

송 평 중 한 양 대 학 교 인 학 영 령

A Study on The Throughput Improvement of Go-Back-N ARQ in Digital Data Transmission

Peong Jung SONG, Young Yeul HAN Han Yang University

ABSTRACT

In this paper, we deal with theoretical tools to improve the throughput efficiency of the conventional Go-Back-N ARQ system by performing block retransmission efficiently under high error rate, and two variations of the system is proposed.

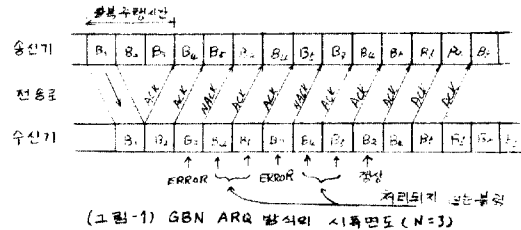
1. 서 론

Go-Back-N ARQ (Automatic Repeat Request) 방식은 디지털 데이터 통신방식에서의 메시지 전송이나 Data Block 에 대한 Error Control Technique 로서 그 수행이 간단하면서도 신뢰도와 Throughput 효율이 높기 때문에 일반적으로 널리 사용되고 있다. 그러나 Go-Back-N ARQ (GBN) 방식에서는 이미 전송된 Block 에 대하여 NAK (Negative Acknowledge) 신호가 전달되면 송신기는 해당 Error Block 과 뒤 따르는 (N-1) 개의 Block 을 재전송하고, 그 Error Block 이 수신기에 정상적으로 수신될 때까지 재전송수행이 반복된다. 따라서 BER(Block Error Rate) 가 증가됨에따라, 그 T.P(Throughput) 효율은 급속히 감소된다(그림1참조)

본 논문은 GBN 방식의 변형으로서, BER 가 높은 상황에서 재전송을 보다 효율적으로 수행하여 효율을 향상시키기 위한 이론적방안에 관해 논술한 것으로서, NAK 신호를 받은 수신기에서 해당 Error Block 을 연속 N 회 재전송함으로써 얻는 효과와 한 Block 을 임의수의 Subblock 으로 분할하여 부분적으로 재전송을 하므로써 얻는효과가 분석되고있다.

제시된 방식의 수신기 Buffer Size 는 한 Block 에 해당되는 Size 만이 요구되므로, 이와 같은 Buffer Size 를 갖는 여러기존 ARQ 방식인 전형적

GBN 방식 SASTRY 방식, MORRIS 방식등과 T.P 효율이 비교되고 있다.



2. Go-Back-N ARQ 에 대한 변형방식

전송로상에는 Random Error, Burst Error 와 이 두 Error 의 혼합형태가 모두 존재하며 Error 가 집중적으로 발생하는 Burst Error 의 경우는, 그 길이가 수 Bit 에서 수만 bit 에 이르고 있어 GBN 방식에서는 이러한 Error 가 시작될때까지 Error Block 에 대한 재전송과정이 반복된다. 본 방식은 Error 가 매우 빈번히 발생하는 상황에서 GBN 방식의 반복되는 재전송으로 인한 비효율성을 고려하여 그의 변형을 제시한 것이다. 즉 GBN 방식에서 Error Block 에 뒤따라 재전송되는 (N-1)개의 서로 다른 Block 대신 해당 Error Block 만을 연속하여 N 번 재전송하므로써 수신기는 1개가 아닌 (N-1) 개의 Error Block 을 동시에 받게되므로 Error Block 의 고정확률은 GBN 방식에서보다 증가할 것이다. 따라서, 재전송회수가 감소되어 이에 반비례하는 효율로 향상될 수 있다.(그림2참조)

T.P 효율의 유도

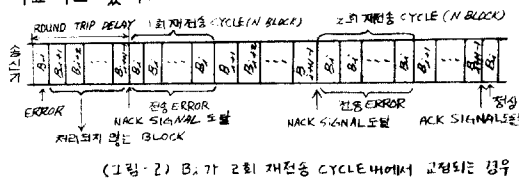
역방향 전송로가 "Noiseless" 가 가정할때 임의의 한 Block 이 수신기에 올 때마 (Block 내의 Error 가 검출되지않은 상태를 포함)수신될때까지 송신기에서 전송된 총 Block 의 평균수를 A, 그동안에 올 때마

수신되어 데이터링크로 전달된 블록의 평균수를 A_t 타하면 본 방식의 T.P 효율은 A_r 와 A_t 의 비로 정의되며 다음과 같은 결과식이 유도된다.

$$\eta_N = \frac{A_r}{A_t} = \frac{1}{1 + P_{BE} \frac{2N-1}{1-P_{BE}}}$$

여기서 P_{BE} 는 블록 에러율이고 $(N-1)$ 는 시스템의 총 왕복주행시간 동안 전송되는 블록수이다.

본 방식의 T.P 효율은 그림-4 에서 타 방식과 비교되고 있다.



3. Go-Back-N ARQ 에 대한 변형방식 II

수 비트에서 수백비트로 구성되는 블록내의 한 비트에서라도 에러가 발생될 경우, 원칙적으로 GBN 방식에서와 같이, 한 블록전체를 재전송할 필요는 없다. 이를 고려하여 제시한 방식에서는 한 블록을 임정수의 m개 부분블록 (Subblock) 으로 분할하여 에러가 발생된 부분의 부분블록만을 재전송함으로써 재전송되는 블록길이 감소될 수 있다. 따라서 전송토상과 에러가 산발적으로 분포되어 있을 경우 재전송회수는 블록 에러율에 비례하고, 블록 에러율은 블록길이에 비례하므로 결국 재전송횟수가 감소되어 이에 반비례하는 T.P 효율은 향상될 수 있다.

이때 Encoding 과 Error Detecting 은 각 부분블록에 대해 행해져야 한다. (3)

본 방식의 재전송과정은 m 개의 Subblock 인 $S_1^i, S_2^i, \dots, S_m^i$ 로 구성되는 임의 i 번째의 한 블록 (B_i) 에 대해 묘사될 수 있다. (그림-3참조) 여기서 $\langle \rangle$ 는 재전송되는 부분블록의 순서를 표시하고 DR_m 은 시스템의 총 왕복주행시간동안 전송되는 부분블록수를 나타낸다.

T.P 효율의 유도

전송토상에서 발생하는 에러가 산발적으로 분포되어있고 역방향 전송토가 "Noiseless" 라 가정할때, m 개의 부분블록으로 구성되는 임의의 한 블록에 준하여 본 방식의 T.P 효율 η_m 은 분석적으로 유도될 수 있으며, 그 정의는 변형방식 I 과 같다. 다만 분석되는 범위는 블록이 아닌 부분블록단위이다. (그림-3 참조)

$$\eta_m = \frac{A_r}{A_t} = \frac{m}{Q_0 m + \sum_{j=1}^m Q_j E(S_j)}$$

여기서,

$$\begin{cases} Q_j = (1 - P_s^{j+1})^m - (1 - P_s^j)^m \\ E(S_j) = j(m + DR_m) + NR_j \\ NR_j = 1/Q_j \cdot m(1 - P_s) P_s^j (1 - P_s)^{m-1} \\ \quad \{1 + (1 - P_s)^{-1} P_s^j (1 - P_s)\}^{m-j} \\ P_s : \text{Subblock의 Error Probability} \end{cases}$$

본 방식의 T.P 효율은 그림 (4) 에서 타 방식과 비교되고 있다.

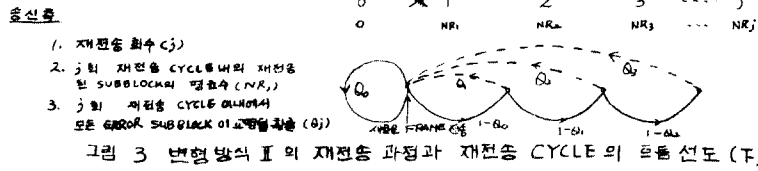
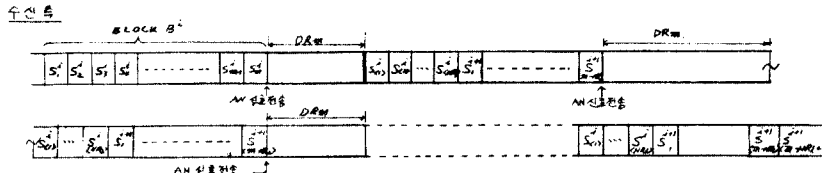
4. 결과 및 결론

그림(4) 본 블록길이가 1024 bits, Bit 전송율이 2,400 bits/Sec. $N=3$ (총 왕복주행시간=0.85초) 일때, 각 방식의 Throughput 효율을 비교한 것이다.

변형방식 I 에서, Throughput 은 에러율이 매우 높은 상황 ($P_{BE}=0.5$ 이상) 에서만 GBN 방식보다 향상되었으며, 전반적인 결과는 Sastry 방식과 거의 일치함을 알 수 있었다. 변형방식 II 에서는 부분적 재전송으로 인하여 평균 재전송 확률 및 재전송회수가 감소되어, 에러블록이 GBN 방식보다 신속히 고정됨을 알 수 있었고, 아울러 전 블록 에러를 범위에 걸쳐 Throughput 이 향상됨을 보였다.

= 참고 문헌 =

1. Joel M. Morris, "Through-put Performance of Data Communication Systems Using ARQ Error Control Schemes." NRL Report 8140. Aug. 1977.
2. Shu. Lin, "An Effective Error Control Scheme for Satellite Communications" IEEE Communication Vol. COM-28 Mar. 1980.
3. A./W. Lucky, "Principle of Data Communication." PP. 277-373 McGraw-Hill 1968.
4. B ARAZI, "Improving the Throughput of an ARQ Stop and Wait Scheme for Burst Noise Channels" IEEE. Trans. Comm. June, 1976.



ARQ 방식	THROUGH PUT	ERROR BLOCK에 대한 재전송 형식	BUFFER SIZE
전통적인 GBN 방식	$\frac{1}{1 + \frac{N P_{BE}}{1 - P_{BE}}}$	ERROR BLOCK과 뒤따르는 (N-1) 개 BLOCK 재전송	1
SASTRY 방식	$\frac{1}{1 + P_{BE} \{ 2(N-1) + \frac{1}{1 - P_{BE}} \}}$	교정될 때까지 무한히 재전송	1
MORRIS 방식	$\frac{1}{1 + P_{BE} \{ (N-1) + \frac{1}{1 - P_{BE}} \}}$	SASTRY 방식과 유사함	1
변형 방식 I	$\frac{1}{1 + P_{BE} \cdot \frac{2N-1}{1 - P_{BE}^N}}$	N회 반복 재전송	1
변형 방식 II	식 참고	부분적 재전송	1

표 GO-BACK N ARQ 방식의 THROUGHPUT 효율 비교

