

버스트 홈 네트워크 채널에서 SR-ARQ 기법을 적용한 전송 시스템의 Throughput 성능 분석

노재성* · 장태화**

*서일대학, ** (주)메티스 커뮤니케이션

Throughput Performance Analysis of Transmission System with SR-ARQ Scheme in Burst Home Network Channel

Jae-sung Roh* · Tae-hwa Chang**

*SEOIL College, **Metis Communication

E-mail : jsroh@seoil.ac.kr

요 약

본 논문에서는 버스트 홈 네트워크 채널에서 패킷 데이터 전송을 위한 SR-ARQ (Selective Repeat-Automatic Repeat Request) 기법의 처리율 성능을 분석한다. 홈 네트워크 전송에서는 데이터 전송에 의한 에러를 극복하기 위하여 강력한 에러 제어 기술이 필요하다. 기본적으로 ARQ와 FEC 기법이 주로 사용되며 ARQ 기법은 신뢰성있는 데이터 전송에서 주로 사용된다. 버스트 채널에서 SR-ARQ를 사용한 패킷 데이터 전송의 성능을 분석하고 처리율 분석을 위한 간단한 방식을 제시한다. 분석을 통하여 적은 크기의 패킷 데이터 전송은 버스트 홈 네트워크 채널에서 우수한 성능을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

This paper analyzes the throughput performance of a selective repeat (SR)/automatic repeat request (ARQ) scheme to transmit packet data in burst home network channel. To combat the high degree of error caused by transmission of home network data a robust error control scheme is a necessity. Basically, error control schemes can be divided in two categories: ARQ schemes and forward error correction (FEC) schemes. ARQ schemes are often used for reliable data transmission. The performance of packet transmission using SR-ARQ schemes for bursty channels is analyzed and simple analytical expressions of its throughput are presented. Theoretic analysis and numerical results indicate that a small number of packet sizes can get good performance in bursty home network channel.

키워드

Home Network, Burst Channel, SR-ARQ, Throughput, Packet Size

1. 서 론

최근 멀티미디어 스트리밍 서비스와 같은 고속의 전송을 필요로 하는 데이터 위주의 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 서비스는 QoS 보장과 동시에 고속전송을 요구한다. 또한 인터넷 서비스의 보급이 활발해 지면서 통신 네트워크에서 링크의 고속화는 더욱 절실하게 되었다. 따라서 기존의 시스템보다 고속전송의 요구사항을 만족하기 위한 많은 기술들이 개발되고 있

다 [1].

통신채널 환경에서는 패킷의 전송속도가 고속으로 빨라지고 또한 재전송 주기가 짧아질수록 버스트한 에러 패턴을 보이며 재전송 실패의 반복으로 누적되는 전송 지연이 발생하게 된다. 따라서 연속적으로 에러가 발생하는 구간에서는 계속해서 재전송을 시도하기 보다는 강제 지연을 선택하여 전송 지연을 줄일 수 있고 채널 상태에 따라 패킷 전송 방식을 적응적으로 조절할 수 있

는 전송방식이 요구되고 있다.

통신채널을 통해 매우 신뢰성있는 데이터 전송을 위해서는 음성 통신에서 성공적으로 사용된 오류 정정 부호 기법은 데이터 통신을 위한 서비스 품질 요구를 부합시키기에 적당하지 못한 부분을 갖는다. 하지만 자동 재전송 요구 기법은 NACK이 얻어질 때 오류 정정을 위해 동일한 여분의 비트를 반복적으로 전송함으로써 데이터 통신에서 강하게 요구되는 거의 에러가 없는 수신을 보증할 수 있다. 그러나 좋지 않은 채널조건에서는 큰 재전송 수를 사용하게 되고 따라서 시간 지연의 증가로 인해 많은 결점으로 작용한다 [2],[3].

본 논문에서는 패킷의 고속 전송 및 재전송 주기가 짧아짐에 따라서 발생할 수 있는 버스트한 전송채널 환경에서 SR-ARQ 기법을 적용한 홈 네트워크 전송 시스템의 처리율 성능을 분석하고자 한다.

용이 들지 않는 장점이 있으나, 유선 홈 네트워크 기술에 비하여 장치 가격이 고가이고 대역폭에 제한이 있다는 단점이 있다.

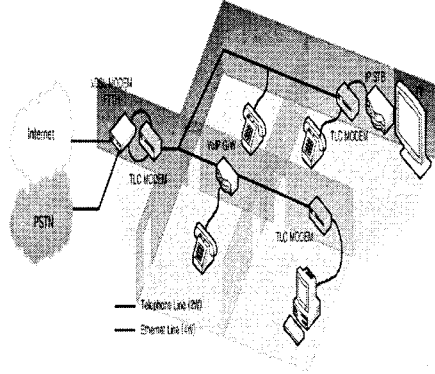


그림 1. 유선 홈 네트워크 전송 시스템 구성

II. 전송 시스템 모델 분석

2-1 홈 네트워크 전송 시스템

최근 개발되고 있는 가전제품은 인터넷이라는 용어를 사용하고 있으며 정보화 물결 속에 가전제품이 네트워크에 연결될 수밖에 없는 추세를 반영하고 있다. 이렇게 하나의 네트워크에 가전기기만이 아니라 통신기능 및 보안기능 등이 통합되는 것이 홈 네트워크(Home Network)이다. 홈 네트워크는 유/무선을 통합하는 네트워크 기술과 이를 기반으로 정보가전 기기와의 통합 및 하드웨어를 제어하고 관리할 수 있는 소프트웨어를 포함하고 있다. 우리나라에서는 발달된 인터넷 기반시설을 바탕으로 하여 앞으로 이 분야는 더욱 더 활성화 될 전망이며 구축기술은 크게 유선 홈 네트워크 기술과 무선 홈 네트워크 기술로 구분할 수 있다 [1].

유선 홈 네트워크 기술은택내에 이미 설치되어 있는 인터넷 통신 및 PC와 주변기기를 포함한 인터넷 정보가전을 수용할 수 있고 홈 네트워크의 배선매체로 기존의 전화선을 활용하여 10Mbps급 통신을 제공하는 HomePNA 기술과 전력선을 활용하는 PLC(Power Line Communication) 기술이 있다. 신규배선이 요구되는 기술로서는 UTP, STP, FTP 케이블이나 다중 모드 광케이블을 설치하여 고속데이터 통신망 구축이 용이한 이더넷 LAN 기술과 Audio/Visual 데이터 송수신에 적합한 IEEE1394 기술 등이 있다. 그림 1은 유선 기반의 홈 네트워크 전송 시스템 구성의 예를 나타내고 있다.

무선 홈 네트워크 기술은 2.4 GHz ISM 주파수 대역을 사용하는 무선 LAN, HomeRF, Bluetooth 기술 등이 있다. 무선 홈 네트워크 기술은 복잡한 배선의 제약에서 벗어나 설치와 운용이 자유롭고 별도의 배선비용이나 배선을 위한 건물내 배관비

2-2 버스트 잡음 채널

홈 네트워크를 구축하는 과정에서 발생할 수 있는 잡음중에는 빠른 반복과 높은 진폭의 특성을 가지는 잡음이 발생하는데 이를 버스트 잡음이라고 한다. 일반적으로 통신시스템에서 수신기의 입력은 다음과 같다.

$$r(t) = s_i(t) + n_t(t) \quad (1)$$

여기서 $s_i(t)$ 는 수신기에 입력되는 신호 성분이고 $n_t(t)$ 은 전체잡음 성분으로 다음과 같이 정의한다.

$$n_t(t) = n_{gauss}(t) + n_{burst}(t) \quad (2)$$

여기서 $n_{gauss}(t)$ 는 가우스 잡음 성분이고 $n_{burst}(t)$ 는 버스트 잡음 성분이다. 본 연구에서는 전체잡음 $n_t(t)$ 를 가우스 잡음과 버스트 잡음 성분의 조합으로 표현한다.

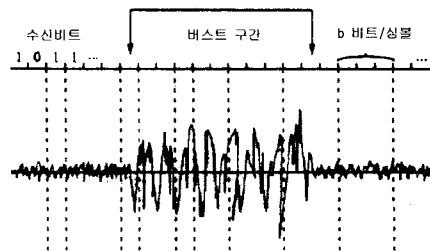


그림 2. 수신기의 잡음 발생

일반적으로 잡음채널에서 BPSK 신호의 오율식은 다음과 같다 [4].

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N}}\right) \quad (3)$$

여기서 N 은 단축 잡음 PSD(power spectral density)이며 $Q(x)$ 는 다음과 같다.

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\lambda^2/2} d\lambda \quad (4)$$

본 연구에서는 전체잡음을 가우스 잡음과 버스트 잡음 성분의 조합으로 가정하였으므로 가우스 잡음과 버스트 잡음 환경에서 BPSK 신호의 조건부 비트오율 $P(\epsilon|\xi_{gauss})$ 와 $P(\epsilon|\xi_{burst})$ 는 다음과 같다 [5].

$$P(\epsilon|\xi_{gauss}) = Q\left[\frac{2}{(1-\Psi)}\left(\frac{E_b}{N_t}\right)\right] \quad (5)$$

$$P(\epsilon|\xi_{burst}) = Q\left[\frac{2}{1-\Psi+\Psi/\nu d}\left(\frac{E_b}{N_t}\right)\right] \quad (6)$$

여기서 ν 와 d 는 평균 버스트율, 버스트 구간을 의미하며 버스트 잡음의 양 Ψ 은 다음과 같이 정의한다.

$$\Psi = \frac{S_{burst}(f)}{S_{gauss}(f) + S_{burst}(f)} \quad (7)$$

여기서 $S_{gauss}(f)$ 및 $S_{burst}(f)$ 는 가우스 및 버스트 잡음의 전력 스펙트럼 밀도를 의미한다.

수신기에서 디코딩 이후의 BPSK 신호의 비트 오율은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_b &\approx P(\epsilon|\xi_{gauss})P(\xi_{gauss}) + P(\epsilon|\xi_{burst})P(\xi_{burst}) \\ &\approx P(\epsilon|\xi_{gauss})(1-\nu d) + P(\epsilon|\xi_{burst})\nu d \end{aligned} \quad (8)$$

2-3 SR-ARQ 기법

네트워크에서는 데이터에 대한 신뢰도 향상을 위해 일반적으로 에러제어와 ARQ기법이 사용되는데 이 방법들은 에러비트의 발생 특성에 따라 성능이 다르게 나타난다. 따라서 에러제어 성능의 효율성을 높이기 위해서는 상황변화에서 나타나는 비트에러 패턴을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. FEC와 ARQ의 적용은 에러패턴의 종류에 따라 효율이 달라지기 때문에 상황에 맞는 적절한 방법을 선택하여야 높은 성능을 유지할 수 있다.

ARQ 프로토콜에서는 ACK/NACK기반의 재전송 기법이 사용된다. 여기서 수신된 프레임이 에러가 없다면 ACK이 송신기로 전송되고, 데이터 프레임에서 오류가 발견된다면 NACK에 의해 재전송이 요구된다. ARQ 프로토콜이 적용될 때, 재전송된 패킷은 통신시스템에서 간섭을 증가시킬 수 있으며 TDMA 시스템에서 다른 사용자의 기회를 빼앗을 수 있다. ARQ와 FEC기법들의 결합은 공동 사용을 통해 극복될 수 있으며 이를 Hybrid-ARQ (H-ARQ) 프로토콜이라고 한다. H-ARQ는 ARQ 기법을 물리 계층의 채널 코딩과 결합한 기술로 전송 채널의 동작 SIR (Signal-to-Interference Ratio)을 낮출 수 있는 장점을 가지고 있다.

전송시스템의 처리율 성능은 단위 시간동안에 수신기에서 성공적으로 얻어진 정보비트의 평균

개수로 정의되며 다음 식은 SR(selective repeat)-ARQ 방식을 적용한 처리율 성능을 나타내고 있다.

$$\eta_{SR} = b \cdot P_C \cdot \left(\frac{k}{k+h}\right) \quad (9)$$

여기서 k 는 정보비트의 수, h 는 패킷구조에서 헤더비트의 수, b 는 심볼 당 전송 비트의 수, P_C 는 $n = k + h$ 로 구성되는 수신패킷의 성공확률이며 다음과 같이 P_b 를 이용하여 얻어진다.

$$P_C = (1 - P_b)^{k+h} \quad (10)$$

III. 성능 분석

높은 수용 용량과 수용 가능한 서비스 품질을 달성하기 위해 전송채널의 분석 및 신호 손실의 영향 분석은 반드시 필요하다. 따라서 높은 수용 용량과 수용 가능한 서비스의 품질을 달성하기 위해 고속패킷 전송시 ARQ를 적용하여 성능을 향상할 수 있다. ARQ 기법은 수신 패킷에 오류가 발생하는 경우 재전송을 요청하여 이를 수정하는 기법으로 네트워크 프로토콜의 2계층인 데이터 링크 계층에서 널리 사용되는 기법이다. 본 논문에서 버스트 잡음이 존재하는 채널에서 높은 신뢰성을 가지는 데이터 전송에 SR-ARQ 기법을 적용하여 처리율 성능을 분석한다. 본 논문에서는 버스트 채널에서 패킷전송 시스템 모델을 가정하며 피드백 채널에 에러가 없는 Selective Repeat ARQ 프로토콜을 고려한다. 결과 그림에서는 버스트 채널에서 SR-ARQ 기법을 적용한 시스템의 오율 성능 및 처리율 성능을 나타낸다. 그림 3에서는 $h = 16, k = 100, \nu d = 0.1$ 인 경우에 Ψ 에 따른 오율 성능을 나타낸다. 버스트 잡음의 양 Ψ 가 증가함에 따라 오율 성능은 저하됨을 알 수 있다. 그림 4에서는 $h = 16, \Psi = 4/5, \nu d = 0.1$ 인 경우에 k 에 따른 처리율 성능을 나타낸다. 낮은 신호전력 대 잡음전력비에서는 패킷구조에서 헤더비트의 수 k 가 작을수록 높은 처리율 성능을 나타내고 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

최근 멀티미디어 스트리밍 서비스와 같은 고속의 전송을 필요로 하는 데이터 위주의 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 서비스는 QoS 보장과 동시에 고속전송을 요구하고 있다. ARQ 기법은 수신 패킷에 오류가 발생하는 경우 재전송을 요청하여 이를 수정하는 기법으로 네트워크 프로토콜의 2계층인 데이터 링크 계층에서 널리 사용되는 기법이다. 본 논문에서 버스트 잡음이 존재하는 채널에서 높은 신뢰성을 가지는 패킷 데이터 전송에 SR-ARQ 기법을 적용하여 처

리울 성능을 분석하였다. 버스트 잡음의 양이 증가함에 따라 오율 성능은 저하하고 낮은 신호전력 대 잡음전력비에서는 헤더비트의 수가 작을수록 높은 처리율 성능을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부에서 시행한 2008년도 표준개발지원사업의 지원에 의한 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] W. Y. Chen, *Home Networking Basis*, Prentice Hall, 2003.
- [2] S. Lin, D.J. Costello, and M.J. Miller, "Automatic repeat-request error control schemes," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 22, No. 12, pp. 5-17, Dec.1984.
- [3] W. Junli, T. Yong, Y. Changchuan and Y. Guangxin, "Generalized analysis on performance of SR-ARQ schemes with adaptive modulation systems in Nakagami fading channels," in *Proceedings of PIMRC 2003*, Vol.1, pp. 153-156, 2003.
- [4] J.G. Proakis, *Digital Communications*, Third Edition, McGraw-Hill. 1995.
- [5] S. Lin, D.J. Costello, and M.J. Miller, "The performance of Reed-Solomon codes on a bursty-noise channel," *IEEE Trans., on Comm.*, Vol. 43, No. 2/3/4, pp. 298-306, Feb./March/April 1995.

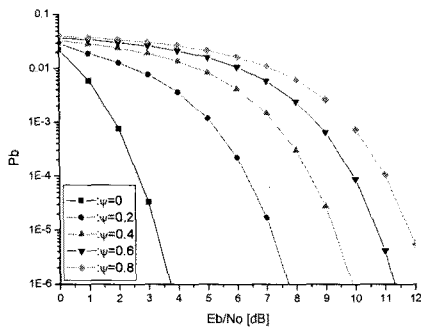


그림 3. $h = 16$, $k = 100$, $vd = 0.1$ 인 경우에 ψ 에 따른 오율 성능.

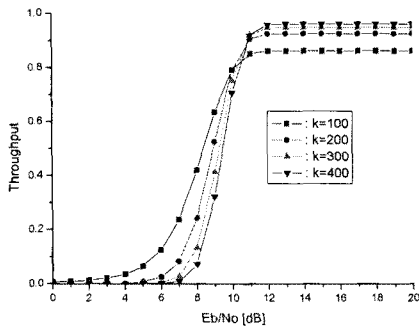


그림 4. $h = 16$, $\Psi = 4/5$, $vd = 0.1$ 인 경우에 k 에 따른 처리율 성능.