

論文95-32A-2-2

무선 데이터 통신 시스템에서 적응패킷길이할당방식을 이용한 흐름제어 기능 개선

(Flow Control Throughput Performance Improvement of Adaptive Packet Length Allocation Scheme in Wireless Data Communication System)

鄭 棋 嘯 *, 朴 鍾 英 *, 琴 洪 植 *, 李 相 坤 *, 柳 興 均 *

(Ki Ho Jeoung, Jong-Young Park, Hong-Sik Keum, Sang-Gon Lee,
Heung-Gyoon Ryu)

요 약

무선 데이터 통신 시스템에서 ARQ(Automatic Repeat Request) 프로토콜의 에러 검출은 매우 중요하다. 무선 패킷 데이터 통신에서 채널의 상태는 시간과 전파경로에 따라 변화하므로, 채널의 상태에 따라 적응적으로 패킷의 길이를 가변하면 시스템의 효율을 개선시킬 수 있다. 본 논문에서는 간단하고 새로운 적응 패킷 길이 할당 방식을 제안하였다. 시뮬레이션 결과 이 방식을 적용 시스템의 효율이 고정 패킷 길이 할당 방식의 효율보다 정지-대기(stop-and-wait) 프로토콜일 때 평균 315.4%, 연속적 재전송(go-back-N) 프로토콜일 때 평균 41.4%, 그리고 선택적 재전송(selective-repeat) 프로토콜일 때 155.9% 향상됨을 보였다. 그리고 시뮬레이션 결과가 이론적 최적값에 근사됨을 확인하였다.

Abstract

Error detection in ARQ(Automatic Repeat Request) protocols is very important in wireless data communication systems. The throughput efficiency of ARQ protocols can be improved by dynamically adapting the protocol packet length so that it approaches the optimum value for throughput efficiency. In this paper, a simple and novel adaptive packet length allocation method is proposed which transmits the packets with variable length by dynamically estimating the channel condition. The simulation results show that the average of throughput is improved by 315.4% in the stop-and-wait protocol, 41.4% in the go-back-N protocol and 155.9% in the selective repeat protocol respectively. And the throughput performances of adaptive packet length allocation method approximately approach the theoretically optimal throughput performances.

* 正會員, 忠北大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., CHUNGBUK Nat'l Univ.)
接受日字 : 1993年 12月 8日

※ 이 연구는 1994년도 한국 통신 연구 개발단 장기
기초 연구 사업의 지원 결과임.

I. 서론

무선 데이터 통신에서 매우 중요한 문제는 신뢰성 높은 데이터의 전송과 효율적인 시스템 운영이다. 무선 전송 채널 상에는 유선 전송 채널에서보다 페이딩, 전파 경로 손실, 셰이드 등에 의하여 데이터가 전송 중에 손실되거나 유선 전송 채널에서보다 많은 잡음의 영향으로 인해 에러가 발생한다. 그러므로 데이터 링크층(data link layer)에서 에러를 검출하여 올바른 데이터를 사용자에게 전달하게 하는 ARQ(automatic repeat request) 프로토콜의 이용이 매우 중요시 되고 있다.

패킷의 구성은 동기필드, 주소필드, 제어필드, 에러 검출필드등 헤더부분과 정보필드로 구성되어 있는데 헤더는 표준화되어 있고 정보필드의 길이는 시스템의 구성에 따라 정해진다^[11]. 그런데 패킷의 길이가 길면 페이딩의 영향을 많이 받아 에러가 발생하기 쉽고 짧으면 실 정보 전송률이 저하되어 처리율(throughput)이 저하된다^[12].

일본 오사카 대학의 S. Hara, N. Morinaga 교수와 A. Ogino, M. Okada 박사는 8바이트의 오버헤드(overhead) 정보를 갖는 정지-대기(stop-and-wait) 프로토콜에서 적응 할당 방식을 발표하였다^[3]. 그러나 본 논문에서는 N. Morinaga 교수 등의 연구 결과가 정지-대기 프로토콜에 제한적인 것을 일반화시켜 정지-대기 프로토콜, 연속적 재전송 프로토콜, 선택적 재전송 프로토콜에 확장하여 채널의 환경에 동적으로 적응하여 패킷 길이를 가변함으로써 패킷의 에러 발생을 감소시켜 처리율을 향상시키는 적응 패킷 길이 할당 방식을 제안하였다. 그리고, SAM(Service Area Measurement) 장비로 순시 측정한 전체 강도 데이터를 이용하여 각각의 ARQ 프로토콜에서 고정 패킷 길이 할당 방식과 적응 패킷 길이 할당 방식을 비교분석하여 처리성능비를 증대시키는 방안을 연구하였다.

II. 최적 패킷 길이 선정

1. 데이터 링크 층

데이터 링크 층에서 에러 제어를 위한 ARQ 프로토콜에는 정지-대기(stop-and-wait: SW) 프로토콜, 연속적 재전송(go-back-N: GBN) 프로토콜, 그리고 선택적 재전송(selective reapaet: SR) 프로토콜이 있다^[4].

ARQ 시스템의 처리율은 시간당 보내질 수 있는 전체 패킷 수에 대하여 에러없이 성공적으로 수신되는 패킷 수의 비로써 정의된다. 에러없이 올바른 패킷이

수신될 확률을 식 (1)과 같고, 수신한 패킷에 에러가 있을 확률은 식 (2)와 같다.

$$P_c = (1 - P_b)^n \tag{1}$$

$$P_b = 1 - P_c = 1 - (1 - P_b)^n. \tag{2}$$

여기서, P_b 는 비트 에러 확률이고, 패킷의 전체 비트 수는 n , 정보 필드의 비트 수가 k 인 패킷을 가정하였다.

본 논문에서는 계산을 단순히 하기 위해, 정방향 채널은 비트 에러 확률 P_b 인 랜덤 에러 채널이며, 역방향 채널은 잡음이 존재하지 않는다고 가정하였다. 각 ARQ 프로토콜의 처리율은 식 (3) ~ (5)와 같다^[4].

$$\eta_{SW} = \frac{P_c (k/n)}{1 + \lambda \delta / n} \tag{3}$$

$$\eta_{GBN} = \frac{P_c (k/n)}{P_c + (1 - P_c)N} \tag{4}$$

$$\eta_{SR} = P_c \cdot \left(\frac{k}{n}\right) \tag{5}$$

여기서, λ 는 신호 처리 지연 시간, δ 는 채널 전송률, 그리고 N 은 연속적 재전송 프로토콜에서 패킷에 에러가 발생했을 때 재전송되는 패킷 수이다.

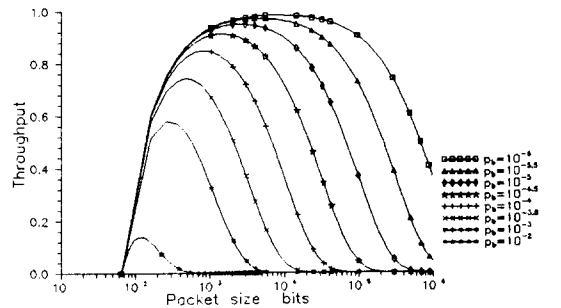


그림 1. 선택적 재전송 프로토콜에서 패킷길이에 따른 처리율

Fig. 1. Throughput as a function of the packet size in SR protocol.

각 ARQ 프로토콜에서 비트에러확률 $P_b = 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-3.5}, 10^{-4}, 10^{-4.5}, 10^{-5}, 10^{-5.5}, 10^{-6}$ 일때 길이 패킷 길이 (n 비트)에 대한 처리율을 계산하였다. 이 처리율은 패킷길이에 대해 정보 비트 수 k 로 구하고, 그 값이 영이 될 때까지 계속 수행했다. 동일한 비트 에러 확률에서, 패킷 길이가 길어지면 어느 정도 성능의 향상을 보이다가 비트 에러 확률이 높아지면 처리율은 짧은 길이의 패킷보다 열화되었다. 이것을 시뮬레이션을 통

해 알 수 있었고 그 결과를 그림 1에 나타내었다. 그 결과를 통하여 각 비트 에러 확률 구간에서 최고의 처리율을 보이는 패킷 길이가 존재함을 알 수 있다. 이를 표1에 정리하였다. 여기서, 정지-대기 프로토콜은 개인 휴대 통신(Personal Communication Network: PCN) 채널 환경을 고려하여 신호 처리 지연시간은 10ms, 채널 전송율은 32kbps로 하였고¹⁵⁾, 연속적 재전송 프로토콜은 재전송 수 N = 7로 가정하였다.

표 1. 8가지 비트에러확률 구간에서 최적패킷길이

Table 1. Optimum packet length in eight intervals.

패킷길이 (Bit)	ARQ 방식		
	정지-대기 프로토콜	연속적 재전송 프로토콜	선택적 재전송 프로토콜
10-2	144	112	112
10-3	528	128	264
10-3.5	992	144	464
10-4	1840	192	864
10-4.5	3360	256	1464
10-5	5680	400	2568
10-5.5	11296	672	4568
10-6	19720	1136	8488

2. 최적 처리율

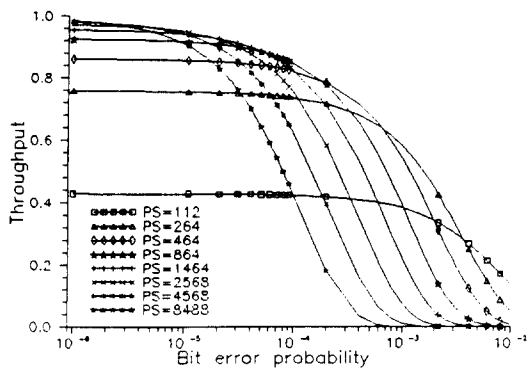


그림 2. 선택적 재전송 프로토콜에서 비트에러확률에 따른 처리율

Fig. 2. Throughput as a function of the BER in SR protocol.

표 1은 시뮬레이션을 통하여 얻어진 결과를 채널의

상태 변화에 따라 최적의 처리율을 보이는 패킷 길이가 존재함을 알 수 있다. 그러므로 어떤 비트에러 확률 구간에서 최고의 성능비를 갖는 패킷길이를 패킷이 전송되는 당시의 채널 상태에 대응하는 최적의 패킷길이를 선택하면 최적의 시스템 처리율을 얻을 수 있다. 표 1의 8가지 패킷길이에 대한 처리성능비는 그림 2와 같다. 그림 2의 각 성능비 교차점을 이으면 8가지 비트 에러 확률구간에서 이상적인 최적 처리율 곡선을 얻을 수 있다. 그림 2에서 Max값 1은 전송된 모든 패킷이 에러 없이 전송되었을 때의 값이다. 각 ARQ 방식에서 이상적인 처리율 곡선은 그림 3과 같다.

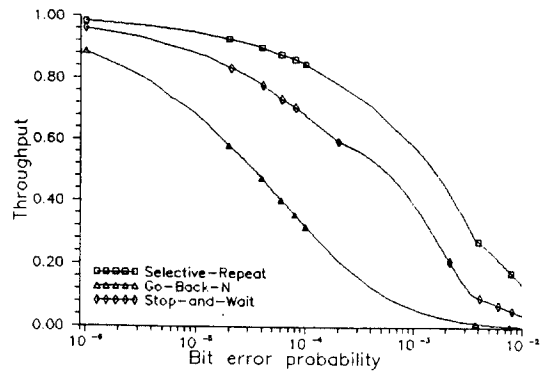


그림 3. 8구간의 최적율

Fig. 3. Optimum throughput curve with eight bit error probability intervals.

Ⅲ . 적응 패킷 길이 할당

1. 시험 경로

SAM 장비로 순시 측정된 신호의 전계 강도 데이터를 ARQ 프로토콜에서 적응 패킷 길이 할당 방식과 고정 패킷 길이 할당 방식의 처리율을 비교하는 시뮬레이션 채널 환경에 이용하였다. 시뮬레이션에 사용한 측정 경로는 그림 4와 같다. 그림 4에서 측정경로의 시작점은 제일 하단부 점 미평균(-100dB)이고, 측정된 청주시내 일부지점에서의 전계강도 데이터를 표2에 나타내었다. 측정된 전계 강도를 그 지점에서의 채널 환경으로 보고 비트 에러 확률로 변환시키기 위하여 통신 시스템을 레일리 페이딩 환경하에서의 PSK(phase shift keying) 변조 방식으로 가정하였다. 이 경우의 비트 에러 확률은 식 (6)과 같다.

$$d_b = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{\frac{\Gamma}{\Gamma+1}} \right] \tag{6}$$

여기서, Γ 는 신호대 잡음비이다. 신호대 잡음비의 전

력 스펙트럼은 식 (7)과 같다.

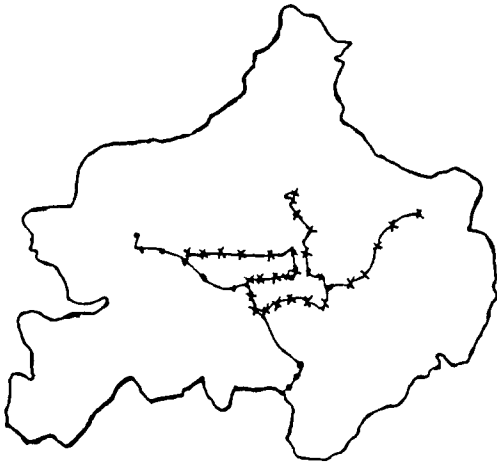


그림 4. 측정 경로
Fig. 4. Measured point.

표 2. 전계강도
Table 2. Electric field strength.

경로	전계강도 (-dBm)	경로	전계강도 (-dBm)	경로	전계강도 (-dBm)
미평교	100	3공단 사거리	86	모충국교 입구	80
청주교도소 입구	96	청주관광호 입구	82	육거리	80
청주교육위원회	92	서원경주유소	84	새청주약국	78
충북대 병원 사거리	86	홍덕국민학교	79	용담파출소	82
충북대 후문	84	홍덕대학교사거리	81	청주어린이회관	105
사창동 사거리	79	원예농협	77	약수터	196
청주교교	82	청주시외버스정류장	79	진로배화점	84
충북대 정문	84	사직동 사거리	79	상당공원육교	74
환경관리공단	85	보안대 입구	82	새동네	80
서청주 I.C.	87	효자문	82	충북상교	82

$$NS = \frac{N_0}{2} BW \quad (7)$$

$$N_0 = kT$$

$$k = 1.37 \times 10^{-23} W^{\circ}K$$

$$T = 290^{\circ}K$$

여기서 N_0 는 잡음의 전력 스펙트럼 밀도, BW는 대역폭으로 20MHz로 가정하였다.

표 2의 실제 경로에 따른 160개 지점에서 비트 에러 확률 분포는 그림 5와 같다. 여기서 x축의 의미는 측정지점의 갯수를 의미한다. 채널의 비트 에러 확률 분포가 10^{-3} 에서 10^{-4} 사이임을 알 수 있다.

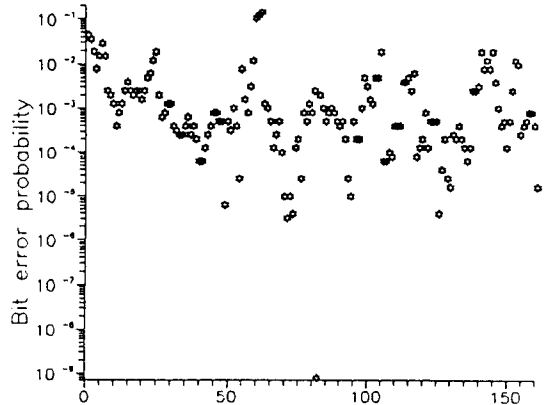


그림 5. 실제 경로에서 비트 에러 확률 분포
Fig. 5. Bit error probability in real path.

2. 적응 패킷 길이 할당 방식의 시뮬레이션 알고리즘 비트의 에러 발생 여부는 최대 길이 시퀀스 발생기 (Maximum length sequence generator)^[6]에서 생성한 랜덤 수와 채널 비트 에러 확률에 의한 식 (8)의 임계치와 비교하여 랜덤 수가 임계치보다 크면 해당 비트는 에러가 발생한 것으로 간주하고, 한 패킷에서 한 개 이상의 에러가 발생하면 패킷 에러가 발생한 것으로 하였다.

$$Threshold\ number = (1 - P_{channel}) \cdot (2^n - 1). \quad (8)$$

세가지 ARQ 프로토콜에 대하여 실제 경로에 따른 처리율을 구하기 위한 적응 패킷 길이 할당 방식을 이용하여 패킷길이부터 전송하기 시작하여 패킷의 에러율에 따라 패킷을 일정하게 가감시킴으로써 최적의 패킷길이를 전송하는 시스템에 대한 알고리즘의 처리 알고리즘은 그림 6과 같다.

IV. 성능 분석 및 결과

실제 경로의 채널 환경에 따른 각 ARQ 프로토콜의 처리율은 그림 7 ~ 9와 같다. 이는 시뮬레이션을 통하여 비트에러확률이 10^{-3.5}일 때 각 방식에서 최적패킷길이를 전송하는 고정패킷길이 할당방식과 적응패킷길

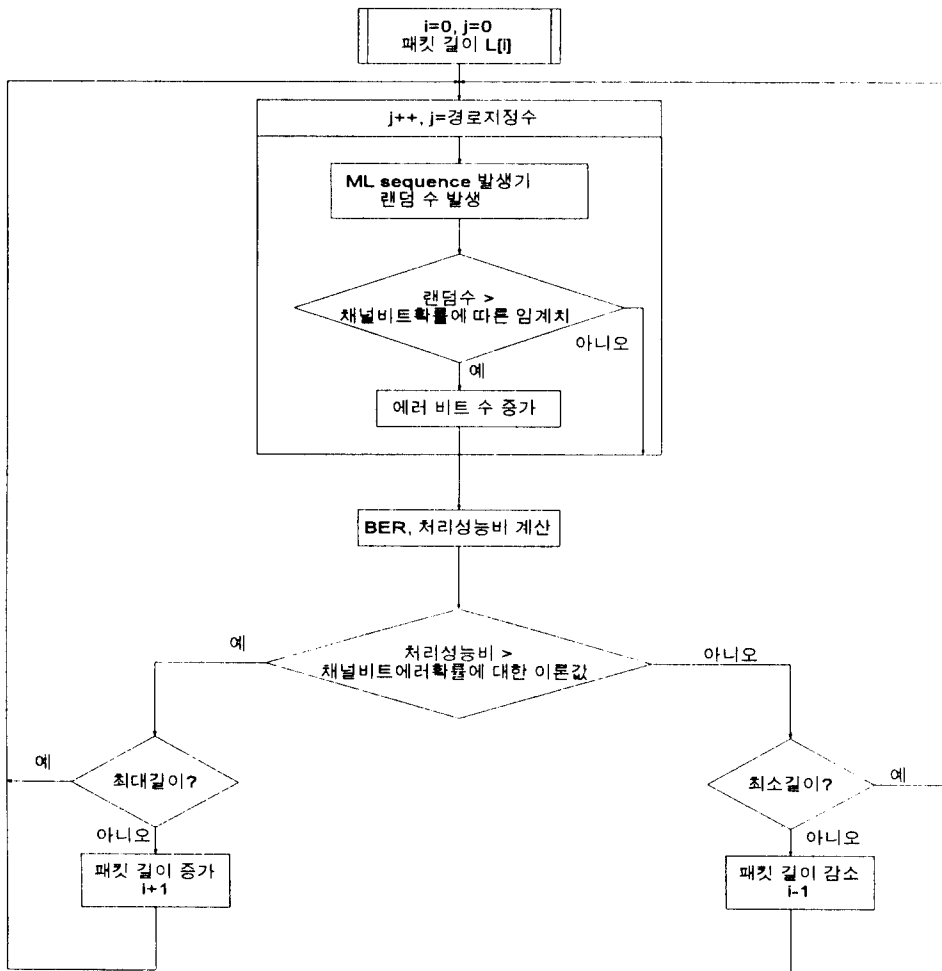


그림 6. 적응 패킷 길이 할당 방식의 시뮬레이션 알고리즘
Fig. 6. Process algorithm of adaptive packet length allocation scheme.

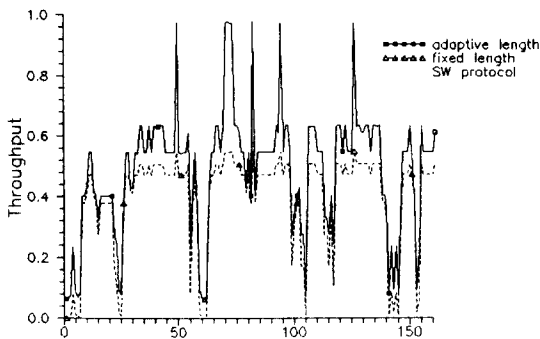


그림 7. 정지-대기 프로토콜에서 실제경로에 따른 처리율
Fig. 7. Throughput of stop-and-wait protocol in the real path.

이할당방식의 처리율 결과를 그림 4의 측정경로에 따라 나타내었다.

이상에서 정지-대기 프로토콜은 데이터 전송률 32kbps, 지연 시간은 10ms인 PCN 시스템을 가정하였다. 연속적 재전송 프로토콜은 재전송 패킷 수 N=7 일 때를 가정하여 고정 패킷 길이 방식과 적응 패킷 길이 할당 방식의 처리율을 시뮬레이션하였다.

이 시뮬레이션한 결과를 각 ARQ 방식에서 평균 처리율로 나타내면 표 3과 같다.

고정 패킷 길이 할당 방식보다 적응 패킷 길이 할당 방식의 평균 처리율이 정지-대기 프로토콜에서는 315.4%, 연속적 재전송 프로토콜에서는 41.4%, 그리고 선택적 재전송 프로토콜에서는 155.9%의 개선이 있음을 알 수 있다. 또 선택적 재전송 프로토콜이 적

응 패킷 길이 할당 방식의 처리율에서 정지-대기 프로토콜보다는 36.7%, 연속적 재전송 방법보다는 252.6% 우수함을 알 수 있다.

표 3. 적응패킷길이 할당방식과 고정패킷길이방식의 평균 처리율

Table 3. The mean throughput of adptive packet length allocation method.

ARQ 방식	정지-대기 프로토콜			연속적 재전송 프로토콜			선택적 재전송 프로토콜		
	패킷 길이	평균 처리율	개선율 (%)	패킷 길이	평균 처리율	개선율 (%)	패킷 길이	평균 처리율	개선율 (%)
적응패킷 길이 할당 방식		0.49			0.19			0.67	
고정 패킷 길이 할당 방식	114	0.15	226.7	112	0.15	26.7	112	0.37	81.1
	528	0.39	25.6	128	0.16	18.8	264	0.60	11.7
	992	0.43	14.0	144	0.17	11.8	464	0.62	8.1
	1840	0.38	29.0	192	0.17	11.8	864	0.58	15.5
	3360	0.22	122.7	256	0.16	15.8	1464	0.49	36.7
	5680	0.11	345.5	400	0.14	35.7	2568	0.33	103.0
	11296	0.05	880.0	672	0.11	72.7	4568	0.15	346.7
	112720	0.05	880.0	1136	0.08	137.5	8488	0.09	644.4
평균 개선율		315.4			41.4			155.9	

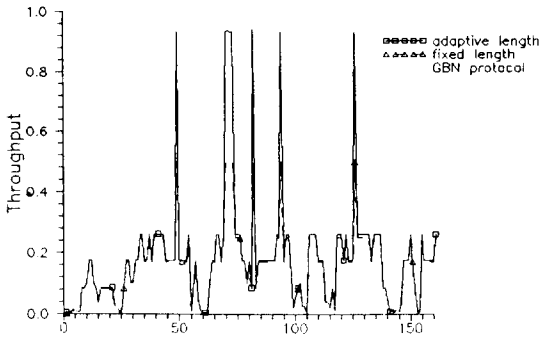


그림 8. 연속적 재전송 프로토콜에서 실제경로에 따른 처리율

Fig. 8. Throughput of go-back-N protocol in the real path.

이러한 각 ARQ 프로토콜에서의 시뮬레이션 결과를 이상적인 처리율과 비교하였다. 그 결과는 그림 10~12과 같다. 표 3의 개선율은 시뮬레이션을 통한 처리율 결과에 대하여 산술 평균을 한 것이다.

이상의 결과를 통하여, 적응 패킷 길이 할당 방식을 사용함으로써, 최적의 성능비에 가까운 시스템 처리율

을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

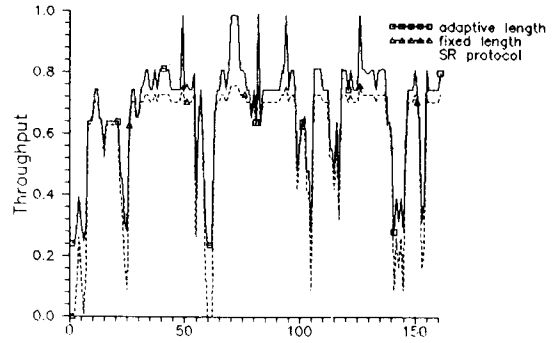


그림 9. 선택적 재전송 프로토콜에서 실제경로에 따른 처리율

Fig. 9. Throughput of selective repeat protocol in the real path.

V. 결론

본 논문에서는 채널 환경에 동적으로 적응하는 가변 길이의 패킷을 전송함으로써 시스템의 처리율을 최적화시킬 수 있는 적응 패킷 길이 할당 방식을 제안하였다. 정지-대기 프로토콜, 연속적 재전송 프로토콜, 선택적 재전송 프로토콜에 대하여, 적응 패킷 길이 할당

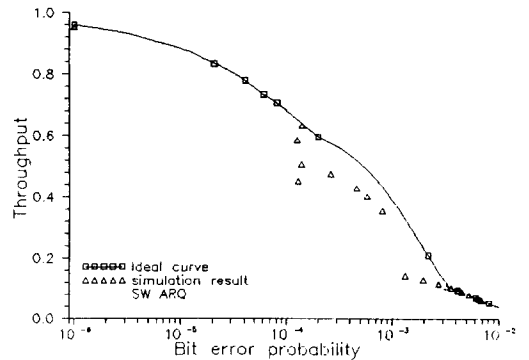


그림 10. 정지-대기 프로토콜에서 비트에러확률에 따른 처리율

Fig. 10. Throughput vs. bit error probability for SW protocol.

방식이 고정 패킷 길이 방식에 비하여 각각 315.4%, 41.4%, 155.9%의 처리율 개선이 있고, 이 방식을 사용함으로써 고정 패킷 길이 할당 방식의 최적 처리율을 얻을 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

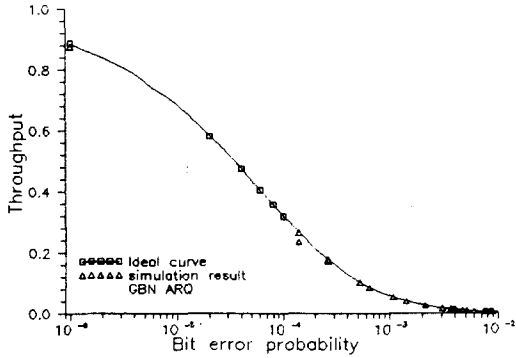


그림 11. 연속적 재전송 프로토콜에서 비트에러확률에 따른 처리율
 Fig. 11. Throughput vs. bit error probability for GBN protocol.

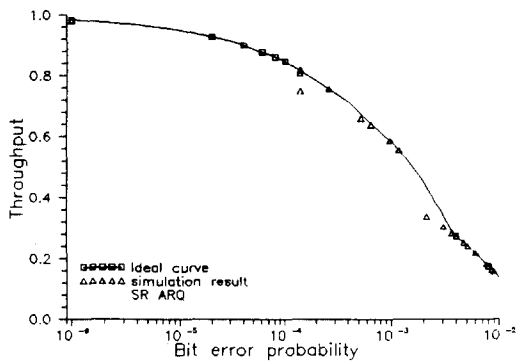


그림 12. 선택적 재전송 프로토콜에서 비트에러확률에 따른 처리율
 Fig. 12. Throughput vs. bit error probability for SR protocol.

- [1] M. Schwartz, Telecommunication Networks: Protocols, Modeling and Analysis, New York: Addison-Wesley, 1987.
- [2] M. Schwartz, Information Transmission, Modulation and noise, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, 1980.
- [3] S. Hara, A. Ogino, M. Okada and N. Morinaga, "Throughput performance of SAW- ARQ protocol with adaptive packet length in mobile data transmission," Proce. PIMRC'93, pp. E.2.2.1-E.2.2.5, Sep. 1993.
- [4] S. Lin, D. J. Costello and M. J. Miller, "Automatic-repeat-request control schemes," IEEE Mag., vol. 22, no. 12, pp. 5-17, Dec. 1984.
- [5] 최 두환, "PCN 무선 접속 방식과 CDMA," Telecomm. Review., vol. 9, no. 9, pp. 42-53, 1993
- [6] J. C. Alves and A. C. Martins, "A Strategy to generate random binary errors in data stream," IEEE Trans. Instrum. Measurement, vol. 1M-35, pp. 42-45, Mar. 1986.

저 자 소 개



鄭 棋 嶼(準會員)

1968년 7월 11일생. 1991년 2월 충북대학교 전자공학과(공학사). 1994년 2월 충북대학교 전자공학과(공학석사). 1994년 ~ 현재 대우 통신연구소. 주관심분야 데이터 통신 및 이동통신, 신호처리, 시스템 설계 및 이용분야

호처리, 시스템 설계 및 이용분야



朴 種 英(準會員)

1969년 4월 10일생. 1994년 2월 충북대학교 전자공학과(공학사). 1994년 ~ 현재 충북대학교 전자공학과 석사과정. 주관심분야 데이터 통신 및 이동통신, 통신소자, 부호이론

부호이론



李 相 坤(準會員)

1967년 10월 23일생. 1992년 2월 충북대학교 전자공학과(공학사) 1993년 ~ 현재 충북대학교 전자공학과 석사과정. 주관심분야 데이터 통신 및 이동통신, 부호이론, 신호처리, 시스템 설계

및 이용분야

琴 洪 植(準會員) 제 30권 9호 참조

현재 아남전자연구소 근무중

柳 興 均(正會員) 제 30권 9호 참조

현재 충북대학교 전자공학과 교수