

## 확장슬롯 적응형 SECS-LExpressnet 프로토콜의 성능 분석

유 동 관\*

### Performance Analysis of Slot-Extension Adaptive SECS-LExpressnet protocol

Dong Kwan Yoo \*

#### 요 약

본 논문은 일반적인 버스 토폴로지에서 라운드로빈 방식의 동작을 구현한 기존의 L-Expressnet 프로토콜이 채널이용률이 떨어지는 단점이 있어 이를 보완하고자 사이클 관리를 위한 컨트롤 스테이션과 슬롯 확장 기능을 적용시켜 성능을 개선시킨 다음에 이것의 성능을 기존의 방식들과 비교 분석하였다.

개선된 프로토콜의 성능 분석은 채널 이용률 관점에서 이루어졌으며 이것을 기존의 다른 프로토콜과 비교한 결과 컨트롤 스테이션과 슬롯확장 기능을 적용시킨 프로토콜이 기존의 여러 방식의 프로토콜보다 최대 정규화 전파지연 값이 커질 경우 더 나은 성능을 보임을 알 수 있었다.

#### Abstract

In this paper, an improved protocol is proposed by supplementing a control station for transmission cycle management and slot - extension function. This protocol is proposed to complement the shortcomings of the conventional L - Expressnet protocol which is used for round robin process in bus topology.

We analyzed the improved protocol in channel utilization viewpoint and compared the result with that of the conventional protocol. From this result, we showed that the channel utilization of the improved protocol is superior to that of the conventional protocol when a maximum normalized propagation delay is increased.

---

\* 동서울 대학 컴퓨터정보과 조교수

## I. 서론

컴퓨터를 통한 정보처리 기술과 전기 통신 기술이 결합한 정보화기술은 비약적으로 발전하여 정보혁명을 가져왔으며 컴퓨터 기술과 멀티미디어 기술, 인터넷 및 정보통신 서비스의 확대 등으로 컴퓨터는 이제 정보 처리뿐만 아니라 정보검색 및 제공기능을 갖춘 정보화 단말기 및 컴퓨터 네트워크를 통해 시공을 초월하는 정보 서비스의 필수 도구가 되었다. 이러한 컴퓨터는 자연스럽게 네트워크를 형성하여 자원과 정보를 공유함으로써 경제적 이득을 얻게 해주는데 여기에는 다수의 스테이션들이 컴퓨터네트워크의 채널에 연결되어 자신의 데이터를 송·수신하게 되므로 채널이용률이 높고 전송지연이 작은 토폴로지와 프로토콜을 결정하는 것이 설계시 매우 중요한 문제가 된다[1, 4, 7].

본 논문에서는 근거리 통신망의 프로토콜 중 일반적인 양방향 버스 구조에 라운드로빈 방식의 동작을 구현한 L-Expressnet 프로토콜이 구현은 용이하나 채널 이용률이 떨어지는 단점이 있어 이를 보완하기 위해 컨트롤 스테이션과 슬롯확장 기능을 추가시킨 개선된 SECS - LExpressnet 프로토콜을 제안하였다[2, 6].

제안된 프로토콜은 기존의 L-Expressnet 프로토콜이 사이클관리를 위해 사이클 리스타트 메커니즘과 콜드 스타트 메커니즘을 사용하는 것과 달리 별도의 컨트롤 스테이션을 적용하고 여기에 슬롯확장 기능을 추가하여 자신이 채널을 액세스할 수 있는 권리를 갖게 될 때 전송할 데이터가 있으면 종래의 방식과 같이 전송을 수행하지만 전송할 데이터가 없을 경우는 다음 스테이션에게 추가전송 권한을 넘겨주어 다음 스테이션이 자신의 정해진 순서에 따른 전송슬롯뿐만 아니라 이전 스테이션의 전송슬롯까지 추가로 할당받고 더 많은 데이터를 전송할 수 있게 한다.

제안된 프로토콜에 대한 성능분석은 채널이용률 관점에서 기존 방식과 비교하여 이루어졌으며 그 결과 컨트롤 스테이션과 슬롯확장 기능을 갖는 제안된 프로토콜이 기존의 프로토콜보다 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다.

## II. L-Expressnet 프로토콜

L-Expressnet은 양방향 버스 구조상에서 각각의 스테이션이 카운터들을 갖고 정해진 시간 값을 통해 라운드로빈 방식의 동작을 하는 프로토콜이다. 이 프로토콜의 토폴로지는 <그림 1>과 같으며 기본 동작은 다음과 같다. 각 스테이션들은 채널 상에 캐리어(Carrier)가 없는 시간을 감지하여 그것을 각 스테이션의 제어논리회로인 LEXA (L-Expressnet Adaptor) 안에 있는 3 개의 카운터 CR1, CR2, CR3에 의해 카운팅해서 매 사이클마다 정해진 시간에 따라 순서를 부여받고 순차적으로 각 노드가 한 번씩만 채널을 액세스하여 데이터 패킷을 전송하게 하는 것이다.

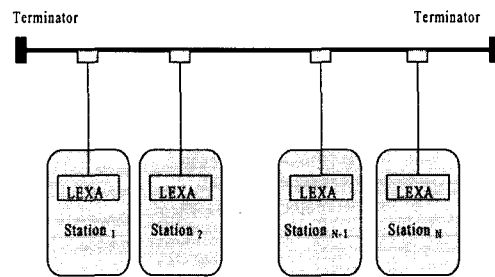


그림 1. L-Expressnet의 토폴로지  
Fig. 1 Topology of L-Expressnet

이 L-Expressnet 프로토콜은 세 개의 메커니즘으로 구성되어 있으며 각각의 메커니즘은 다음과 같다. 첫 번째는 데이터 패킷의 전송을 담당하는 액세스 메커니즘 (Access mechanism), 두 번째는 새로운 사이클 시작을 위한 동기 신호 전송을 담당하는 사이클 리스타트 메커니즘 (Cycle restart mechanism), 그리고 마지막은 정지 상태에서부터 데이터 패킷의 정상 전송 상태로 만드는 콜드 스타트 메커니즘 (Cold Start mechanism)이다[3, 5, 6].

위에서 언급한 세 개의 메커니즘의 동작은 <그림 2>에서 보이는 것과 같은 3개의 카운터 CR1, CR2, CR3으로 이루어진 LEXA에 의해 구현된다. 여기서 CR1 카운터는

데이터 패킷 전송을 위한 시간을 CR2 카운터는 동기신호 전송을 위한 시간을 그리고 CR3은 전송이 불가능한 정지 상태에서부터 정상상태로 회복하기 위한 초기화시간을 정해 놓고 그것에 따라 프로토콜에 맞는 동작을 수행할 수 있도록 한 것이다.

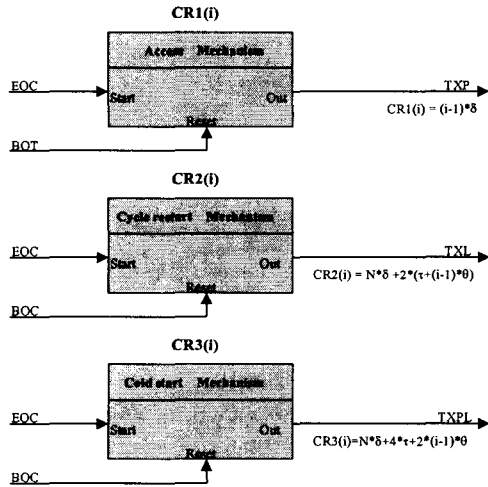


그림 2. L-Expressnet 어댑터  
Fig. 2 L-Expressnet Adaptor

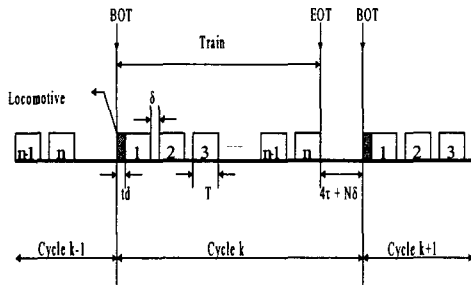


그림 3. L-Expressnet의 전송 사이클  
Fig. 3 Transmission cycle of L-Expressnet

다음은 L-Expressnet 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 <그림 3>의 전송 사이클로부터 채널 이용률을 구한 것으로 식(1)과 같이 나타낼 수 있다(6).

$$C_{LEX} = \frac{NT}{td + NT + (N-1)\delta + 4\tau + N\delta} \dots (1)$$

### III. 개선된 SECS - LExpressnet

이 장에서는 기존의 L-Expressnet 프로토콜이 양방향 버스 구조를 이용한다는 장점은 있으나 채널 이용률이 떨어지는 단점이 있어 이를 보완하고자 컨트롤 스테이션과 슬롯확장 기능을 갖는 개선된 프로토콜을 제안한다. 제안된 프로토콜은 성능개선을 위해 사이클 관리를 위한 컨트롤 스테이션의 사용과 데이터 전송을 담당하는 CR1 카운터에 슬롯확장 기능을 적용시켜 채널 이용률을 향상시킨 것이다.

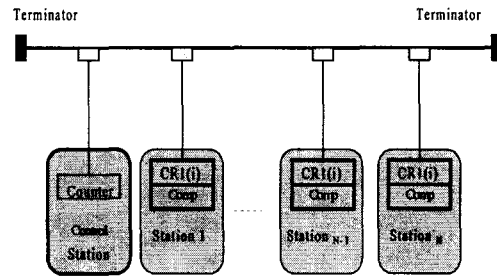


그림 4. SECS-LExpressnet의 토폴로지  
Fig. 4 Topology of SECS-LExpressnet

제안된 프로토콜의 토폴로지는 <그림 4>와 같으며 기본 동작은 다음과 같다. 컨트롤 스테이션에 의해 매 사이클이 시작될 때마다 컨트롤 스테이션이 동기신호를 전송하고 각 스테이션들은 채널 상에 캐리어가 없는 시간을 감지하여 그것을 각 스테이션들의 CR1(i) 카운터에 의해 카운트해서 매 사이클마다 정해진 시간에 따라 순서대로 한번씩만 채널을 액세스하여 데이터 패킷을 전송하게 되는 것이다. 이와 같은 개선된 프로토콜의 메커니즘을 좀 더 자세히 살펴보면 기존의 LExpressnet 프로토콜의 세 개 메커니즘 중에 사이클 내에서 전송 권한을 부여받고 데이터 패킷을 전송하는 첫 번째 액세스 메커니즘만 사용할 뿐 두 번째와 세 번째 메커니즘인 사이클 리스타트와 콜드스타트 메커니즘을 컨트롤스테이션에게 전달하게 하여 처리의 단순화 및 처리 시간을 단축시켜 채널 효율을 향상시킨 것이다. 이때 컨트롤 스테이션은 사이클관리를 위한 카운터 CC에 의해 정해진 사이클의 길이 즉  $(N-1)*\delta + 2*\tau$  마

다 동기신호를 전송하며 각 스테이션들은 카운터 CR1(i) 만을 사용하여 BOT에서 리셋된 후에 캐리어의 유무에 따른 시간 값을 이용해서 (i-1)δ일 때 채널을 액세스할 수 있는 권리를 갖게 되는 것이다.

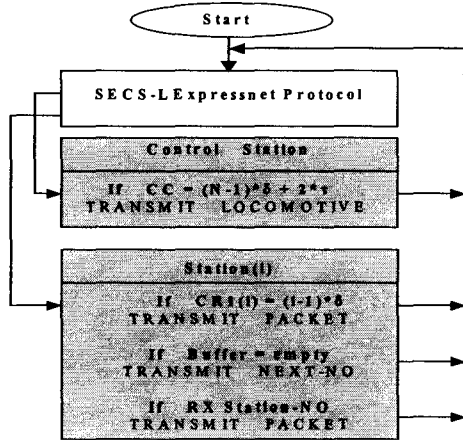


그림 5. SECS-LExpressnet의 흐름도  
Fig. 5 Flowchart of SECS-LExpressnet

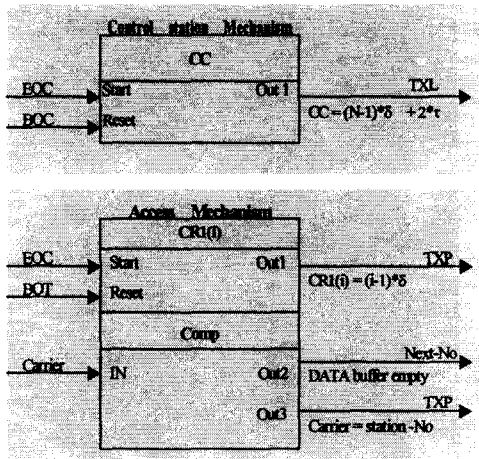


그림 6. SECS-LExpressnet 어댑터  
Fig. 6 SECS-LExpressnet Adapter

또한 개선된 프로토콜은 CR1(i)카운터에 슬롯확장 기능을 적용시켜 자신이 채널을 액세스할 수 있는 권리를 갖게 될 때 전송할 데이터가 있으면 종래의 방식과 같이 전송을 수행하지만 전송할 데이터가 없을 경우는 다음 스테이션에게 추가전송 권한을 넘겨주어 다음 스테이션이 자신의 정해진 순서에 따른 전송슬롯뿐만 아니라 이전 스테이션의 전송슬롯까지 추가로 할당받고 더 많은 데이터를

전송할 수 있게 한다. 개선된 프로토콜의 동작을 흐름도로 표현하면 <그림 5>와 같으며 컨트롤 스테이션의 카운터 CC와 일반 스테이션의 카운터 CR1(i)와 비교기로 구성되는 개선된 프로토콜의 어댑터인 SECS - LEXA (SECS - LExpressnet Adaptor)는 <그림 6>과 같다.

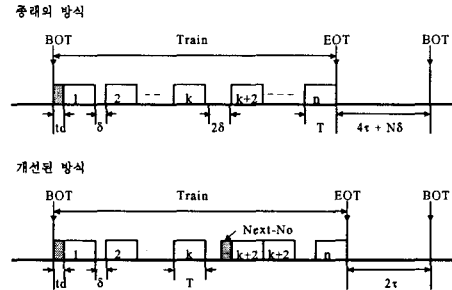


그림 7. SECS-LExpressnet의 전송 사이클  
Fig. 7 Cycle of SECS - LExpressnet

다음은 개선된 SECS - LExpressnet 프로토콜의 성능 분석을 위해 전송할 데이터가 있는 스테이션 수가 n개이고 전송할 데이터가 없는 스테이션 수가 j개로 구성된 총 스테이션 수 N 개인 네트워크 상에서 k+1번째의 스테이션이 전송할 데이터가 없는 경우의 전송 사이클을 나타내는 <그림 7>로부터 채널 이용률을 구해보면 식(2)와 같다.

$$C_{SECS-LEX} = \frac{(n+j)T}{td + (n+j)T + (N-1)\delta + 2\tau} \dots (2)$$

여기서 N은 네트워크의 전체 스테이션 수, T는 고정된 데이터 전송시간, δ는 각 데이터 패킷사이의 간격, τ는 네트워크 전파지연 시간, td는 동기신호인 로코모티브의 전송시간으로 무시할 수 있는 값이다.

## IV. 분석 및 비교

본 장에서는 기존의 프로토콜들과 본 논문에서 제안한 프로토콜을 채널 이용률 관점에서 비교 분석한다. 그리고 비교한 결과를 가로축은 최대 정규화전파 지연 값 a 또는 δ/T로 정의되는 B 값을 사용하고 세로 축은 채널이용률 값을 갖는 특성곡선을 통해 나타낸다. 특성곡선에서 기존의 L - Expressnet는 LEX라는 표기를 사용하고 Ethernet는

ETH라는 표기를 사용하며 컨트롤스테이션만 사용하는 프로토콜은 CS-LEX라는 표기를 사용하고 개선된 프로토콜은 SECS-LEX라는 표기를 사용하여 나타내도록 한다. <그림 8>은 채널 이용률 특성곡선을 이용한 개선된 프로토콜과 기존 프로토콜들의 비교로 여기서는  $N = 50$ ,  $B = 0.01$ ,  $j/N = 10\%$ 인 상태에서 최대 정규화 전파 지연 값  $a$ 가 0.01에서 1000으로 변화할 때의 특성을 보여준 것이다. <그림>에서 보듯이 개선된 프로토콜이 기존의 프로토콜들보다  $a$  값이 커짐에 따라 성능이 나아짐을 볼 수 있다.

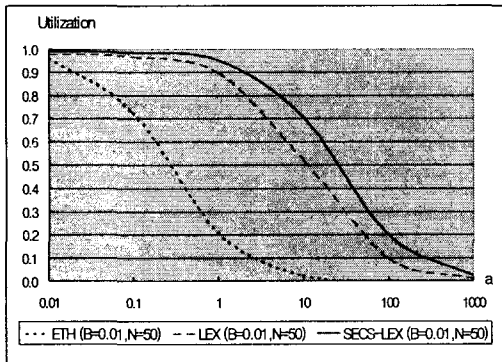


그림 8.  $N=50$ 일 때의 특성곡선  
Fig. 8 Channel Utilization curve in  $N=50$

<그림 9>는 개선된 프로토콜과 기존의 L-Expressnet 프로토콜 그리고 기존의 방식에 컨트롤 스테이션만을 사용한 프로토콜의 성능비교를  $B = 0.5$ 이고  $j/N = 10\%$ 이며  $N = 50$ , 500인 경우에 최대 정규화 전파지연  $a$ 값이 0.01에서 1000으로 변할 때의 채널이용률로 보여준 것이다. <그림>에서 보듯이 개선된 방식이 기존방식보다  $N$ 값이나  $a$ 값이 클수록 상대적으로 향상된 채널이용률을 나타내며 특히  $a$ 값이 큰 값을 갖는 10에서 1000까지의 구간에서도 비교적 양호한 성능을 보여주고 있다.

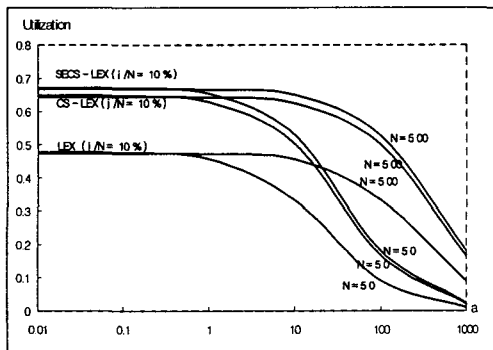


그림 9.  $B=0.5$ 일 때의 특성곡선  
Fig. 9 Channel Utilization Curve in  $B=0.5$

<그림 10>은  $N = 50$ 이고  $a = 0.01$ 이며  $j/N = 10\%$ , 50%인 경우  $B$  값을  $B = 0.1$ ,  $B = 0.3$ ,  $B = 0.5$ ,  $B = 0.7$ 로 할 때의 개선된 프로토콜과 기존 방식들에 대한 채널 이용률의 막대그래프 비교이다. <그림>에서 보듯이 개선된 방식이 기존의 방식들보다 채널이용률이 향상됨을 알 수 있는데 특히  $B$ 값이 크고  $j/N$  비율이 큰 값을 가질수록 더 큰 성능향상이 나타남을 볼 수 있다.

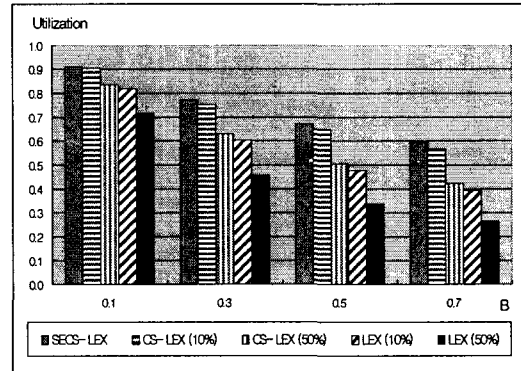


그림 10.  $N=50$ 일 때의 채널이용률 비교  
Fig. 10 Utilization Comparison in  $N=50$

## V. 결론

본 논문에서는 일반적인 양방향 버스 토폴로지에서 라운드 로빈 방식의 동작을 구현한 L-Expressnet 프로토콜이 채널이용률이 떨어지는 단점이 있어 이를 보완하고자 사이클 관리를 위한 컨트롤 스테이션과 슬롯확장 기능을 적용시켜 성능을 개선시킨 다음에 이것을 채널이용률 관점에서 기존의 방식들과 성능을 비교 분석하여 보았다.

성능 비교는 최대 정규화 전파지연 값  $a$ 와 총 스테이션 수  $N$  값에 대한 채널 이용률의 특성 곡선과  $\delta/T$ 로 정의되는  $B$ 값에 대한 채널이용률 막대그래프를 통해 살펴보았다. 그 결과 개선된 방식이 기존의 방식보다  $N$  값과  $a$  값의 변화에 따른 모든 경우에서 성능향상을 가져옴을 알 수 있고 특히  $a$  값이 큰 값을 갖는 구간에서도 비교적 양호한 성능을 보여주었으며 또한  $B$ 값과  $j/N$  비율이 커질수록 더 나은 채널이용률 향상이 나타남을 알 수 있다.

결론적으로 컨트롤 스테이션과 슬롯확장 기능을 적용시킨 개선된 프로토콜은 기존 프로토콜에서 사이클관리와 연관된 메커니즘들인 사이클리스타트와 콜드스타트 메커니즘을 컨트롤 스테이션이 전담하게 하여 처리의 단순화 및 처리시간을 단축하고 슬롯 확장 기능을 통해 효율적인 데이터 전송을 가능하게 하여 채널 효율을 향상시킨 것이다. 이러한 개선된 방식은 기존프로토콜의 단점을 보완하여 많은 양의 트래픽이 산발적으로 발생하는 네트워크 환경에서 좋은 성능 개선 효과를 보여줄 것으로 기대된다.

## 저 자 소 개

### 유 동 관

- 1987 인하대학교 전자과 공학사
- 1989 인하대학교 전자과 공학석사
- 1989 ~ 1998 LG정보통신 중앙 연구소 선임연구원
- 1998 ~ 현재 동서대학교 컴퓨터 정보과 조교수

## 참고문헌

- [1] Comer, Douglas E., Network Systems Design Using Network Processors, Prentice Hall, 2003
- [2] Bhargava, H. K., Ye, Nong, Computational Modeling and Problem Solving in the Networked World : Interfaces in Computer Science, Kluwer, 2002
- [3] Kenyon, Tony, High Performance Data Network Design : Designer Techniques and Tools, Butterworth - Heinemann(T), 2002
- [4] W. Willinger, M. Taqqu, R. Sherman, and D. Wilson, "Self-similarity through high variability : statistical Analysis of Ethernet LAN Traffic at the Source Level," IEEE /ACM Transactions on Networking, 1997
- [5] Boggs D. and J. Mogul and C. Kent, "Measured Capacity of an Ethernet : Myths and Reality," Proceedings of ACM SIGCOMM'88, pp. 222-234, August 1988
- [6] R.Marcogliese, M. Pezze, and S. Pirazzini, "The Behavior of L-Expressnet Computer Communication in Comparison with Ethernet," Proceeding on Distributed System on Local Network , Pisa. Italy, June 1985
- [7] William Stallings, Data and Computer Communications, 5th ed, Prentice Hall, 1997