

LR-WPAN에서 음성 데이터 재전송 연구[†]

(A Study of Voice Data Retransmission in LR-WPAN)

조 무 호*
(Moo-Ho Cho)

요 약 본 논문에서는 IEEE 802.15.4 표준에 따른 저속 무선 개인영역 네트워크 환경에서 종래의 문제점을 해결하여 채널 에러 등의 발생 시에도 QoS를 제공할 수 있는 음성 데이터 재전송 방안을 제공한다. IEEE 802.15.4a에서는 데이터 전송률이 850Kbps까지 증가되기 때문에 음성과 같은 스트리밍 성의 데이터를 보다 용이하게 전송이 가능해진다. 본 연구에서는 250Kbps 데이터 전송률의 IEEE 802.15.4 LR-WPAN 표준에서 비컨 활성화 모드에서, 실시간 서비스 중에 에러가 발생되면 패킷 재전송을 위한 특정한 슬롯이 다음 슈퍼프레임에 동적으로 배정되어, 시간적인 다이버시티를 얻을 수 있도록 하여 열악한 채널 에러 환경에서도 QoS가 보장되도록 하였다. 수치해석 결과에서 제안 방식은 WPAN과 같은 열악한 채널 환경에 기존 방식보다 패킷 에러에 강인한 특성 및 우수한 전송률을 제공함을 알 수 있다.

핵심주제어 : 무선개인통신망, 저속무선개인통신망, 음성전송

Abstract In this paper, we propose a scheme for voice data retransmission in LR-WPAN to support the required QoS even in the severe channel error environments. In IEEE 802.15.4a, as the user data rate is supported up to 850Kbps, the voice streaming data can be transferred more easily. In this research, we study the beacon-enabled mode in IEEE 802.15.4 LR-WPAN standard with 250Kbps data rate. In the proposed scheme, special slots are dynamically assigned for retransmission of the packet that fails during a voice service, and in the severe channel error environments a time diversity is acquired. Analytical results show that the proposed scheme is more robust and achieves a much higher throughput than the previous protocol in LR-WPAN.

Key Words : WPAN, LR-WPAN, QoS, GTS

1. 서 론

Wireless PAN(WPAN)는 기존의 개인영역 네트워크라 불리는 PAN(Personal Area Network)을 무선으로 구현한다는 개념이다. PAN은 널리 알려진 LAN(Local Area Network)이나 WAN(Wide Area Network)과는 대비되는 개념으로, 개인마

다 각각 고유한 네트워크를 가지게 됨을 의미한다. 즉, 각 사람이 소유하고 있는 디바이스들이 제각기 그 사람의 편의를 위해 하나의 네트워크를 구성하게 한다는 것이다. 이와 같은 PAN을 무선으로 구현하기 위한 노력으로 IEEE 802.15 워킹그룹은 단거리 무선 네트워크의 표준으로 WPAN을 정하고, 그 아래 4개의 TG(Task Group)를 두고 있다. IEEE 802.15.1이 블루투스(Bluetooth)이며, IEEE 802.15.3은 고속(high rate) WPAN, 그리고 IEEE 802.15.4는 저속(low

[†] 이 논문은 2009년 한국전자통신연구원 정보통신연구개발사업의 위탁연구과제 연구비에 의해 연구되었음.

* 경주대학교 관광정보학과

rate) WPAN으로 일명 지그비(ZigBee)라고도 불리며, 250 Kbps 이하에 대한 표준작업을 수행한다.

본 논문과 관련된 IEEE 802.15.4 TG는 2000년 12월에 결성되었고, 2003년 5월 IEEE 802.15.4-2003 표준을 승인하여, 그 해 10월에 출판하였다 [1]. 이의 개정판인 IEEE Std 802.15.4-2006은 2006년 6월에 승인되었고, 9월에 출판되었다 [2]. IEEE 802.15.4 PHY 및 MAC(Medium Access Control)에 대한 일반적인 기능에 대해서 참고문헌 [3, 4]에 잘 기술되어 있는데, 본 논문에서 제안하는 음성 서비스 방식은 MAC(Medium Access Control) 규격 중에서 디바이스에 독점적으로 사용하는 GTS(Guaranteed Time Slot) 채널 할당 및 관리 방법과 관련이 있다. 연구에서는 비컨(beacon) 활성화 LR-WPAN 네트워크에서 음성 데이터 재전송 방법에 대해 기술하고자 한다.

2. 음성 데이터 전송 관련 연구

IEEE 802.15.4 표준과 관련한 논문에서는 데이터 트래픽 정보를 기반으로 IEEE 802.15.4의 활동 시간(active period)을 동적으로 조절하여 에너지 효율성과 데이터 전송 처리율을 동시에 만족시킬 수 있는 TEA(Traffic and Energy Aware)-802.15.4가 제안된 바 있다 [5]. 그러나 이 논문은 활동 시간을 조절하여 긴급히 보낼 데이터를 실시간으로 보내는 것은 가능하게 할 수 있으나, 본 연구에서 제안하고자 하는 음성 서비스와 같은 긴 시간의 실시간 서비스를 보내는 데에는 문제가 있다. 또 다른 기존 논문에서는 IEEE 802.15.4 시스템에서 GTS 서비스 지연 시간 단축을 위한 새로운 MAC 프로토콜 구조를 제안한 바 있다 [6]. 그러나 이 논문은 CAP(Contention Access Period) 구간을 CFP(Contention-Free Period) 구간 뒤에 두는 구조를 제안하여 표준에 맞지 않아 규격을 변경해야 하는 점에 문제가 있으며, 또한 본 방식에서 제안하고자 하는 실시간 서비스의 QoS(Quality of Service)를 제공하는데 대한 언급이 없다. 또 다

른 기존 논문에서는 VBR(Variable Bit Rate)과 같이 데이터 전송률의 변화가 빈번한 데이터 서비스를 효율적으로 지원하기 위해 가상 슬롯 기반의 다중 접근 방식인 VSMA(Virtual Slot Multiple Access)이 제안되었다 [7]. 그러나 이 방식은 가변 데이터 전송 환경에서는 PAN 환경에 속한 디바이스 간에 우선순위를 달리하여 채널 효과를 높이는 장점이 있으나 음성과 같은 고정된 속도의 실시간 서비스를 위해서는 적합하지 않다. 본 제안방식과 유사한 기술 분야의 논문으로 IEEE 802.15.4에서 GTS의 확장 개념을 이용한 음성 통신 방식이 제안되었다 [8]. 이 논문에서는 비컨 간격을 122.28ms로 하고 다수개의 GTS를 음성 통신을 하는 디바이스에 할당하는 것을 특징으로 하며, 본 제안방식과 같은 손상된 패킷에 대한 재전송 개념이 없어 QoS 제공에 문제가 있다. 참고문헌 [9]에서 Eustathia Ziouva et al은 IEEE 802.11 네트워크 상에서 패킷화 된 음성과 데이터 트래픽 통합에 대해서 소개하면서 지원 가능한 최대 통신수와 데이터 전달을 위해 가용한 최소 대역폭 관점에서 성능을 분석하였다. 참고문헌 [10]에서 R. Mangharam et al은 무선 센서 네트워크에서 동작하는 Firefly라 불리는 실시간 음성 스트리밍 플랫폼을 소개하였다. Firefly는 특화된 저비용 하드웨어, 센서 네트워크 운영시스템, 실시간 링크 계층 및 네트워크 스케줄링을 포함하는 여러개의 통합된 계층으로 구성된다. 양방향 통신을 위해 저자들은 밸런스 된 양방향 지연을 가진 TDMA(Time Division Multiple Access) 기반 슬롯 스케줄링을 채택했는데, 오디오 시간성 요구사항을 만족하기 위해서다. 그들은 IEEE 802.15.4 PHY를 사용했지만 TDMA에 기반을 둔 수정된 MAC를 선택했다.

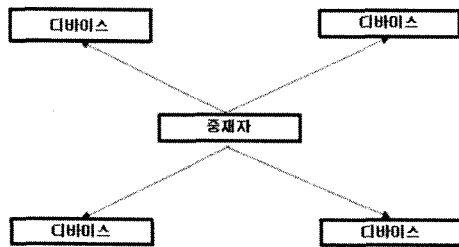
그러나 이와 같은 기존의 QoS 보장을 위한 실시간 통신방법은 해당 슈퍼프레임 내에서 공통 슬롯을 사용하여 같은 시간대에서 에러가 발생된 프레임은 재전송하기 때문에 에러가 발생한 것과 동일한 페이딩 환경을 송수신 데이터가 겪게 되어 재전송 데이터가 또 깨질 수 있다는 점, 그리고 네트워크 이용성의 저하 방지를 위해 디바이스 간 서비스의 종류가 달라야 한다는

점, 디바이스 간 자원사용의 공평성(Fairness)에 문제가 생긴다는 한계가 있다.

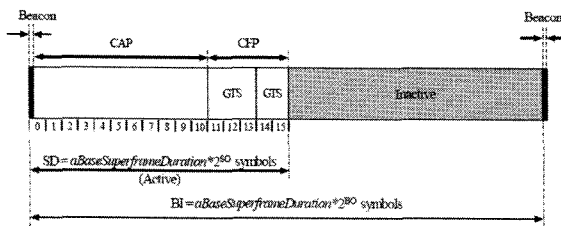
3. 음성 데이터 재전송 방안

3.1 시스템 모델

그림 1은 일반적인 무선 개인영역 네트워크의 구성을 나타낸 그림이다. 그림 1을 참조하면, 복수의 디바이스가 하나의 네트워크를 구성하며, 복수의 디바이스 중 어느 하나가 중재자로 선정된다. 중재자는 나머지 디바이스들 동기신호인 비컨을 브로드캐스트 하여, 무선 개인영역 네트워크에 접속된 디바이스를 동기화시킨다.



<그림 1> 무선 개인영역 네트워크의 구성



<그림 2> IEEE 802.15.4 슈퍼프레임 구조

그림 2는 IEEE 802.15.4 표준에 따른 무선 개인영역 네트워크 환경에서 무선통신에 사용되는 슈퍼프레임 구성을 도시한 것이다. IEEE 802.15.4 표준에 따른 무선 개인영역 네트워크에서는 선택적으로 슈퍼프레임 모드를 운용할 수 있으며, 슈퍼프레임에서는 중재자가 사전에 예정된 간격으로 비컨을 브로드캐스트 한다. 중재자와 주변 디바이스 간에 상호 전달되는 데이터는 지그비

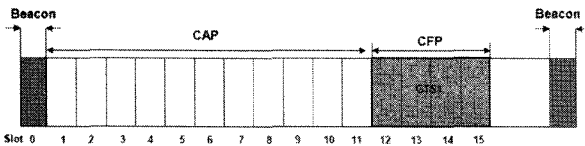
표준이 정의하는 슈퍼프레임 구조를 적용하게 된다. 이러한 데이터는 대기시간을 최소화하여 소모 전력을 낮추기 위하여 시간슬롯을 사용하는 GTS형의 슈퍼프레임을 적용하게 된다. 슈퍼프레임은 중재자에서 주변의 디바이스들로 전송되고, 비컨 프레임은 포함하여 16개의 시간슬롯으로 구성된다. 슈퍼프레임 중에 지정된 시간슬롯에서 교환되는 프레임들을 정보 프레임이라 하며, 중재자와 제어대상 디바이스들 간에 교환하는 정보 프레임의 종류에는 비컨 프레임, 데이터 프레임, 확인응답(ACK) 프레임, 명령어 프레임 등이 있다. 그림 2에서 슈퍼프레임의 최소 주기는 15.36ms 이며, 경쟁구간이라고 불리는 CAP에 대하여 규격에서는 최소 220바이트 이상의 기간을 유지해 주어야 하기 때문에, 최소 주기에서 하나의 시간슬롯을 30바이트의 길이로 하면 8개 슬롯을 할당해야 한다.

이에 따라 경쟁 없이 할당되는 전용 전송구간이라고 불리는 CFP에 최대 7개의 슬롯을 할당할 수 있다. GTS는 한 개 이상의 시간슬롯으로 구성된다. 지그비 표준에서 슈퍼프레임의 주기는 $15.36ms * 2n$ ($n=0,1,2,\dots$)으로 변경할 수 있지만, 슈퍼프레임의 주기를 길게 할 경우 음성 통화 시 지연 현상이 발생함을 고려하여 $n=0$ 인 15.36ms로 하였다 [11]. 음성신호는 CFP 구간에서 배정된 GTS를 통해 전송되며, 하나의 GTS는 3개의 시간슬롯으로 한다. 하나의 시간슬롯을 30바이트의 길이로 하면 하나의 GTS는 90바이트의 정보를 전송할 수 있다. 32Kbps로 코딩 되는 음성신호는 15.36ms 기간 동안에 약 62바이트의 데이터가 발생하게 된다. PHY와 MAC의 오버헤더 19바이트를 추가하면 81바이트가 되어, 90바이트인 하나의 GTS 기간 동안에 32Kbps의 음성 데이터를 송신할 수 있다. 따라서 ACK를 사용하지 않는다면 6개 슬롯을 사용하여 양방향으로 32Kbps 음성전송이 가능하다.

3.2 재전송 슈퍼프레임 구조

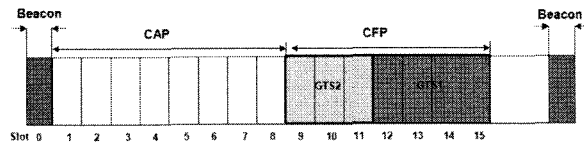
중재의 음성 서비스에서는 ACK를 보내지 않지만, 본 제안방식에서는 실시간 서비스의 재전

송을 위해 매 프레임 전송 후 ACK를 받도록 한다. 그 이유는 무선 개인영역 네트워크에서는 프레임 에러율이 통상적으로 10% 내외인 것으로 알려져 있어서 유선전화 통화 품질 수준을 만족하기 위한 음성 서비스 프레임 에러율이 2% 내외인 것을 감안하면 무선 개인영역 네트워크에서 ACK 없이 음성 서비스를 제공할 경우 서비스 품질을 보장할 수 없을 것으로 예상되기 때문이다. IEEE 802.15.4 규격에서는 ACK를 위해 추가 슬롯을 할당하면 32Kbps 음성 단방향(one-way)만 가능해지는데, 그 이유는 다음과 같다. IEEE 802.15.4의 슈퍼프레임 구조를 그대로 따르는 경우 앞서의 설명과 같이 32Kbps 음성 전송을 위해서는 81바이트 음성 데이터 프레임이 요구되며, ACK를 받기 위해서는 최소 17바이트가 추가로 요구되기 때문에 전체 98바이트로 이다. 따라서 ACK를 고려하면 4개 슬롯을 할당해야 하고, 양방향인 경우에 8개의 슬롯이 필요하게 되어, 양방향 전송이 불가능 해진다. 또한 여기에 에러 발생시 추가로 요구되는 재전송을 위한 슬롯들도 고려해야 한다.



<그림 3> 32Kbps 단방향 음성서비스(ACK 수신)

그림 3은 본 제안방식에 따른 IEEE 802.15.4에서 ACK를 제공하면서 32Kbps 단방향 음성 서비스를 위한 지그비 슈퍼프레임의 시간슬롯 구조의 일예이다. 그림 3에서 보듯이, 단방향 32Kbps 음성 서비스를 지원하기 위해서는 ACK를 고려하여 4개의 시간 슬롯인 GTS1을 할당하면 된다. 그림 4는 재전송을 위해 추가적으로 할당된 GTS 구조를 나타내고 있다. 그림 4에서 보듯이 단방향 32Kbps 음성 서비스에서 재전송을 제공하기 위해서 재전송용 GTS2가 필요하다.



<그림 4> 재전송용 GTS 추가할당

그림 4에서는 재전송용 GTS2를 위해서는 기 할당된 GTS1과는 달리 시간슬롯의 수를 3개로 해서 할당하게 된다. 그 이유는 재전송용 GTS에서는 ACK를 사용하지 않으며, 그리고 IEEE 802.15.4 규격을 만족하기 위해서는 GTS용 시간슬롯을 최대 7개까지 사용 가능하기 때문에 재전송용 GTS2에서 3개의 시간슬롯만 할당하게 된다.

본 제안방식에서는 예를 들어 GTS1 사용 중 데이터 프레임 에러가 발생하면, 현재 슈퍼프레임 바로 다음 슈퍼프레임에서 GTS2를 사용하여 재전송 데이터를 송신하게 된다. 앞서의 종래 기술에서 보았듯이, 종래 특허의 공통슬롯 사용은 해당 슈퍼프레임에서 같은 시간대에 연속해서 사용함으로써 스트리밍(streaming)성 데이터를 바로 재전송하면 지연에 취약하고, 또한 재전송 시간슬롯에서 동일 페이딩 환경을 데이터 프레임이 겪을 가능성이 높다. 이에 반해, 본 제안방식은 송신하는 데이터 프레임이 깨지면 현재의 슈퍼프레임이 아닌 그 다음 슈퍼프레임에 데이터를 전송하므로 시간적인 다이버시티(diversity)를 얻을 수 있어 채널 에러에 강하게 된다. 물론 이에 따라 15.36ms 정도의 시간 지연이 생기게 된다. 그러나 이 정도의 시간지연은 음성 서비스에서는 허용 가능한 수준이다. 그러나 MAC에서 이를 처리하기 위해서는 에러 발생 시 차상위 계층에서 재전송을 지시 받기는 처리하기에는 시간적으로 촉박하기 때문에, MAC 계층에서 데이터 전송 후에 프레임을 저장하고 있다가, 에러 발생시에는 MAC 계층에서 GTS 할당 후 재전송하는 것으로 처리해야만 가능해진다.

3.3 음성 데이터 프레임 처리 절차

본 제안방식에서의 무선 개인영역 네트워크에

는 비컨 활성화 모드에서 동작한다. 비컨을 발생하는 중재자 단말과 비컨을 수신하는 디바이스 단말로 구성되며, 중재자 단말과 디바이스 단말 간에는 실시간 음성 통신이 수행된다. 여기서는 중재자 단말(코디네이터 기능)과 하나의 디바이스 단말 간에 음성 통신이 이루어진다고 가정한다. 중재자 단말의 기능을 살펴보면 비컨 프레임에 각 단말에 할당되는 GTS 슬롯 정보를 실어서 송신한다. 또한, 할당된 GTS에서 데이터 프레임에 음성 데이터를 실어서 송수신 한다.

디바이스 단말의 처리 동작에 대해서 수신한 음성 데이터 프레임에 에러가 없는 경우와 수신한 음성 데이터 프레임에 에러가 있는 경우를 구분하여 설명한다.

먼저 수신한 음성 데이터 프레임에 에러가 없는 경우에 대해서 설명하면, 현재 슈퍼프레임 내의 GTS1 슬롯을 통해 데이터 프레임을 에러 없이 수신하면 ACK를 보내고, 이후에 바로 음성으로 디코딩하지 않고 메모리에 저장하고 다음 슈퍼프레임 동안 기다린다. 다음 슈퍼프레임의 GTS1을 통해 음성 데이터 프레임을 에러 없이 수신하면 ACK를 보내고, 메모리에 저장하며, 이후에 메모리에 기 저장된 바로 이전 수신한 프레임을 디코딩하여 스피커로 출력한다. 즉, 한 슈퍼프레임 동안 음성을 지연하여 출력하게 된다.

다음은 수신한 음성 데이터 프레임에 에러가 있는 경우의 처리 절차인데, 만일 현재 슈퍼프레임에서 할당 받은 GTS1을 통해 수신한 프레임에 에러가 발생하면, 메모리에 저장하지 않고 폐기하며, ACK를 통보하지 않는다. 그리고 이전의 슈퍼프레임에서 성공적으로 수신한 프레임을 메모리에서 읽어서 디코딩하여 스피커로 출력한다. 송신자는 ACK가 수신되지 않으면 재전송을 위한 GTS2를 다음 슈퍼프레임에서 추가로 할당 받는다. 즉 다음 슈퍼프레임에서는 디바이스 단말을 위해 기존의 GTS1 외에 재전송용 GTS2를 할당 받게 된다. 이 정보는 비컨 프레임에 할당된 슬롯 정보가 포함되어 송신된다. 다음 슈퍼프레임에서는 이전 슈퍼프레임에서 에러로 인해 못 받은 프레임을 재전송용 GTS2를 통해 수신하고, 음성 데이터용으로 기 할당된

GTS1을 통해 그 다음 음성 데이터 프레임을 수신하게 된다. 이 경우에, 재전송용 GTS2를 통해 수신한 음성 데이터 프레임은 메모리에 저장되지 않고 바로 디코딩하여 스피커로 출력되며, 기 할당된 GTS1을 통해 수신한 음성 데이터 프레임은 메모리에 저장되게 된다. 만약 재전송 GTS2를 사용하여 수신한 프레임에서도 에러가 발생되면 폐기하며, 이전에 성공적으로 수신한 프레임을 재사용하여 출력한다. 즉, 재전송 프레임에서의 에러 발생은 다시 재전송 하지 않는다.

4. 수치해석에 의한 성능 분석

4.1 성능분석 모델링

본 절에서는 제안방식에 대한 성능분석 모델을 수치적으로 제시하고, 성능분석 결과를 제시한다. 본 제안 방식의 성능 분석을 위한 주요 시스템 파라미터들 가정 값들은 아래와 같다. 슈퍼프레임의 CFP 구간에 사용되는 GTS들을 기준으로 시스템 파라미터들을 정의한다. 하나의 슈퍼프레임에서 사용 가능한 GTS의 총 개수를 N_{GTS} 하고 정의한다. 한쪽 방향(가령, 디바이스에서 중재자로 송신하는 경로)의 음성 통화 호에는 하나의 GTS가 할당되도록 GTS당 시간 슬롯들을 할당한다. 가령, 32Kbps의 음성통화를 위해서는 3개의 시간슬롯이 하나의 GTS에 할당된다. 이 때 동시 통화를 수행하는 디바이스들이 사용하는 GTS 개수를 N_{CC} 라고 정의한다. 그리고 통화 중인 디바이스가 전송하는 데이터 패킷이 손상될 경우에 재전송용으로 사용되는 GTS 수는 N_{RG} 라고 정의한다. 이 때 하나의 슈퍼프레임에서 사용 가능한 GTS의 총 개수 N_{GTS} 는 아래와 같다.

$$N_{GTS} = N_{CC} + N_{RG} \quad (1)$$

본 제안 방식의 성능 분석을 위해서는 데이터 패킷의 에러 관련 파라미터들이 필요하다. 먼저, 각 GTS에서 데이터 패킷을 전송하는 경우의

패킷 에러율을 P_g 라고 정의한다. 데이터 패킷의 에러율은 채널 환경에 따라 달라지고, 또한 데이터 패킷의 크기에 따라 달라지는데, 패킷 크기가 클수록 에러율은 선형적으로 증가하게 된다 [12]. 패킷 에러율이 어떤 분포를 따르는지에 대해서는 알려져 있지 않으나 에러가 랜덤하게 발생한다고 가정한다면, 가우시안 분포, 또는 이항 분포(binomial distribution)를 따른다고 볼 수 있다.

하나의 네트워크 내에 존재하는 복수의 디바이스들이 음성 패킷을 전송하는 경우, 디바이스들은 네트워크 내에 산재하기 때문에 디바이스들간 평균 패킷 에러율에 별 차이가 없을 것이다. 그러나 동일한 디바이스가 음성 패킷을 전송하다가 손상된 후에 바로 재전송 패킷을 보내는 경우에는 디바이스의 이동속도에 따라 패킷의 에러율이 달라질 수 있는데, 이동속도가 높은 경우에는 패킷 에러율이 이전 패킷의 전송 실패 여부에 별 영향을 받지 않겠지만 저속으로 이동하는 경우에는 재전송 시 또 다시 손상될 가능성이 높다고 볼 수 있다. 이를 인접 GTS간 상관도, C_g 라 정의하며, 지수분포를 따른다고 가정하면 아래의 식과 같이 표현할 수 있다.

$$C_g = e^{-mt} \quad (2)$$

여기서, m 은 상관도 인자를 의미하며, m 이 작을수록 GTS간 상관도가 높다고 할 수 있다. t 값은 음성 통화용으로 할당된 GTS와 재전송 GTS간의 간격을 의미하는데, 재전송 GTS가 바로 인접한 경우 t 는 1이 되고, 본 제안방식과 같이 다음 슈퍼프레임의 인접 슬롯인 경우 IEEE 802.15.4의 규격에 따라 재전송 GTS가 다음 슈퍼프레임의 할당된 GTS 바로 이전 GTS가 되므로 t 는 15가 된다. 이때, 재전송 GTS의 데이터 패킷의 평균 에러율, P_{gr} 은 아래의 식과 같이 정의 할 수 있다.

$$P_{gr} = C_g + (1 - C_g) * P_g \quad (3)$$

음성 데이터를 할당 받은 GTS로 전송하고 실패시 재전송 GTS로 전송하는 경우의 전송

성공확률은 상기의 식(2), (3)을 이용하여 구할 수 있는데, 음성 데이터 전송 대비 성공확률, T_s 는 아래의 식과 같이 정의될 수 있다.

$$\begin{aligned} T_s &= (1 - P_g) + (1 - P_{gr}) * P_g \\ &= 1 - P_{gr} * P_g \end{aligned} \quad (4)$$

상기 식(4)에서는 디바이스가 재전송시 재전송 GTS를 무조건 할당 받을 수 있다는 전제하에서 음성 데이터 전송 대비 성공확률을 의미하는 것이다.

참고문헌 [8], [13]에 나와 있는 WPAN 환경에서 음성 통신을 위한 기술들과의 비교를 위해 기존 기술에 대한 성능분석 파라미터를 정의한다. 참고문헌 [13]에서는 공통슬롯을 디바이스들간에 재전송용으로 나누어 쓰는 것을 가정하고 있는데, 이 경우의 음성 데이터 전송 대비 성공확률 T_s 는 제안방식과 동일하게 식 (4)으로 표현가능하나 식 (2)에 명시된 인접 GTS간 상관도, C_g 값이 상대적으로 높아 제안방식 보다 재전송 GTS의 데이터 패킷의 평균 에러율, P_{gr} 이 높아 음성 데이터 전송 대비 성공확률은 낮아지게 될 것이다.

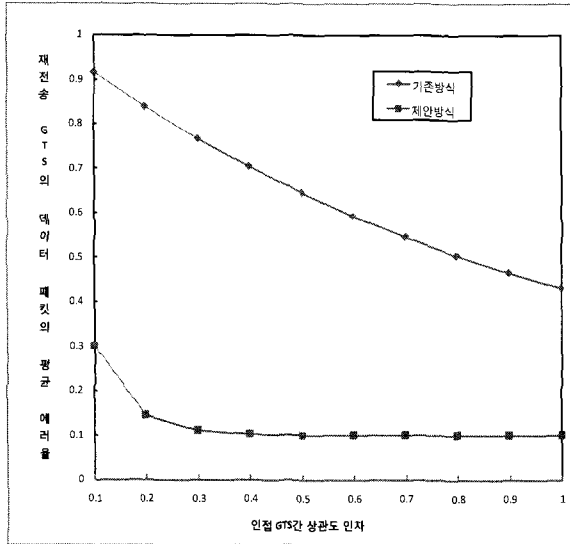
4.2 성능분석 결과

본 제안방식을 기존의 재전송을 위한 슬롯을 동일 슈퍼프레임에서 사용하는 경우와 비교하여 성능분석을 수행한다. 성능분석을 위해서 아래와 같이 시스템 파라미터 값들을 가정한다.

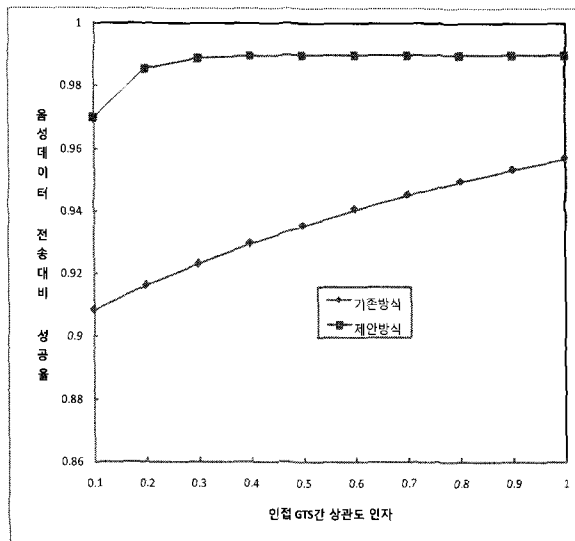
- 사용 가능한 GTS 총 개수, N_{GTS} : 2
- 음성 통화 호에 할당되는 GTS 개수, N_{CC} : 1
- 재전송용으로 할당되는 GTS 수, N_{RG} : 1
- 데이터 패킷의 평균 에러율, P_g : 10 %
- 인접 GTS간 상관도 인자 m : 0.5

그림 5는 인접 GTS간 상관도 인자의 변화에 따른 제안 방식과 동일 슈퍼프레임내의 재전송 슬롯을 사용하는 기존 방식의 재전송 GTS의 데이터 패킷의 평균 에러율을 도시한 것이다. 그림 5에서 보듯이 인접 GTS간 상관도 인자 값이 작을수록 제안방식이 기존방식에 비해 우

수함을 알 수 있다. 이는 상관도 인자 값이 작을수록 디바이스의 이동 속도가 낮아 인접 GTS간의 관련성이 커지게 되기 때문이다. 그러나 인자 값이 큰 경우, 즉, 인접 GTS간 상관도가 적은 경우에는 디바이스의 이동속도가 높다는 것을 의미하며, 제안방식과 기존방식과의 차이는 줄어드는 것을 알 수 있다.



<그림 5> 재전송 GTS의 데이터 패킷의 평균 에러율



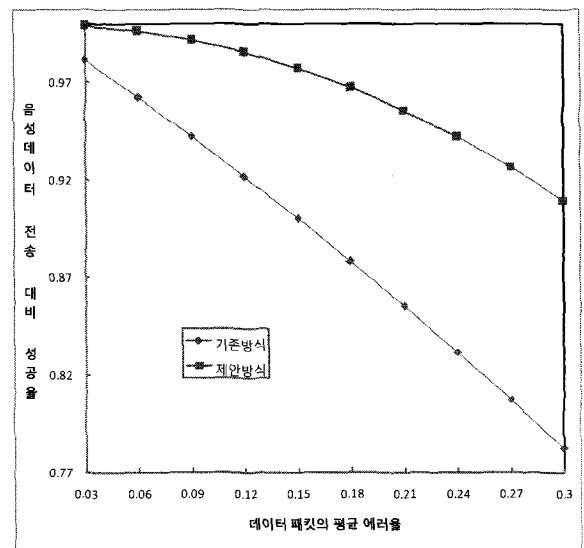
<그림 6> 음성 데이터 전송 대비 성공확률

그림 6은 인접 GTS간 상관도 인자의 변화에 따른 제안 방식과 기존 방식의 음성 데이터 전

송 대비 성공확률, T_s 를 도시한 것이다. 그림 6에서 보듯이 인접 GTS간 상관도 인자 값이 작을수록 제안방식이 기존방식에 비해 우수함을 알 수 있다. 그러나 인자 값이 큰 경우에 즉, 인접 GTS간 상관도가 적은 경우에는 제안방식과 기존방식2와의 차이는 줄어드는 것을 알 수 있다.

그림 7에서는 데이터 패킷의 평균 에러율 변화에 따른 제안 방식과 기존 방식의 음성 데이터 전송 대비 성공확률, T_s 를 도시한 것이다. 데이터 패킷의 평균 에러율이 증가할수록 음성 데이터 전송 대비 성공확률은 모든 방식에서 떨어지는 것을 알 수 있다. 그림 7에서 보듯이 데이터 패킷의 평균 에러율이 커질수록 제안방식이 기존 방식에 비해 보다 더 우수함을 알 수 있다. 그러나 데이터 패킷의 평균 에러율이 작은 경우에는 재전송의 필요성이 줄어들게 되어 제안방식과 기존방식와의 차이는 줄어드는 것을 알 수 있다.

만일 음성 데이터 전송 대비 성공확률을 90% 이내인 환경으로 제한한다면, 제안방식은 데이터 패킷의 평균 에러율이 30%일 때까지도 음성서비스에 대한 QoS 보장이 가능하지만, 기존방식의 경우에는 데이터 패킷의 평균 에러율이 14%일 때 까지만 가능하기 때문에, 저속 WPAN과 같은 열악한 채널 환경에서는 QoS를 보장해 주기 위해서 제안방식이 우수함을 알 수 있다.



<그림 7> 데이터 패킷의 평균 에러율 변화에 따른 음성 데이터 전송 대비 성공확률

5. 결 론

본 연구에서는 250Kbps 데이터 전송률의 비컨 활성화 LR-WPAN 네트워크에서 스트리밍 음성 데이터 전송 방법에 대해 연구를 수행하였다. 그러나 IEEE 802.15.4a에서는 데이터 전송률이 850Kbps까지 증가되기 때문에 음성과 같은 스트리밍성의 음성 데이터를 보다 용이하게 전송이 가능해진다. 본 제안방식의 성능분석결과, 데이터 전송시 손상된 데이터 패킷과 재전송 데이터 패킷간의 시간 간격이 있어서 사용되는 GTS간 상관도가 낮아지게 되어 재전송 GTS의 데이터 패킷의 평균 에러율 관점에서 제안방식이 기존 방식에 비해 우수하게 된다. 이에 따라 만일 음성 데이터 전송 대비 성공확률을 90%로 동일한 환경으로 제한한다면, 제안방식이 기존 방식에 비해 데이터 패킷의 평균 에러율이 2배인 경우까지도 지원이 가능하기 때문에, WPAN과 같은 열악한 채널 환경에서는 QoS를 보장해 주기 위해서 제안방식이 우수함을 알 수 있다. 또한 본 제안 방식을 사용하게 되면 목표로 하는 음성 데이터 전송 대비 성공확률 하에서 허용되는 데이터 패킷의 평균 에러율이 기존 방식에 비해 낮아서 QoS를 보장해 줄 수 있는 디바이스의 서비스 영역을 확대할 수 있게 되는 장점이 있다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Std 802.15.4, Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), 1 October 2003.
- [2] IEEE Std 802.15.4, Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), 8 September 2006.
- [3] S. C. Ergen. "ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary", 10 September 2004 (<http://www.eecs.berkeley.edu/~csinem/academic/publications/zigbee.pdf>).
- [4] P. Raronti, et al. "Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards", Computer Communications archive Volume 30 , Issue 7 , pp. 1655-1695, May 2007.
- [5] 서창수, 고영배, "트래픽 정보를 기반한 IEEE 802.15.4 Beacon-enabled WPAN의 성능 향상 기법," 제2회 RFID/USN 연구논문 공모 수상작, 2006.
- [6] K. Park, S. I. Lee and J. S. Lim, "Noble reduction of service access delay by modifying MAC frame structure of IEEE802.15 TG4 LR-WPAN", 8th International Conference on Cellular and Intelligent Communications (CIC2003) Proceeding, pp. 423, Oct 2003.
- [7] Y. Hwang, E. H. Kwon and J. S. Lim, "A Virtual Slot Multiple Access for IEEE 802.15.3 High-Rate Wireless Personal Area Networks", 64th IEEE VTC2006 Fall, Sep 2006.
- [8] 김지훈, 황광일, 엄두섭, "Voice communication using Extended Concept of GTS in IEEE 802.15.4", 한국통신학회 하계종합학술발표회, 2007.07.
- [9] Eustathia Ziouva and Theodore Antonakopoulos, "CBR Packetized Voice Transmission in IEEE802.11 Networks," iscc, p.0392, Sixth IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'01), 2001.
- [10] Rahul Mangharam, Anthony Rowe, Raj Rajkumar, and Ryohei Suzuki. "Voice over sensor network," IEEE Real-Time System Symposium, 2006.
- [11] Haritha Phalgun, "The effect of voice packet size on end-to end delay in 802.11b networks," University of Pittsburgh, April 2003.
- [12] Eun-Chang Choi, Jae-Doo Huh, Kwang-Sik Kim, and Moo-Ho Cho, "Frame-Size Adaptive MAC Protocol in High-Rate

Wireless Personal Area Networks ETRI
Journal, Volume 28, Number 5, pp.660-
663, October 2006.

[13] 무선 개인영역 네트워크에서 채널시간 할
당방법, 등록번호 10-0579525.



조 무 호 (Moo-Ho Cho)

- 종신회원
- 1980년 2월 : 경북대학교 전자
공학과 (공학사)
- 1989년 8월 : 청주대학교 전자
공학과 (공학석사)
- 1998년 2월 : 충북대학교 정보통신학과 (공학박사)
- 1983년 3월~2000년 2월 : 한국전자통신연구원
책임연구원
- 2000년 3월~현재 : 경주대학교 부교수
- 관심분야 : WPAN, WLAN, 트래픽모델링