나타낸다.

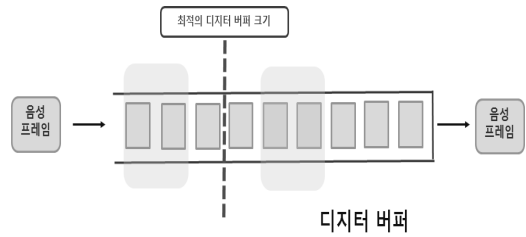
II. 지터의 정의 및 디지털 버퍼의 종류

[그림 1]은 음성 패킷의 지터 발생을 도시한 그림이다. VoIP(Voice over IP) 음성 서비스 환경에서 음성 패킷은 송신측에서 20 ms 간격으로 출발하게 되며, 수신측에 20 ms 간격으로 도착해야 사용자 입장에서 음성 품질이 좋다고 느끼게 된다. 하지만, IP 망에서 여러 가지 이유로 지연이 발생해서 음성 패킷이 20 ms 간격으로 수신측에 도달하지 못하면, 사용자는 음성 품질이 나쁘다고 판단한다. 이처럼 음성 패킷의 지연 차이를 지터(Jitter)라고 한다. 좀 더 정확히 표현하면, 음성 패킷 도착 시간 사이의 통계적 변화량(Statistical variance)을 지터라고 한다. 지터가 발생하게 되는 원인은 네트워크 장비에서의 큐잉(Queuing)/버퍼링(Buffering), 패킷 재라우팅, 네트워크 멀티플렉싱(Multiplexing), 타이밍 드리프트(Timing Drift) 등 여러 가지가 존재한다.



(그림 1) 음성 패킷의 지터 발생

[그림 2]는 디지털 버퍼의 구조를 도시한 그림이다. 지터를 제거하기 위해서 디지털 버퍼의 크기를 너무 크게 정하거나, 또는 너무 작게 정하면, 문제가 발생한다.



(그림 2) 디지털 버퍼의 구조

디지털 버퍼의 크기가 너무 크면, 패킷이 버퍼에 머무르는 시간이 늘어나기 때문에 단대단(End-to-End) 지연이 그만큼 증가한다. 반대로, 디지털 버퍼 크기가 너무 작으면, 버퍼가 모두 차게 되어 패킷이 손실(Loss) 되는 문제가 발생한다. 즉, 네트워크 상태, 단말기 상태 등에 맞는 적절한 디지털 버퍼 사이즈가 결정되어야 하며, 이를 위해서 디지털 알고리즘이 필요하다.

디지털 버퍼의 종류는 크게 고정형(Fixed) 디지털 버퍼와 적응형(Adaptive) 디지털 버퍼, 두 종류로 나누어진다. 고정형 디지털 버퍼는 구현이 간단하고, 단말 시스템에 오버헤드가 적은 장점이 있다. 하지만, 네트워크의 가변 지연을 반영하지 못하기 때문에 디지털 버퍼의 크기를 너무 작게 설정하면, 디지털 버퍼가 모두 차게 되어 패킷이 손실되고, 디지털 버퍼의 크기를 너무 크게 설정하면, 지연이 커지는 단점이 있다.

적응형 디지털 버퍼는 다시 타임 방식과 입출력 방식, 두 가지 종류의 디지털 알고리즘을 수행하는 디지털 버퍼로 나누어진다. 먼저 타임 방식의 적응형 디지털 버퍼는 RTP[1] 패킷의 타임스탬프와 같은 정보를 이용해서 네트워크의 가변 지연 상태를 유추하여 디지털 버퍼 크기를 계산하는 알고리즘을 수행하여 디지털 버퍼를 동작 시킨다. 이것은 네트워크의 상태를 유추하여 디지털 버퍼 크기의 계산하기 때문에, 고정형 디지털 버퍼에 비해서 보다 적절한 디지털 버퍼 크기를 찾아내는 장점이 있지만, 지속적으로 네트워크 상태를 이용해서 디지털 버퍼 크기를 계산하는 방법이 복잡하여 단말 시스템에 오버헤드가 되고, 단말 시스템 마다 클럭이 다르기 때문에 가변 지연을 계산하는데 오차가 발생하는 단점이 있다.

다음, 입출력 방식의 적응형 디지털 알고리즘은 수신 패킷의 코덱 프레임이 디지털 버퍼에 입력되고, 출력되는 개수를 이용해서 디지털 버퍼의 크기를 결정하는 알고리즘으로서, 타임 방식의 디지털 버퍼 구조에 비해서 단순한 알고리즘으로 동작하기 때문에, 시스템

의 오버헤드가 적어서 스마트폰과 같은 모바일 단말의 VoIP 미디어 엔진에 적용하기에 적합한 구조이다.

III. 디지털 알고리즘의 성능 향상을 위한 시계열 모형의 적용 연구

기존의 디지털 알고리즘은 네트워크의 가변 지연(지터)을 분석해서 디지털 버퍼 크기를 결정하였는데, 이보다 진보한 방법으로 디지털 버퍼 크기를 예측하는 것이다. 디지털 버퍼 크기를 예측하면, 디지털 버퍼 크기를 네트워크의 가변 지연(지터)에 맞게 조정하기 때문에 단대단 지연을 줄여서 음성 품질의 향상을 가져온다. 통계학 분야에서 예측 방법으로 널리 사용되는 시계열 모델(Time Series Model)을 사용하여 누적된 HTTP 패킷을 기반으로 Web 네트워크 트래픽의 양을 측정하는 방법[2]과 네트워크 트래픽을 예측하는 방법[3]이 제시되기도 하였다.

시계열이란 시간의 흐름에 따라 변하는 현상을 일정한 시간 간격으로 관찰하여 얻어지는 일련의 자료이다[4]. 시계열 분석을 통한 예측에서는 관측된 과거의 자료를 분석하여 규칙성을 발견하고, 이러한 규칙성이 미래에도 변하지 않고 계속될 것이라는 가정 하에 이를 모형화하여 추정하고, 추정된 모형을 이용하여 미래의 시계열을 예측하게 된다[2].

시계열 모형의 종류는 다음과 같이 분류된다.

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} + \varepsilon_t. \quad (1)$$

[식 1]은 AR 모형식으로서 자기회귀모형(AR: AutoRegressive Model)을 나타내는 식이다. 이 식은 시계열의 현재값은 현재 관측값을 설명하여 주는 시계열의 이전 값들과 설명하여 주지 못하는 부분인 오차항의 선형 결합으로 표현된다.

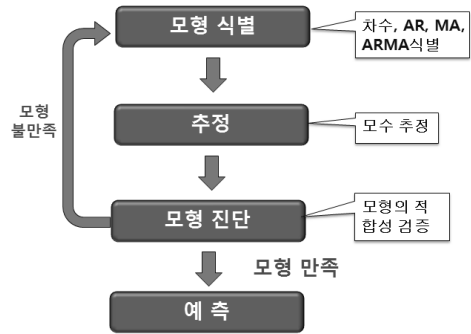
$$X_t = \mu + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} \quad (2)$$

[식 2]는 MA 모형식으로서 이동평균모형(MA: MovingAverage Model)을 나타내는 식이다. 이 식은 시계열의 현재값은 과거 백색잡음들의 선형결합으로 표현된다.

$$X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i}. \quad (3)$$

[식 3]은 ARMA 모형식으로서 자기회귀이동평균모형(ARMA:AutoRegressive MovingAverage Model)을 나타내는 식이다. 이 식은 p차항의 AR 모형과 q차항의 MA 모형의 합으로 표현된다.

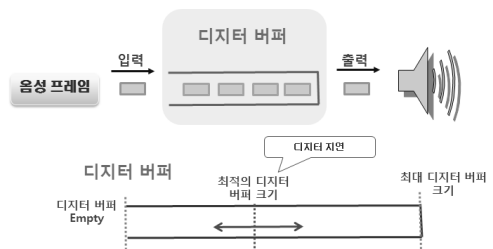
[그림 3]은 시계열 데이터로부터 시계열 모형을 결정하기 위한 방법을 도시한 그림이다. 시계열 자료를 분석해서 시계열 모형을 식별한 후에, 시계열 모형의 모수값을 추정한다. 완성된 시계열 모형을 진단해서 적합성을 검증하는데, 적합성이 만족되면 시계열 모형을 이용해서 시계열 예측을 하게 된다. 반면에 적합성이 만족되지 못하면 모형 식별 단계 과정을 다시 거치게 된다.



(그림 3) 시계열 모형 결정 방법

IV. 입출력 방식 디지털 알고리즘에 시계열 모형의 적용 과정 및 구현

[그림 4]는 입출력 방식의 적응형 디지털 버퍼의 구조를 도시한 그림이다[5]. 음성 코덱 프레임이 디지털 버퍼에 들어가는 동작을 입력으로 정하고, 디지털 버퍼에 저장 되었던 코덱 프레임이 다시 디지털 버퍼에서 출력되는 동작을 출력 동작으로 정한다. 입력과 출력 동작을 각각 카운트 해서 입력과 출력의 개수가 같으면 (+1/-1 차이는 허용), 지터가 발생하지 않은

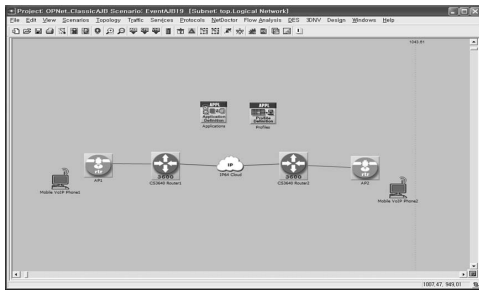


(그림 4) 입출력 방식 적응형 디지털 버퍼의 구조

것으로 간주하여, 기존의 디지털 버퍼 크기를 그대로 유지한다. 개수에 차이가 발생하면 지터가 발생한 것으로 간주하여 디지털 버퍼 크기 계산 로직을 이용해서 다시 디지털 버퍼 크기를 결정하게 된다. 입출력 방식의 디지털 버퍼 구조는 타임 방식의 디지털 버퍼 구조에 비해서 단순한 알고리즘으로 동작하기 때문에, 시스템의 오버헤드가 적어서 스마트폰과 같은 모바일 단말의 VoIP 미디어 엔진에 적용하기에 적합한 구조이다.

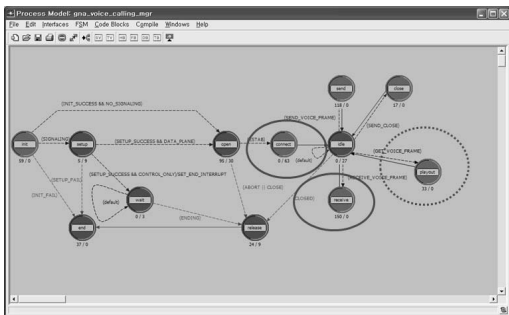
본 연구에서는 시계열 모델을 적용하여 디지털 버퍼의 성능을 향상 시키기 위해서 입출력 방식의 적응형 디지털 버퍼 구조를 선택하였다. 연구를 위한 시험 도구로는 OPNet 네트워크 시뮬레이터를 사용하였다.

[그림 5]는 OPNet 네트워크 시뮬레이터에 의한 직접 설계한 VoIP 시험망이다. 두 개의 "Mobile VoIP Phone"은 WiFi 기반의 단말이며, AP(Access Point)는 라우터에 연결되어 있다.



[그림 5] OPnet 시험 도구에 의한 VoIP 시험망

다시 라우터는 "IP Cloud"라고 하는 인터넷망에 연결되어 있다. 인터넷망에서의 패킷 지연은 지수분포 확률함수를 따르기 때문에, VoIP 시험망에서 지연은 지수분포 확률함수를 설정하였다[6].

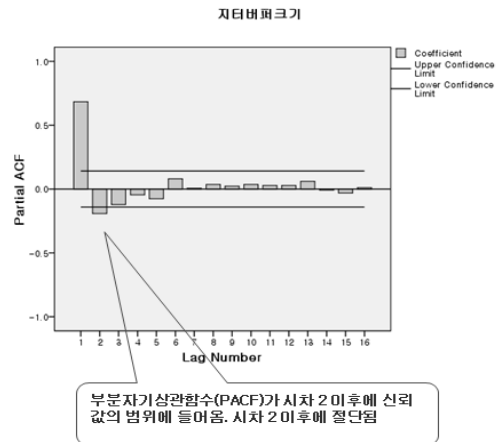
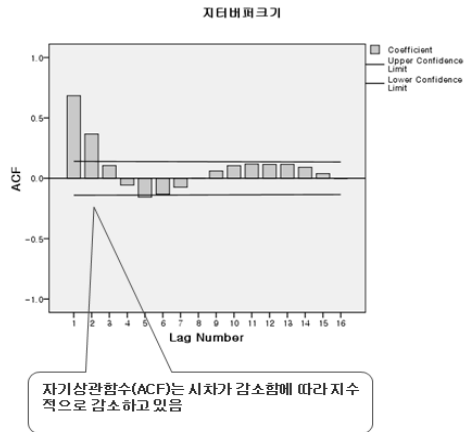


[그림 6] Mobile VoIP Phone의 Playout 상태

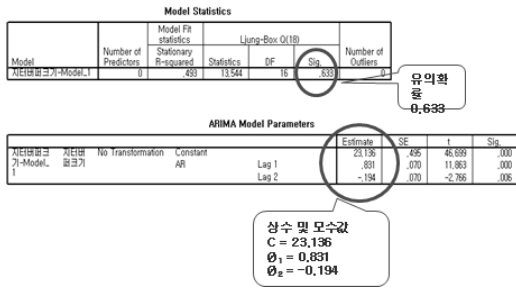
[그림 6]은 VoIP시험망의 Mobile VoIP Phone 노드의 상태 다이어그램을 도시한 그림이다. "Playout" 상태에 입출력 기반의 디지털 버퍼 알고리즘을 통합시켰다. 완성된 VoIP시험망을 33분 동안 동작 시켜서 2초 단위로 디지털 버퍼 크기를 기록하였다. 기록된 디지털 버퍼의 크기는 시계열 모형을 식별하기 위한 시계열 자료로 이용된다. 시계열 모형을 식별하기 위한 도구로는 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 통계 분석 도구를 이용해서 시계열 모형을 식별하였다.

[그림 7]은 시계열 모형을 식별하기 위해서 기록된 디지털 버퍼 크기를 SPSS 도구를 이용해서 자기상관함수와 부분자기상관함수로 분석한 결과를 도시한 그림이다.

자기상관함수는 시차가 지수적으로 감소하고, 부분 자기상관함수는 시차 2이후에 절단되고 있다. 종합적



[그림 7] 자기상관함수와 부분자기상관함수 결과



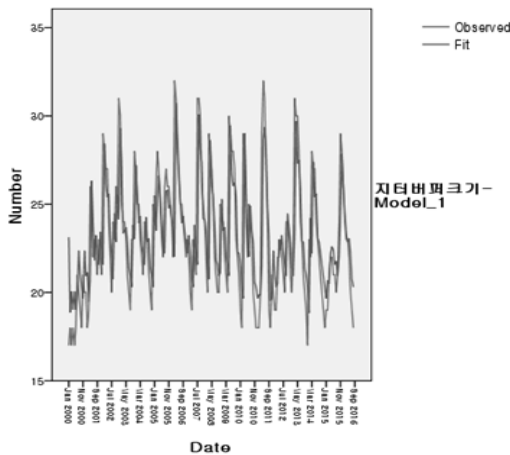
(그림 8) 시계열 모형 검증 및 모수값

으로 볼 때에, 시계열 자료는 p=2이고, q=0인 AR(2) 시계열 모형으로 식별된다.

(그림 8)은 식별된 모형을 검증 결과와 모수값이다. Ljung-Box 검증에 의해서 유의확률 0.633은 유의수준 0.05를 초과하므로 시계열 모형은 기각되지 않고, 디지털 버퍼 크기는 선택된 시계열 모형에 예측 가능하다고 볼 수 있다. 또한, 시계열 모형의 상수값과 모수값도 SPSS 도구에 의해서 도출되었다.

(그림 9)는 실제 측정된 디지털 버퍼 크기값(Observed)과 도출된 시계열 모형에 의한 지터 버퍼 크기값(Fit)을 비교한 그림이다. 두 결과가 유사한 값으로 분포된 것을 알 수 있다.

(그림 10)은 실제 측정된 디지털 버퍼 크기값(Observed)과 도출된 시계열 모형에 의한 지터 버퍼 크기값(Fit)을 비교한 그림이다. 두 결과가 유사한 값을 분포된 것을 알 수 있다. 입출력 기반의 적응형



(그림 9) 실제 디지털 버퍼 크기와 시계열 모형에 의한 디지털 버퍼 크기 예측값 비교

$$X(t) - C = \theta_1 * (X(t-1) - C) + \theta_2 * (X(t-2) - C)$$

$$X(t) = 8.398 + 0.831 * X(t-1) + (-0.194) * X(t-2)$$

(그림 10) 디지털 버퍼 크기 예측값을 위한 AR(2) 모형

디지털 알고리즘에 도출된 시계열 모형식에 따라서 디지털 버퍼 크기를 계산 하도록 포함시켰다. VoIP 호가 시작되는 초기에, 기존의 디지털 버퍼 크기 알고리즘에 의한 t-1과 t-2 시점의 디지털 버퍼 크기를 이용해서 시계열 모형에 의한 현재 시점(t)의 디지털 버퍼 크기를 계산하게 된다. 이후에, 일정 시간 단위로 시계열 모형에 의해서 디지털 버퍼 크기를 계산하는데, 실시간 오차를 줄이기 위해서 기존 디지털 알고리즘에 의한 디지털 버퍼 크기도 참조하게 된다.

V. 성능 결과

	입출력 기반 디지털 알고리즘	시계열 모델 적용 입출력 기반 디지털 알고리즘	성능 개선 결과
지터 버퍼 지연	95 ms	63 ms	33.6% 감소
MOS	3.8	3.95	3.8% 향상

(그림 11) 성능 개선 결과

(그림 11)은 OPNet 네트워크 시뮬레이터 도구를 이용해서 기존 디지털 알고리즘(성능 개선전)과 시계열 모델을 적용한 디지털 알고리즘(성능 개선후)의 디지털 버퍼 지연과 음성 품질 MOS값을 비교한 성능 결과이다. Mobile VoIP 노드에 시계열 모델을 적용한 디지털 알고리즘을 포함 시켰을 경우에 지터 버퍼 지연이 더 낮고, 음성 품질이 향상 된 것을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서 음성 품질에 영향을 주는 지터(Jitter)를 감소시키기 위한 디지털 알고리즘에 대해서 분석하고, 디지털 알고리즘의 성능 향상을 위해서 시계열 모델을 연구하여, 디지털 알고리즘의 한 종류인 입출력 방식 디지털 알고리즘에 시계열 모델을 적용하기 위해서 모형을 적용하는 과정, 설계 과정을 제안하고, 구현 및 성능 측정을 통해서 네트워크 보안 데이터의 손실을 및 음성 품질이 향상된 연구 결과를 소개 하였다. 앞으로는 시계열 자료가 된 디지털 버퍼 크기를

동적으로 수집해서 시계열 모형을 도출하는 과정을 연구 할 예정이다.

참고문헌

- [1] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," IETF RFC 3550, Jul. 2003.
- [2] 홍원택, 안성진, 정진욱, "시계열 분석을 이용한 SNMP MIB II 기반의 회선 이용률 예측 기법", 한국정보처리학회 논문지 제6권 제9호 pp. 2470-2478, 1999년
- [3] 정상준, 권영현, 최혁수, 김종근, "시계열 분석을 이용한 실시간 네트워크 트래픽 예측 시스템의 분석", 한국정보처리학회 추계학술발표논문집 제8권 제2호 pp. 1323~1326, 2001년 10월
- [4] 이덕기, "예측방법의 이해", SPSS 아카데미, 2002년
- [5] Adaptive Jitter Buffer, <http://www.pjsip.org>.
- [6] A.M. Sukhov, N.Yu. Kuznetsova, "Generating Function For Network Delay," arXiv:1003.0190v1, Feb. 2010.

〈저자소개〉



민 순 호(Min-Sun Ho) 정회원
 1997년: 조선대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 2012년: 공주대학교 정보보호학과(공학박사)
 1997년~2002년: LG 중앙연구소(정보통신) 선임연구원
 2002년~2008년: 삼성전자 모바일 협력업체 기술이사
 2009년~현재: 한국전자통신연구원 선임기술원
 <관심분야> 정보통신, RF 시스템, 이동통신, 메카트로닉스, 정보보호



서 창 호(Seo-Chang Ho) 종신회원
 1990년: 고려대학교 수학과 졸업(학사)
 1992년: 고려대학교 수학과(이학석사)
 1996년: 고려대학교 수학과(이학박사)
 1996년~1996년: 국방과학연구소 선임연구원
 1996년~2000년: 한국전자통신연구원 선임연구원, 팀장
 2000년~현재: 공주대학교 응용수학과 교수
 <관심분야> 암호 알고리즘, PKI, 무선 인터넷 보안