

論文94-31A-5-2

고속 광 지역망을 위한 수신측 충돌 방지 파장 분할 다중 접근 프로토콜

(Wavelength Division Multiple Access Protocols with
Receiver Collision Avoidance for High-Speed Optical
Fiber Local Area Networks)

趙 元 弘 * , 李 埃 豪 ** , 李 相 培 **

(Won Hong Cho, Jun Ho Lee and Sang Bae Lee)

要 約

유한한 수의 사용자를 가진 고속 광 섬유 지역망에 대해 수신측 충돌 방지 기능을 포함하는 두가지 프로토콜이 제안되었다. 수신측 충돌 방지의 기본 개념은 시스템이 가진 채널 수 만큼 목적지 노드들을 집단화하는 것으로, 하나의 독립된 제어 채널을 갖는 또는 갖지 않는 구조에서 구현되었다. 제어 채널을 갖는 프로토콜이 하나의 동조 가능한 광 송신기와 하나의 파장에 고정된 광 송신기, 하나의 파장에 고정된 두개의 광 수신기를 필요로 하는 반면, 제어 채널을 갖지 않는 프로토콜은 하나의 동조 가능한 광 송신기와 하나의 파장에 고정된 광 수신기만을 필요로 한다. 두 수신측 충돌 방지 프로토콜의 성능이 계산되고, 여러 시스템 변수하에서 분석되었다. 계산된 결과는 수신측 충돌 방지 프로토콜이 부하가 작은 경우 충돌 방지 방법을 포함하지 않는 프로토콜보다 더 좋은 성능을 가짐을 보였다.

Abstract

Two protocols inclunding the receiver collision avoidance function are proposed for high-speed optical fiber LANs with finite users. The basic idea to avoid receiver collision is the grouping of destination nodes by the number of channels and it is accomplished in the architecture with or without one separate control channel. While the protocol with a control channel requires a tunable optical transmitter, a fixed optical transmitter and two fixed optical receiver, the other protocol requires a tunable optical transmitter and one fixed optical receiver. The performance of two receiver collision avoidance protocols is computed and analyzed under various system parameters. The numerical results show that the receiver collision avoidance protocol has better performance for a small load than the protocol without receiver collision avoidance.

I. 서 문

* 正會員, 群山大學校 컴퓨터 科學科

(Dept. of computer Sci., Kunsan National Univ.)

** 正會員, 延世大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng., Yonsei Univ.)

接受日字 : 1993年 7月 23日

Expressnet, FDDI, DQDB와 같은 하나의 채널을 가지는 고속망들은 전체 망의 최대 성능이 사용자 스테이션중 어느 하나가 갖는 최대 속도에 의해 제한되는 기본적인 한계를 가진다. 파장 분할 다중화

(wavelength division multiplexing, WDM)는 각 채널을 여러개의 다른 파장에서 동작하게 함으로써 이 문제를 해결하는데, 이때 각 채널은 최고 속도로 동작하게 된다. 그러나 WDM시스템의 많은 광 대역폭을 사용자가 쉽게 접근 가능하도록 제어하는 것은 어려운 문제이므로, 이러한 시스템의 패킷 통신에 대한 효율적인 매체 접근 기법을 개발하는 것이 필요하다.^[1] 각 노드는 하나의 동조 가능한 (tunable) 광 송신기와 하나의 동조 가능한 광 수신기를 가지고 시스템에는 하나의 독립된 제어 채널이 있어야 하는 것이 단일 흡(single-hop)통신의 가장 간단한 요구 사항이다. 많은 프로토콜과 이들의 성능 분석은^[2] 에서 처음으로 나타났다. 고속 상황에서 정규화된 채널 전송 지연은 1보다크므로 데이터 패킷은 그것의 제어 패킷이 성공적으로 전송될 때만 전송된다는 가정 하에서 어떠한 반송파 간지도 필요치 않는 실제적인 프로토콜이^[3,4] 의 촉점이다.^[5,6] 에서는 높은 성능을 얻기 위해 데이터 제어 패킷을 보내는 경우, 각 사용자에게 많은 기회를 주는 제어 미니 슬롯 군(group)이 채택되었고, 재전송 확률도 고려되었다. 그러나 위의 프로토콜은 상당히 간단하고 매력적이지만, 각 노드에는 하나의 수신기만이 있기 때문에 제어 패킷과 데이터 패킷 모두를 동시에 수신해야 하는 어려움이 있다. 결국 수신기가 데이터 채널로 동조될 때는 그 노드는 제어 채널로 전송된 정보를 놓치게 되고, 따라서 그 노드는 다른 노드들의 상태를 항상, 완전히 알 수 없다. 수신측 충돌 방지(receiver collision avoidance)라 불리는 새로운 접근 방법을 제안함으로써 이 난점을 극복하려는 것이^[7,8]의 목적이다. 그러나 이들 시스템은 망의 각 노드가 수신측 충돌 방지 프로토콜을 유지하기 위해 데이터 구조, 전송 대기 큐, 수신기 예정 큐, 노드 활동 목록을 보관하고 있어야 하는 점에서 매우 복잡하다. 따라서 다른 간단한 방법으로 수신측 충돌 방지 프로토콜의 구현이 필요하고, 우리는 이러한 프로토콜을 소개한다. 수신측 충돌 방지 프로토콜은 기본적으로 수신기들을 집단화하고, 이 프로토콜을 독립적인 제어 채널을 가진, 또는 갖지 않는 채널 구조에서 구현하였다. 특히, 독립적인 제어 채널을 갖는 프로토콜은 하나의 동조 가능한 광 송신기, 하나의 파장에 고정된(fixed) 광 송신기와 하나의 파장에 고정된 두 개의 광 수신기를 필요로 하는 반면, 독립된 제어 채널을 갖지 않는 프로토콜은 하나의 동조 가능한 광 송신기와 그리고 단지 하나의 파장에 고정된 광 수신기만을 필요로 한다. 두 프로토콜을 제안하기 위해, 본 논문은 아래와 같이 구성되었다. 2장은 제안된 프로토콜을 위한 기

본적인 파장 분할 다중 접근 방법을 제시한다. 3장에서는 하나의 독립된 제어 채널을 갖는 또는 갖지 않는 구조에 적용된 수신측 충돌 방지 프로토콜을 소개하고, 유한한 수의 사용자를 가진 시스템에 대해 성능을 계산한다. 4장에서는 이들 프로토콜과 수신측 충돌 방지를 선택하지 않은 프로토콜의 성능을 비교, 분석한다. 5장에서 결론을 보인다.

II. 파장 분할 다중 접근

이번 장에서는 제안된 프로토콜에서 사용되는 파장 분할 다중 접근(wavelength division multiple access)의 기본적인 동작을 소개한다. 독립된 제어 채널을 갖는 망(network)의 구조가 그림 1에 나타나 있다. 망에는 중앙 수동 성형 커플러(central passive star coupler)의 입력과 출력 포트에 M 명의 사용자가 연결되어 있다. 주요 통신 매체인 성형 커플러는 기본적으로 다중 접근 방식 채널로 동작하는 전원(power)분할기이다.^[9] 이 시스템은 하나의 독립된 제어 채널을 가지고, 각 노드는 하나의 파장에 고정된 수신 채널을 가지기 때문에, 각 사용자는 데이터 채널에 대한 하나의 동조 가능한 광 송신기, λ_0 에 동조된 하나의 고정 광 송신기, 제어 채널에 고정된 광 수신기 그리고 자신의 수신 채널에만 고정된 광 수신기를 갖는다. 각 동조 가능한 송신기는 N 개의 파장 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ 에서 모든 사용자에게 공통인 하나의 파장으로 송신할 수 있으므로, 각 사용자는 특정 파장 λ_i 로 전송하고, 동시에 자신의 하나의 파장에 고정된 수신기를 통해 수신할 수 있다. 이러한 전송에 의해, 각 파장 λ_i 는 파장 λ_0 에 의해 생긴 개별적인 논리적 채널 i 를 구성한다. 결국 이러한 기법은 소위 다중 채널 망이라 불리워진다. 그러나 앞선 연구에서 보여진 많은 다중 채널 망은 사용자 당 다수의 송신기와 다수의 수신기를 필요로 하나, 광 섬유를 이용한 이러한 방법은 경제적인 잇점을 가지고 있다. 그러나 많은 논문에서도 나타난 것과 같이, 이 기법은 다수의 사용자에 의한 보다 복잡한 매체 접근 프로토콜을 필요로 한다.

우리는 먼저 데이터 패킷 또는 제어 패킷으로 사용되는 두 가지 패킷을 정의할 필요가 있다. 제어 패킷은 통신을 위해 송신기 주소와 수신기 주소의 두 가지 정보를 포함한다. 모든 제어 패킷은 같은 길이를 가지고, 전송하는데 하나의 단위시간(제어 미니슬롯)을 필요로 한다. 모든 데이터 패킷도 같은 길이를 가지고, L 단위시간(데이터 슬롯)을 필요로 한다. 이 시스템의 채널 접근 과정은 다음과 같다. 메세지를 전

송하고자 하는 사용자는 먼저 제어 패킷을 사용하여 원하는 수신자의 파장을, 즉 데이터 채널, 차지하여야 한다. 만약 데이터 전송을 원하는 사용자가 제어 채널로 제어 패킷을 전송하는데 성공하면, 그는 자신의 메세지를 데이터 채널로 전송할 수 있다. 이때, 데이터를 수신하고 있지 않은 수신기는 제어 정보가 자신의 주소를 갖는지 알기 위해 제어 채널을 계속 감시해야 한다. 자신의 주소를 제어 정보가 가지고 있음을 알자마자, 수신기는 자신의 수신 주파수로 데이터 패킷을 수신할 준비를 하고, 실제 데이터 패킷을 수신한다. 여러개의 데이터 패킷으로 구성된 메세지를 전송하기 위해서는, 먼저 보내고자하는 수신기의 채널을 끌잡기 위한 접근 방법을 고려해야 하고, 사용자들은 자신의 제어 패킷을 원하는 채널에 전송하기 위한 접근 방법을 가져야 한다. 결국 제어 패킷이 채널상에서 사용되는 임의의 접근 프로토콜이 설명되어야 시스템을 완전히 정의한 것이 된다. 여기서는 제어 패킷이 성공적으로 전송되었을 때만, 데이터 패킷이 전송된다고 가정하기 때문에, 데이터 채널에 관한 정의는 필요 없다.

본 논문에서는 Aloha보다 우수한 성능을 가진 슬롯화된 Aloha만을 고려 한다. 무한한 사용자를 가정한 예전의 연구와는 달리, 유한 집단 모델 (finite population model)을 가정하고, 이들로부터의 제어 미니슬롯으로의 제어 패킷들의 도착한 기하학적인 (geometric) 프로세스를 형성한다고 가정한다. 만약 둘 이상의 사용자들이 같은 미니슬롯으로 제어 패킷을 전송한다면, 충돌이 발생하고 모든 중복된 패킷들

은 파괴된다. 각 미니슬롯의 끝에서, 각 사용자는 그 미니슬롯에서 충돌이 있었는가를 알려주는 피드백 (feedback)을 얻게 된다. 각각의 파괴된 패킷은 같은 채널의 다음 제어 미니슬롯으로 확률 σ 를 가지고 재전송된다.

III. 수신측 충돌 방지 프로토콜

이번 장에서는 제안한 프로토콜을 설명하기에 앞서 수신측 충돌 방지를 위해 데이터 채널들을 집단화하는 개념을 먼저 소개한다. 데이터를 전송하고자 하는 사용자가 제어 미니슬롯에 제어 패킷을 성공적으로 전송함으로써 데이터 채널을 차지한 후에, 같은 목적지를 갖는 사용자들에 의해 어떤 수신노드에서는 가끔 충돌이 발생한다. 따라서, 전송할 데이터 채널을 선택하기 전에 목적지 노드가 어디냐에 따라 제어 슬롯이 접근을 또는 사용할 수 있는 데이터 채널을 제한한다면 데이터는 충돌없이 전송될 수 있을 것이다. 앞선 논문에서는 데이터 채널을 선택할 확률은 규인 분포(uniform distribution)라고 가정하였다. 다시 말하면, 만약 시스템이 N 개의 데이터 채널을 가지고, 중앙의 수동 성형 커플러에 연결된 사용자의 수가 M 이라면, N 개의 데이터 채널을 통한 목적지는 1과 M 사이에서 균일하게 선택된다. 즉, 사용자 i 의 메세지는 확률 $1/N$ 을 가지고 k 번째 채널을 통해 전송되며, 목적지 노드는 $1/M$ 의 확률로 선택된다. 수신측 충돌 방지 프로토콜은 이러한 선택을 다음과 같이 미리 결정한다. 1에서 M 까지의 목적지 노드는 채널들의 수와 같은 N 개의 집단으로 나누어진다. 데이터 채널을 집단화 함으로써, 첫 번째 집단은 1에서 $[M/N]$ 까지의 목적지 노드로 구성되고, 두 번째 집단은 $[M/N]$ 에서 $[2M/N]$ 까지의 목적지 노드로, i 번째 집단은 $[(i-1)M/N]$ 에서 $[iM/N]$ 까지의 목적지 노드로 구성되고 $[(N-1)M/N]$ 에서 마지막 M 까지의 목적지 노드들은 N 번째의 마지막 집단에 속하게 된다. 여기서, $[x]$ 는 x 를 넘지 않는 최대 정수를 의미한다. 예를 들면, 만약 사용자 i 가 사용자에게 메세지를 보내고자 하면, 그는 전송을 위해 $[j/(M/N)]$ 번째 채널로만 전송할 수 있다. 물론, 사용자 i 가 이 채널을 사용하기 위해서는 $[j/(M \cdot MIN)]$ 번째 미니슬롯에 제어 패킷을 먼저 성공적으로 보내야만 하고, 목적지 노드도 또한 $[j/(M/N)]$ 번째 채널을 수신할 수 있는 파장이 고정된 광 수신기를 갖추고 있어야 한다. 결국 사용자 i 는 자신의 메세지를 충돌 없이 목적지 노드에 보낼 수 있다. 이것이 본 논문에서 제안한 수신측 충돌 방지 프

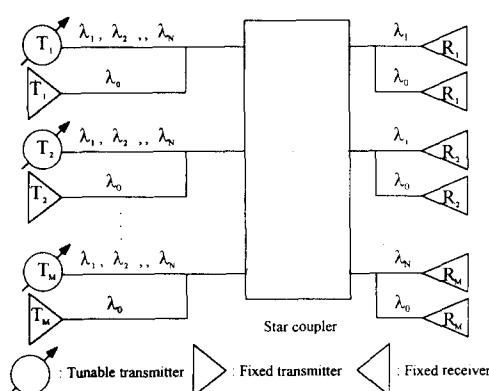


그림 1. 수동 성형 커플러를 이용한 광 지역망의 구조

Fig. 1. The architecture of optical LAN using a passive star coupler.

로토콜이다. 이 프로토콜은 아래의 두가지 방법으로 구현될 수 있다. 첫번째 방법은 앞선 논문들에서 나 타난 바와 같이 하나의 독립된 제어 채널을 사용하고, 두번째 방법은 제어 슬롯의 접근과 데이터의 전송이 같은 채널 상에서 이루어짐으로 독립된 제어 채널을 필요로 하지 않는 구조이다.

1. 하나의 독립된 제어 채널을 갖는 수신측 충돌 방지 프로토콜

하나의 독립된 제어 채널을 갖는 수신측 충돌 방지 프로토콜을 위한 시스템 구조와 동작은 다음과 같다. 시스템은 파장의 수와 같은 $N+1$ 개의 채널을 가지며, 이들 채널은 N 개의 데이터 채널과 1개의 제어 채널로 구성된다. 모든 채널은 그림 2와 같이 똑같은 단위시간을 사용하여 다른 채널들과 동기화 되고 슬롯화 되어 있다. 이 기준 시간은 길이 L 을 갖는 하나의 슬롯이라 불린다. 즉, 하나의 데이터 패킷의 크기는 L 이고, 하나의 제어 슬롯의 크기도 또한 L 인데, 이 하나의 제어 슬롯은 N 개의 미니슬롯을 가진다. 각 노드는 데이터 송신을 위해 하나의 동조 가능한 광 송신기, 제어 채널을 위한 하나의 파장에 고정된 광 송신기를 가지며, 데이터 수신을 위한 하나의 파장에 고정된 광 수신기와 제어 채널을 위한 하나의 고정된 수신기를 갖는다. K 개의 패킷을 가진 메세지를 보내는 과정은 다음과 같다: $[S, S+1]$ 사이클에서 i 번째 데이터 슬롯은 비게 되고, 사용자는 다음 i 번째 제어 미니슬롯에 의한 확률로 자신의 제어 패킷을 재전송한다. 반대로, 사용자가 이 제어 미니슬롯에 성공적으로 접근되었다면, 이 사용자는 $[S, S+1]$ 사이클에서부터 i 번째 채널 λ_i 를 통해 메세지의 마지막 패킷까지 자신의 패킷을 연속적으로 전송할 수 있다. 따라서, 하나의 제어 미니슬롯과 여러개의 데이터 슬롯은

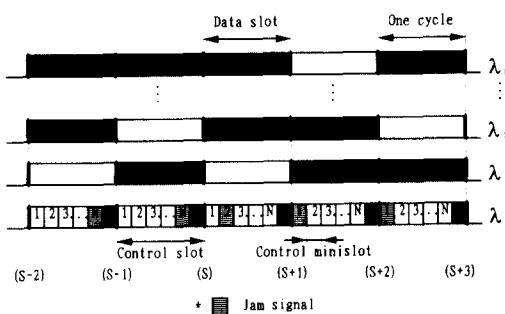


그림 2. 하나의 독립된 제어 채널을 갖는 채널 구조
Fig. 2. Channel architecture with one control channel.

하나의 전송 싸이클을 구성한다. 여기서 각 메세지는 평균이 h 인 기하학적인 분포를 가진 많은 메세지들로 구성된다고 가정하자. 결국 만약 사용자가 j 번째 채널을 사용하고, h 개의 패킷을 가지고 있다면, 전송은 $[S+h-1, S+h]$ 사이클까지 계속되므로, 사용자는 $[S, S+h-1]$ 사이클 동안 다른 제어 패킷들의 접근을 막아야 한다. 따라서 사용자는 다음 j 번째 제어 미니슬롯에서 $[S+h-2, S-h-1]$ 사이클까지 데이터의 전송과 함께 제어 채널에 고정된 송신기를 이용하여 방해(jam)신호를 보내야 한다. 이 방해 신호에 의해, j 번째 제어 미니슬롯에 접근하기를 원하는 사용자들은 항상 충돌을 일으켜 전송할 수 없게 된다.

수신단의 동작은 간단하다. 제어 채널을 위한 수신기는 항상 제어 채널, 파장 λ_0 를 감시해서 제어 패킷에 포함된 제어 정보에 자신의 주소가 있는지를 조사한다. 자신의 주소를 인식하였으면, 수신기는 데이터의 수신을 준비한 다음, 송, 수신 주소와 하나의 메세지가 가진 총 패킷의 갯수, 전송 채널을 가지고 있는 제어 패킷에 포함된 전송 채널을 통해 실제 데이터 패킷을 전송되는 메세지의 마지막 패킷까지 계속 수신한다.

제안한 첫번째 방식의 프로토콜 성능은 다음과 같이 계산된다: 중앙의 수동 성형 커플러에 연결된 사용자의 수를 M , 데이터 채널의 수를 N 이라 하자. 각 슬롯의 시작에서 각각의 사용자는 확률 σ 로 제어 패킷(첫번째 전송 또는 재전송)을 전송하면 제어 미니슬롯에서 제어 패킷의 성공적인 전송 확률은 슬롯화된 Aloha 해석에 의해 구해진다. 여기서는 수신측 충돌을 방지하는 프로토콜과 하지 않는 프로토콜을 서로 비교하자. 먼저 어떤 채널을 σ/N 의 확률로 선택하는 수신측 충돌 방지를 고려하지 않는 경우에 있어서 단지 한명의 사용자가 성공적으로 제어 미니슬롯에 전송 할 확률은 다음과 같다.

$$p_{no} = M \frac{\sigma}{N} \left(1 - \frac{\sigma}{N}\right)^{M-1} \quad (1)$$

수신측 충돌을 방지하는 프로토콜에서는 어떤 채널을 사용할 수 있는 사용자의 수는 데이터 채널의 수로 나누어지므로, 성공적인 전송 확률은 다음과 같이 표현된다.

$$p_{RCA} = \frac{M}{N} \sigma \left(1 - \frac{\sigma}{N}\right)^{M-1} \quad (2)$$

어떤 싸이클에서 모든 데이터 채널들은 사용되거나 사용되지 않는 둘 중 하나의 경우에 속한다. 시스템에서 어떤 데이터 채널을 관찰하면, 이 채널에서 사

용되지 않는 기간은 사용되는 기간들 사이에 끼여 있다. 사용되고 있는 기간은 메세지 전송을 의미하고, 사용되고 있지 않는 기간은 사용자들이 전송하려고 하지 않거나, 충돌이 일어났음을 뜻한다. 수신측 충돌을 고려하지 않은 일반적인 프로토콜은 P_{RCA} 를 P_{no} 로만 바꿔주면 되므로, 지금부터는 수신측 충돌을 방지하는 프로토콜의 수식만을 나열하겠다. 전송이 성공할 확률은 P_{RCA} 이므로, 데이터 슬롯이 사용되지 않은 확률은 $(1-P_{RCA})$ 과 같다. 따라서 사용되지 않는 기간의 분포는 다음과 같으며

$$P[t_{idle} = k \text{ slots}] = (1 - P_{RCA})^k \cdot P_{RCA}; k = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

$$E[t_{idle}] = \frac{1 - P_{RCA}}{P_{RCA}} \quad (4)$$

평균 메세지 길이가 h 라면,

$$E[t_{busy}] = h \quad (5)$$

따라서 수신측 충돌 방지 프로토콜의 처리율 U_{RCA} 는 다음과 같이 계산된다.

$$U_{RCA} = \frac{E[t_{busy}]}{E[t_{busy}] + E[t_{idle}]} = \frac{h}{h + \frac{1 - P_{RCA}}{P_{RCA}}} \quad (6)$$

결국 채널당 처리율 U_{IRCA} 를 구할 수 있다.

$$U_{IRCA} = \frac{N}{N+1} \cdot \frac{h \cdot P_{RCA}}{1 + P_{RCA} \cdot (h-1)} \quad (7)$$

$P_{s,RCA}$ 를 제어 미니슬롯에서 보내지는 각 제어 패킷이 데이터 채널을 얻는데 있어서 성공할 수 있는 확률이라 하자. h 는 각 패킷이 채널에 부과하는 평균 부하이고, $M\sigma/N$ 은 슬롯당 채널에 제공하는 트래픽 이므로, $(M/N) \cdot \sigma \cdot h \cdot P_{s,RCA} = U_{RCA}$ 가 된다. 이것으로부터 $P_{s,RCA}$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{s,RCA} = \frac{U_{RCA}}{\frac{M}{N} \cdot \sigma \cdot h} \quad (8)$$

전체 재전송 평균 지연시간을 구하기 위해서는 먼저 평균 재전송 횟수를 구해야 한다.

$$NR_{RCA} = \frac{1}{P_{s,RCA}} - 1 \quad (9)$$

메세지의 평균 전송시간과 메세지가 스테이션에서 발생되고 나서부터 다음 제어 미니슬롯의 시작까지

기다려야하는 평균 시간은 다음과 같다.

$$d_t = h \cdot L \quad (10)$$

$$d_w = \frac{L}{2} \quad (11)$$

목적지 노드는 1에서 M 까지 균일하게 선택되므로, 제어 미니슬롯도 균일하게 선택된다. 따라서 제어슬롯에서 제어 패킷의 평균 전송 시간은 $(N+1)/2$ 이다. 여기에 다음 제어 미니슬롯으로의 재전송 시간을 더해 평균 재전송 시간을 구한다. 결국

$$d_r = NR_{RCA} \cdot \left(\frac{N+1}{2} + \frac{L}{p_r} \right) \quad (12)$$

여기서 p_r 은 재전송 확률이다. 따라서, 하나의 독립적인 제어 채널을 갖는 수신측 충돌을 방지하는 프로토콜의 지연시간은 위의 세 항으로 이루어지므로, 다음의 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} D_{IRCA} &= d_t + d_w + d_r \\ &= h \cdot L + \frac{L}{2} + NR_{RCA} \cdot \left\{ \frac{N+1}{2} + \frac{L}{p_r} \right\} \end{aligned} \quad (13)$$

2. 독립된 제어 채널을 갖지 않는 수신 측 충돌 방지 프로토콜

그림 2의 독립된 제어 채널을 갖는 수신측 충돌 방지 프로토콜은 구현이 쉽고 간단하나, 독립된 제어 채널은 다소 낭비적이다. 따라서 만약 독립된 제어 채널이 데이터 채널로 사용되어질 수 있고, 제어 패킷과 데이터 패킷의 전송, 수신이 같은 채널에서 이루어진다면, 보다 낮은 성능을 얻을 수 있을 것이다. 이러한 이유로 인해 제안된 기법이 그림 3에 나타나 있다. 여기서 모든 데이터 패킷의 앞부분은 제어 미니슬롯이므로, 1번째 채널의 앞부분은 그림 2에서 보인 제어 슬롯의 1번째 제어 미니슬롯처럼 동작한다. 수신측 충돌 방지 프로토콜에 의해 채널을 선택, 접근하고, 접근이 성공적이면 데이터 패킷들은 전송하는 것은 위의 독립된 제어 채널을 갖는 프로토콜과 같은 과정을 거친다. 수신단의 동작도 제어 채널을 감시하고 데이터를 수신하는 고정된 수신기들의 동작을 하나의 고정된 수신기가 하는 것을 제외하고는 똑같다.

그러나, 각 채널은 독립된 주기를 가지고, 통신을 하지 않는 하나의 파장에 고정된 수신기는 자신의 채널만을 주시하고 있는데 비해서 동조가능한 광 송신기는 모든 채널을 사용할 수 있다. 결국 첫번째 프로

프로토콜의 요구 사항과는 달리, 이러한 기법은 하나의 동조 가능한 광 송신기와 하나의 파장에 고정된 하나의 광 수신기만으로도 충분히 데이터를 충돌 없이 전송할 수 있는 장점이 있다.

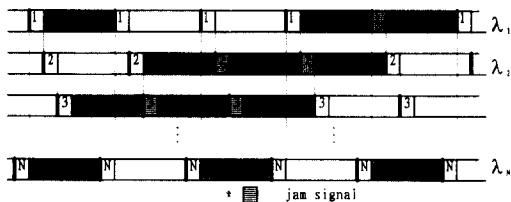


그림 3. 제어 채널을 갖지 않는 채널 구조

Fig. 3. Channel architecture without a separate control channel.

처리율과 지연시간은 첫 번째 프로토콜과 같은 방법에 의해 유도될 수 있다.

$$U_{DRCA} = \frac{N}{N+L+1} \cdot \frac{p_{RCA} \cdot h}{1 + p_{RCA} \cdot (h-1)} \quad (14)$$

$$D_{DRCA} = h \cdot (L+1) + \frac{L+1}{2} + NR_{RCA} \cdot \left\{ 1 + \frac{L+1}{p_r} \right\} \quad (15)$$

IV. 산술적 결과

표현을 간단히 하기 위해, 제어 채널을 갖는 프로토콜을 WICC, 제어 채널을 갖는 수신측 충돌을 방지하는 프로토콜을 WICCR, 제어 채널을 갖지 않는 프로토콜을 WOCC, 제어 채널을 갖지 않으며 수신측 충돌을 방지하는 프로토콜을 WOCCR라 하자.

먼저 높은 처리율을 가지며, 안정된 결과를 보이는 재전송 확률이 0.02일 때, 제안된 네 개 프로토콜의 처리율을 σ 를 변화시켜 서로 비교하자. 그림 4는 제어 미니슬롯으로의 제어 패킷의 전송확률 σ 에 의한 네 개 프로토콜의 처리율을 나타낸 것이다. 결과는 작은 σ 값에서 수신측 충돌을 방지하는 프로토콜은 수신측 충돌 방지를 고려하지 않은 프로토콜에 비해 좋은 처리율을 가짐을 나타내고 있으며, 최대 처리율의 크기는 WOCCR, WOCC, WICCR, WICC 순서이다. 그러나 σ 가 더욱 증가함에 따라 WICCR과 WOCCR의 처리율은 급격하게 감소하여 수신측 충돌을 고려하기 않은 프로토콜에 비해 몹시 낮은 처리율을 가진다. 지연시간은 σ 가 작은 경우에는 네 개의 프로토콜이 같지만, σ 가 커짐에 따라 수신측 충돌 방지 프로토콜은 높은 지연시간을 갖는다. 결국 트래픽이 작은 경우에는 수신측 충돌 방지 프로토콜이 좋은 성능을 보이나, 트래픽이 증가

함에 따라 성능은 오히려 떨어진다. 그럼 5에서는 WOCCR에서 시스템에 연결된 사용자의 수 M 을 변화시켰다. 각 경우의 최대 처리율은 M 의 증가에 따라 0.75에서 0.74로 조금 감소한다. 그러나 처리율은 σ 와 사용자의 수 M 을 증가시킴에 따라 급격히 감소하며, 지연시간은 매우 급격하게 증가한다. 다른 세 개의 프로토콜도 같은 특성을 가진다. 결국 M 의 변화로 인한 시스템 성능의 변화는 크다.

그림 6은 WICCR에서 데이터 채널 갯수 N 의 변화에 따른 처리율의 변화를 도시한 것이다. 지연시간의 특성은 그림 7과 같이 M 의 변화에 의한 결과와는 반대로 N 의 증가에 따라 급격한 감소를 가져왔다. 이는 N 의 변화가 지연시간에 큰 영향을 끼침을 나타낸다. WICCR에서는 N 이 커짐에 따라 처리율은 증가하고, 처리율을 나타내는 구간도 넓어졌음을 알 수 있다. 그러나 WOCCR의 경우는 M 의 변화에 의한 결과와 같이 점차적인 처리율의 증가와 함께 넓은 대역의 처리율을 냈다. 결국 N 의 증가는 좋은 성능을 제공하나 경제적인 면에서는 어려운 점이다.

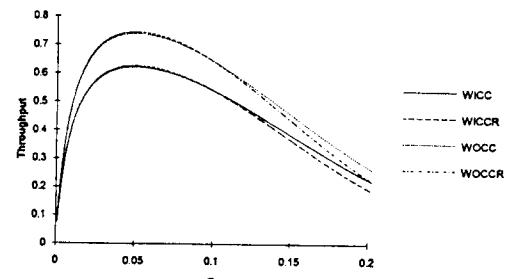


그림 4. σ 대 처리율($M=100$, $N=5$, $L=100$, $h=5$, $Pr=0.02$)

Fig. 4. σ versus throughput($M=100$, $N=5$, $L=100$, $h=5$, $Pr=0.02$).

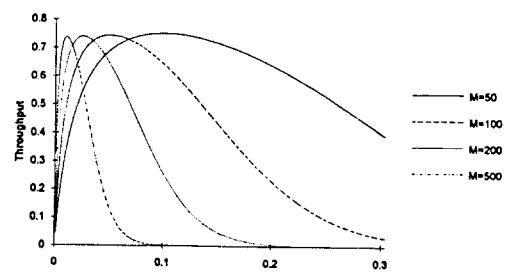


그림 5. M 의 변화에 따른 σ 대 처리율 (WOCCR, $N=5$, $L=100$, $h=5$, $Pr=0.02$)

Fig. 5. σ versus throughput by varying M (WOCCR, $N=5$, $L=100$, $h=5$, $Pr=0.02$).

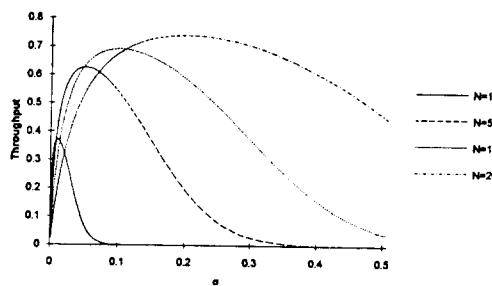


그림 6. N의 변화에 따른 σ 대 처리율 (WICCR, M=100, L=100, h=5, Pr=0.02)

Fig. 6. σ versus throughput by varying N (WICCR, M=100, L=100, h=5, Pr=0.02).

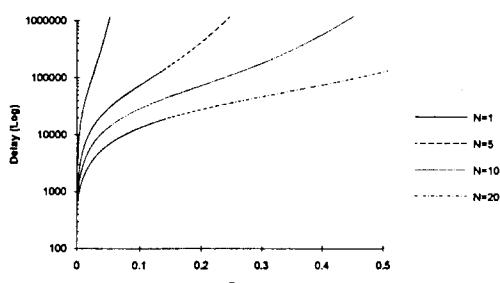


그림 7. N의 변화에 따른 σ 대 지연시간 (WICDR, M=100, L=100, h=5, Pr=0.02)

Fig. 7. σ versus delay by varying (WICCR, M=100, L=100, h=5, Pr=0.02).

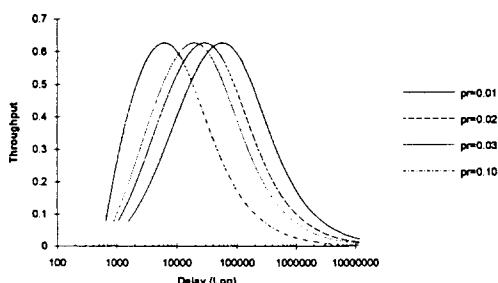


그림 8. Pr의 변화에 따른 성능변화(WICCR, M=100, N=5, L=100, h=5)

Fig. 8. Performance by barying Pr (WICCR M=100, N=5, L=100, h=5).

패킷의 길이 L 을 변화시켜 보면, WICCR의 경우는 제어 채널이 독립되어 있으므로 L 의 변화는 처리

율에는 영향미치지 않고, 똑같은 처리율을 가지며, 단지 지연시간만을 크게 할 뿐이다. 그러나 WOCCR의 경우는 다르다. 제어 미니슬롯이 데이터 채널에 포함되어 있으므로, 패킷의 길이 변화는 처리율에 조그마한 영향과 지연시간에 큰 영향을 준다. 하나의 메세지가 갖는 평균 패킷의 갯수 h 변화에 따른 영향은 당연히 하나의 메세지가 많은 수의 패킷을 가질수록 처리율은 증가한다. 그러나 이에 따른 지연시간의 증가도 보여진다. 마지막으로 재전송 확률의 영향을 살펴보자. WICCR의 지연시간 대 처리율로 표시된 결과 그림 8로 부터 알 수 있듯이 처리율이 변화는 없고 단지 지연시간의 감소만이 재전송 확률의 증가에 의해 보여진다

V. 결론

본 논문에서는 파장 분할 다중 접근 프로토콜에 수신측 충돌을 방지하는 알고리즘을 더하여 유한한 사용자를 갖는 독립된 채널을 갖는 또는 갖지 않는 두 가지 채널 구조에서 구현하였다. 수신측 충돌 방지란 동시에 같은 목적지 노드로 통신하려는 또는 통신중에 그 노드로 메세지를 보내려는 다수의 사용자들 간의 충돌을 막아주는 것이다. 성능 비교의 결과는 재전송 확률을 합친 발생 확률이 작을 때, 수신측 충돌 방지 프로토콜은 수신측 충돌을 고려하지 않는 프로토콜보다 높은 성능을 나타내었다. 더욱이 제어 채널을 가진 프로토콜이 하나의 동조 가능한 광 송신기와 하나의 파장에 고정된 광 송신기, 하나의 파장에 고정된 두개의 광 수신기를 필요로 하는 반면, 독립된 제어 채널을 갖지 않는 프로토콜은 단지 하나의 동조 가능한 광 송신기와 하나의 파장에 고정된 하나의 광 수신기를 가지고도 더욱 좋은 처리율을 나타내었다. 그러나 트래픽이 커지면 처리율은 급격히 감소하고, 지연시간도 역시 급격히 증가하여 수신측 충돌을 방지 프로토콜은 이를 고려하지 않은 경우보다 다소 높은 성능을 보이며, 시스템에 접근된 사용자의 수가 작고, 채널의 갯수가 많으며, 패킷 길이가 짧고 그리고 하나의 메세지가 갖는 패킷의 수가 많을 수록 좋은 성능을 나타나며, 작으면서 적절한 재전송 확률의 선택이 시스템을 안정하게 하며, 최고의 성능을 보였다.

参考文献

- [1] J.C. Lu and L. Kleinrock, "A Wavelength Division Multiple Access Protocol for High-Speed Local Area Networks with

- a Passive Star Topo-logy," *Performance Evaluation*, Vol 16, pp. 223-239, Nov. 1992
- [2] I.M.I.Habbab, M.Kavehrad and C. W. Sundberg, "Protocols for Very High-Speed Optical Fiber Local Area Networks Using a Passive Star Topology," *IEEE J. Lightwave Tech-nology*, Vol. 5, pp. 1782-1794, Dec 1987.
- [3] N.Mehravari, "Performance and Protocol Improvements for Very High Speed Optical Fiber Local Area Networks Using a Passive Star Topology," *IEEE J. Lightwave Technology*, Vol. 8, pp520-530, April 1990.
- [4] G.N.M. Sudhakar, N.D. Georganas and M. Kavehrad, "Slotted ALOHA and Reservation ALoHA Protocols for High-Speed Optical Fiber Local Area Networks Using Passive star Topology," *IEEE J. Lightwave Technology*, Vol. 9, pp. 1411-1422, Oct. 1991.
- [5] 조원홍, 이상배, "Protocols for High-Speed Optical Fiber Local Area Networks Using WDM Passive Star Topology."
- [6] 조원홍, 이상배, "Slotted ALOHA Protocols for High-Speed Optical Fiber Local Area Networks Using WDM Passive Star Topology," *Proceedings of 18th Conference on Local Computer on Local Networks*, Minneapolis, MN, U. S.A., Sept. 1993.
- [7] F.Jia and B.Mukherjee, "The Receiver Collision Avoidance(RCA)Protocol For A Single-Hop WDM Lightwave Network," *Proceedings of ICC'92*, Chicago, pp. 6-10, June 1992.
- [8] F.Jia and B. Mukherjee, "Bimodal Throughput, Nonmonotonic Delay, Optimal Bandwidth Dimensioning, and Analysis of Receiver Collisions In A Single-Hop WDM Local Lightwave Network," *Proceedings of GLOBECOM'92*, Orlando, Florida, pp.1896-1900, Dec. 1992.
- [9] P.E.Green, *Fiber Optic Networks*, Prentice-Hall, 1993.

著者紹介

趙 元 弘(正會員) 第 31 卷 A 編 4 號 參照
현재 군산대학교 컴퓨터과학과 교수

李 相 培(正會員) 第 31 卷 A 編 4 號 參照
현재 연세대학교 전자공학과 교수

李 塉 豪(正會員) 第 31 卷 A 編 4 號 參照

현재 연세대학교 전자공학과 박사
과정 재학중