

노드 클러스터링을 이용한 Manhattan Street Network의 비정형구조 개선방안 연구

정회원 김 용 운*, 석 정 봉**

A Study on Performance Improvement of the Manhattan Street Network with Irregular Structure Using Node Clustering

Yong-Woon Kim*, Jung-Bong Suk** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 정형구조의 MSN (Manhattan Street Network)이 노드의 추가 등으로 인해 비정형 구조를 가질 때, 이를 효율적으로 처리하기 위해 몇 개의 노드를 그룹화 (grouping) 하는 클러스터링 방안을 도입하였다. 그리고 이를 이용한 패킷 경합제어 방식을 제안하고, 제안된 방식과 기존의 방식과의 성능을 시뮬레이션을 통하여 비교하였다. 성능분석 결과 제안된 방식이 기존의 방식에 비해서 비정형 구조의 처리가 용이하고, 망의 크기가 클 경우 성능 면에서도 향상된 결과를 보였다. 또한, 노드 클러스터링 방안은 지역성을 갖는 일반적인 트래픽 발생 특성을 고려할 때, 실질적인 통신망 환경에서 효율적으로 동작하는 장점을 가지고 있다.

ABSTRACT

In this paper, we study the routing strategies in the Manhattan Street Network (MSN) when it has an irregular structure, for instance, as a new node insertion into its regular node interconnectivity pattern. To cope with the routing problems arisen, we introduce a node clustering scheme in which several nodes in neighbourhood are grouped together, and the routing is essentially based on such node groups, namely, the clusters, rather than the individual nodes as done in the previous works. We then propose a conflict resolution scheme among packets in competition under this environment, and present its performance study via computer simulation. The experimental results show that the proposed scheme gives better performance than the existing one as the increase of the network size, and we expect that it also works very well in such environment in which packets generated at a node are destined more to the node inside the cluster it belongs to, than to the outside, which is generally the case of the real field.

I. 서 론

최근에 주목을 받기 시작한 Wavelength Division Multiplexing(WDM: 파장분할 다중화) 광통신 기술

은 전송 효율이 우수하고 구성이 용이하며 현재의 광소자 기술로 구현이 가능한 기술로 인정받고 있다. 현재의 광통신 기술은 1960년대 이후 지속적인 발전을 거듭하여 수십 Tbps에 달하는 방대한 대역폭의 이용이 가능하다. 그러나 기존의 TDM (Time

* (주)씨앤드씨 엔지니어링 중안연구소(defeatst@yahoo.com),

** 연세대학교 전산학과(jbsuk@dragon.yonsei.ac.kr)

논문번호: 98372-0826, 접수일자: 1998년 8월 26일

※ 본 연구는 한국과학재단 핵심전문연구과제(981-0918-095-2)의 지원으로 수행되었습니다.

Division Multiplexing) 기술과 CDM (Code Division Multiplexing) 기술로는 수십 Tbps에 이르는 방대한 대역폭을 충분히 활용하기 어렵기 때문에 광 도메인에서 WDM을 이용한 연구개발이 현재 활발히 진행 중이다. WDM 방식은 수십 Tbps의 전송 능력을 갖는 광섬유 스펙트럼의 방대한 대역폭을 수 Gbps 정도의 대역폭을 갖는 광 스펙트럼으로 분할하고, 이들 각 분할된 대역에 채널을 할당함으로써 광섬유의 전송 대역폭 사용 효율을 높이는 방식이다. WDM은 데이터의 출발지와 목적지 사이에 파장 변환 혹은 신호처리를 위한 중간 노드의 유무에 따라서 단일 홉 WDM과 다단 홉 WDM으로 나눈다.

본 논문에서는 기존의 광 송수신 소자를 이용하여 용이하게 구현할 수 있는 다단 홉 WDM에 대해서 초점을 맞추었다. 다단 홉 WDM 방식을 이용하는 망의 구조는 일반적으로 입력 링크와 출력 링크의 수가 같은 정형 구조의 연결 형태를 가지며, 노드에서의 패킷 경로 제어를 위하여 store-and-forward 방식과 deflection 방식이 있다. Store-and-forward 방식은 기존의 패킷 통신망에서와 같이 선호경로^[1] 상의 출력 링크가 다른 패킷에 의해 사용되고 있는 경우 노드에 입력된 패킷을 출력 버퍼에 임시로 저장하고, 다음 slot time^[2]에 패킷을 선호경로로 전송시키는 방식이다. 그러나, 이 방식은 광 도메인에서 모든 처리가 이루어져야 하는 고속의 광통신 망에서는 출력 버퍼를 대신해서 광섬유를 이용한 지연 루프^[3]를 사용해야 하므로 구현상의 어려운 문제점이 있다. Deflection 방식은 선호경로상의 출력 링크가 사용되고 있는 경우 다른 출력 링크로 강제 전송시키는 방식으로, 출력 버퍼가 없어도 패킷손실이 발생하지 않는다^[4]. 반면 deflection 방식은 송신 노드에서 수신 노드까지 패킷이 전송되는 과정에서 deflection에 의한 홉 수 증가로 인하여 수신노드까지의 광 신호 전파 지연이 발생되는 문제점이 있다.

본 논문에서는 WDM 방식 중 다단 홉 WDM 방식을 이용한 망의 대표적인 형태인 Manhattan Street Network (MSN)의 구조와 특징을 살펴보고, 정형 구조를 갖는 MSN에서 노드 추가 시 발생하는 문제점과 이를 해결하기 위하여 인근의 몇 개 노드를 묶는 노드 클러스터링 방안을 제시하였다. 또한 제안된 노드 클러스터링 구조에서, deflection 경로 제어를 이용한 패킷의 경합제어 방식을 제안하고 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 분석

하였다. 또한, 본 논문에 직접적으로 다루고 있지는 않으나, 제안된 노드 클러스터링 방안은 지역성을 갖는 일반적인 트래픽 발생 특성을 고려할 때, 실질적인 통신망 환경에서 효율적으로 동작하는 장점을 가지고 있다.

II. Manhattan Street Network (MSN)

본 절에서는 MSN의 구조와 특성에 대한 분석과 deflection 경합제어 방식을 위한 노드의 구조 및 동작에 대하여 설명한다.

1. MSN 구조

MSN의 전형적인 구조는 그림 1과 같이 정방형 mesh 구조의 정형 형태를 갖는다. 각 열과 행의 양단에 위치한 노드를 포함하여, 모든 노드들은 단 방향성을 갖는 행 (row)과 열 (column)의 링크를 통해 원통형 형태로 연결된 구조를 갖는다. 또한 인접한 열과 행의 링크의 방향은 서로 반대이다. 노드의 구분은 그림 1의 논리적 위치상의 열과 행의 주소로 결정된다. MSN이 임의의 크기로 구성될 때, 혹은 새로운 노드가 추가되거나 삭제될 때에는 비정형성을 갖게 되는데, 이 경우에 대한 주소 체계 및 이에 따른 경로 제어 방식에 대하여는 3장에서 다룬다.

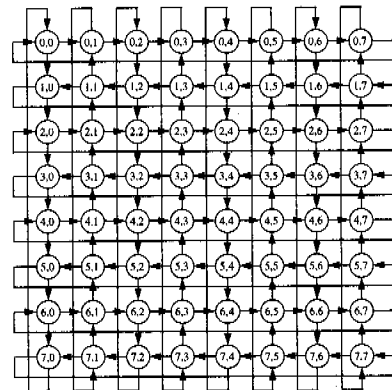


그림 1. MSN의 구조

2. Deflection 경로 제어 방식

그림 2에는 deflection 방식의 경로 제어를 수행하는 입출력 단의 수가 2개인 MSN의 노드 구조가 나타나 있다. Deflection 경로 제어 방식은 극소량의 출력 버퍼 (0 혹은 1개)를 사용하는 slotted 망에

서 버퍼의 overflow로 인한 패킷의 손실을 막을 수 있는 방식으로 [2] 노드의 입력 링크와 출력 링크의 수가 같은 것을 전제로 한다. 입력단으로 들어온 2개의 패킷은 슬롯 단위로 이루어지는 스위칭 동작의 동기화를 위하여 다음 슬롯 시간까지 지연된다. 입력된 패킷은 목적지가 현재의 노드이면 제거되고, local source로부터 유입되는 패킷은 빈 입력 슬롯이 존재할 경우에만 삽입이 가능하다.

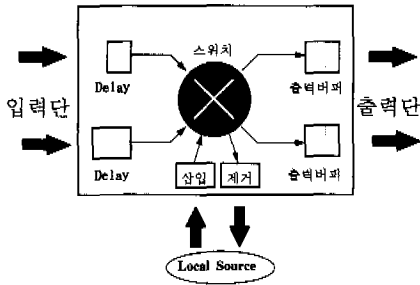


그림 2. 노드의 구조

스위치에 도착한 입력단으로부터의 패킷과 local source로부터 발생된 패킷은 서로 선호경로 (preferred path, 일반적으로 목적지까지의 최단거리를 구성하는 경로)로 향하는 출력 단을 갖게 되면, 경합제어 방식에 의해 하나의 패킷만 원하는 출력 단으로 전송되고 나머지 패킷은 인위적으로 다른 출력 단으로 전송 (deflection) 된다. Deflection 경로 제어 방식을 사용하는 노드의 동작을 정리하면 다음과 같다.

패킷들은 스위칭동작의 동기화를 위하여 입력단에서 지연.
 IF 목적지가 현재 노드면 THEN
 패킷을 현재 노드에서 제거
 ELSE IF 입력단으로 한 개의 패킷만 들어왔으면 THEN
 IF don't care 노드이면 THEN
 임의로 출력 단을 선택
 ELSE
 선호경로 쪽의 출력 단을 선택
 ELSE IF 입력단으로 두개의 패킷이 들어왔으면 THEN
 IF 두 패킷 모두 don't care 노드이면 THEN
 임의로 출력 단을 선택
 ELSE IF 두 패킷 중 하나만 선호경로가 있으면 THEN
 선호경로를 가지는 패킷에게 우선권 부여(나머지 패킷은 다른 출력 단으로 전송)
 ELSE IF 두 패킷 모두 선호경로가 있으면 THEN
 IF 두 패킷의 선호경로가 서로 다른 출력 단이면 THEN
 각자의 선호경로 쪽의 출력단을 선택
 ELSE IF 두 패킷의 선호경로가 같은 출력단이면 THEN
 경합제어 규칙에 의해 우선권 선택 (나머지 패킷은 deflection 시킴.

여기서 don't care 노드는 출력 방향에 상관없이 목적지까지의 최단거리가 같은 노드를 의미한다. 만약 스위치에 도착한 두 패킷의 선호경로가 같은 출력단으로 향할 경우 경합제어 규칙에 의해 두 패킷 중 하나만 선호경로 쪽의 출력단으로 전송하고, 나머지 패킷은 다른 출력단으로 deflection 시킨다. 경합이 발생한 두 패킷 중 어느 패킷에게 출력단의 우선 선택권을 주는가 하는 경합제어의 문제는 망의 성능에 많은 영향을 미치는 중요한 문제이다. MSN은 다음에 열거하는 특징들로 인하여 deflection 경합제어 방식을 사용하기에 적합한 구조를 갖는다.

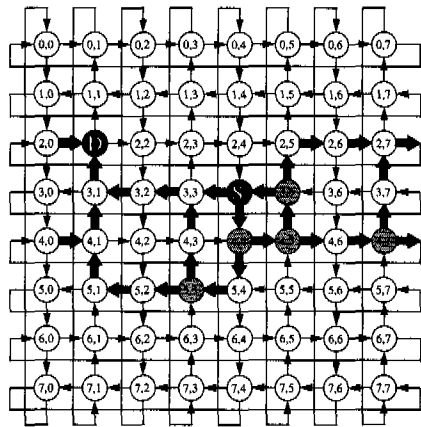


그림 3. 출발지에서 목적지까지 경로 및 거리 (거리가 4인 경우)

- 1). 목적지가 출발지와 같은 행이나 열에 존재하지 않을 경우 목적지까지 최단 경로로 가는 도중 거의 절반 가량은 출력 방향에 상관없이 목적지까지의 최단거리가 같은 노드들로 구성된다.
- 2). 한번의 deflection에 의한 지연 거리는 4홉이다. 즉, 4홉만에 현재 노드로 되돌아올 수 있다. 그림 3에서 출발지 ⑤에서부터 목적지 ④까지 deflection 없이 최단거리로 가게 되면 4홉이 된다. 만약 출발지 ⑤에서 경합이 발생하여 목적지가 ④인 패킷이 노드 (4,4)의 방향으로 deflection 되면 목적지까지의 최단 경로는 8이 된다.
- 3). Deflection에 의해 잘못된 출력 경로를 선택하게 되면 다음 노드에서는 목적지까지의 최단거리가 출력 방향에 상관없이 동일하다. 그림 3에서 ⑤에서 경합에 의해 (4,4)로 deflection 된 패킷은 노드 (4,4)가 don't care 노드이므로 출력 방향에 상관없이 목적지 ④까지의 거리가 8로 같다.

III. MSN의 비정형 구조

본 절에서는 정형 구조의 MSN에서 노드 추가 시에 발생하는 문제점 등을 살펴보고, 이러한 문제점을 해결하기 위한 새로운 방안으로 인근한 4개의 노드들이 하나의 논리적 클러스터를 이루는 클러스터링 개념을 도입한다. 또한 4장의 시물레이션에서는 클러스터링 개념을 도입하였을 때 망의 성능에 미치는 영향을 조사 분석한다.

1. 노드 추가시 발생하는 문제점

MSN은 mesh 형태를 바탕으로 한 정형 구조이기 때문에 새로운 노드의 추가 등, 비정형적인 구조에 대해서 많은 문제점을 가진다. MSN을 처음 제안한 Maxemchuk은 이러한 비정형성의 문제에 대해서도 해결책을 제시하였다^[5]. 그러나, Maxemchuk이 제안한 방식으로 노드를 추가할 경우 변경되어야 할 링크의 수는 최소 2개이며, 추가된 노드는 경로 제어에서 예외 상황을 발생시킨다.

그림 4는 Maxemchuk이 제안한 노드 추가 과정인데 이 과정에서 발생하는 몇 가지 문제점들을 지적할 수 있다. 우선 STEP1에서 새롭게 추가된 노드 X는 출력 링크의 방향이 일반적인 규칙을 따르지 않기 때문에 경로 제어 알고리즘에 의해서 출력 방

향을 결정할 경우 잘못된 경로로 패킷이 출력된다. 예를 들어 노드 X에서 출력되는 패킷의 목적지가 노드 X와 같은 열의 위쪽에 존재할 경우 경로 제어 알고리즘에 의해 위쪽으로 패킷이 출력되어야 하지만 출력 링크의 구조상 좌하(左下)의 노드로 패킷이 전송된다. 또한, STEP3의 경우 목적지가 D인 패킷이 A에서 전송될 경우 무한 루프를 돌게 되는 문제점도 발생한다. 이런 한 문제점을 해결하기 위해서 Maxemchuk은 0.95의 확률로 선호경로를 선택하고, 나머지 0.05의 확률로 다른 경로를 선택(deflection)하도록 하는 방식을 제안하였지만, 이러한 방식은 망 전체의 성능 저하를 가져오는 요인으로 작용할 수 있다.

2. 클러스터(cluster) 개념의 접근방식

2.1. 클러스터 개념의 특징

클러스터 개념은 기존의 링크 연결 구조를 새롭게 배열하거나 망의 구조를 변경하지는 않는다. 다만 논리적으로 인근한 4개의 노드를 하나의 클러스터 개념으로 묶어서 각 클러스터에 새로운 논리 주소를 할당한다. 클러스터 개념의 장점 중 하나는 각 클러스터가 양방향 링크를 가지는 형태라는 점이다. 즉 각 클러스터들간에는 입력 링크와 출력 링크가 모두 존재하므로 클러스터간의 라우팅은 단순한 계산에 의해서 빠르게 이루어 질 수 있다. 또한, 클러스터를 이루고 있는 내부 노드들은 그림 5와 같이 시계 방향으로 회전하는 링크 구조를 가지므로 내부 노드들간의 라우팅은 특별한 계산 없이도 빠르게 이루어 질 수 있다. 8x8 구조의 MSN에서 인근한 4개의 노드를 하나의 클러스터 단위로 묶으면 그림 5와 같으며, 각 클러스터를 구성하고 있는 내부 노드들은 그림과 같이 시계 방향으로 출력 링크가 연결된다.

클러스터 개념은 다음과 같은 특징들로 인해 새로운 노드의 추가와 같은 비정형 구조에 적합하다.

- (1) 기존의 방식^[5]이 노드 추가 시에 발생하는 비규칙적인 링크 연결로 패킷이 무한 루프를 돌게 될 가능성을 가진 반면, 클러스터 개념의 링크 연결은 이러한 문제점을 해결하였다.
- (2) 가상의 로직 형태인 클러스터 개념을 도입하므로 물리적인 망의 구조 변경이 필요 없다.
- (3) 새로운 노드 추가 시 변경되는 링크 수는 1~2개로 최소한의 링크 변경만으로 새로운 노드의 추가가 가능하다.

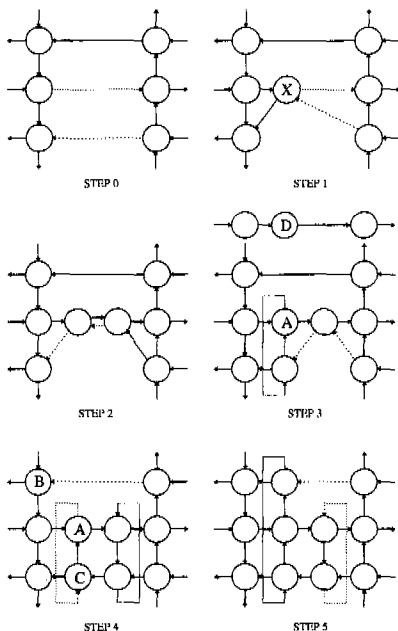


그림 4. 기존방식에서 노드의 추가

- (4) 새로운 노드 추가 후에도 전체 노드는 동일한 라우팅 알고리즘을 사용한다.
- (5) WDM에서는 물리적인 노드의 위치와는 상관없이 파장의 할당 방식에 따라서 논리적인 망상에서의 노드의 위치가 결정되므로 같은 방향으로 노드가 추가되도록 노드의 위치를 제한하는 것이 용이하다

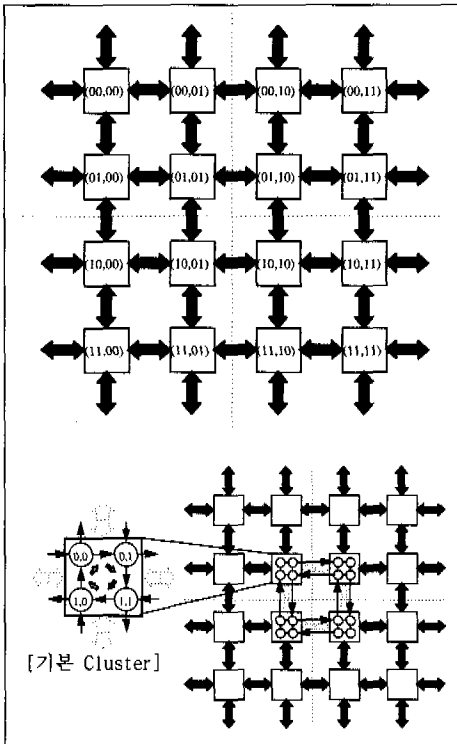


그림 5. 기본방식에서 노드의 추가

2.2. 클러스터 내부에 새로운 노드의 추가

클러스터 개념을 이용하여 새로운 노드를 추가할 경우 다음과 같은 규칙을 따라야 한다.

- (1) 삽입된 노드는 같은 행(혹은 열)에 새로운 노드 그룹이 형성될 때까지 모(母)클러스터에 종속된다.
- (2) 새로운 노드는 반드시 클러스터 내의 노드 사이(중간 위치)에 생성되어야 한다.
- (3) 새로 추가된 노드와 기존 노드의 합이 8이 되면 클러스터의 분열이 가능하다. 그러므로 새로 추가되는 노드는 클러스터의 분열 후에도 클러스터의 기본 구조를 유지하도록 링크의 연결 방향이 고려되어야 한다.

- (4) 클러스터내의 노드 삽입은 새로운 클러스터 그룹이 형성될 때까지 동일한 방향(행 혹은 열)으로 진행된다(클러스터에 삽입될 노드들의 위치는 인근 클러스터에 삽입된 노드의 모습과 동일해야 한다).
- (5) 행 혹은 열의 한 방향으로 클러스터들이 모두 채워진 그룹이 형성되면 분열된다.

그림 6은 클러스터 개념을 이용하여 새로운 노드를 추가하는 모습을 단계적으로 보여주고 있다. STEP0에서 4개의 노드를 둘러싸고 있는 점선은 하나의 클러스터 단위를 의미하며, 새로 추가된 노드 사이를 연결하는 링크가 점선으로 표시된 것은 weak 링크를 뜻한다. Weak 링크는 경로 제어 알고리즘에 의해 선택된 출력 링크가 잘못된 방향으로 연결되어 있을 때(STEP1에서 X 노드로부터 아래 방향으로 출력된 패킷이 다시 자신에게 돌아오는 것과 같은 경우) 표시를 해준다. Weak 표시가 된 출력 링크는 경로 제어 알고리즘에서 선호경로로 선택될 수 없으며, 단지 경합이 발생하였을 때 경합에서 진 패킷을 deflection시키기 위한 출력 링크로만 사용된다. 클러스터 개념을 이용하여 노드를 추가할 경우 그림 4의 STEP1에서와 같은 예외 상황은 발생하지 않는다. 그리고, 그림 4의 STEP3에서처럼 패킷이 무한 루프를 돌게 되는 경우는 weak

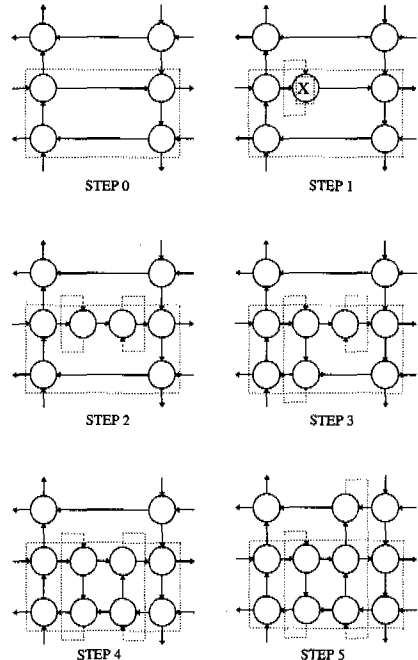


그림 6. 클러스터 방식에서 노드의 추가

링크를 표시해 줌으로써 다른 쪽 출력 링크로 패킷을 강제 전송 시켜서 무한 루프에 빠지는 것을 방지할 수 있다.

2.3. 클러스터 단위의 경로 제어 알고리즘

클러스터 개념의 도입은 새로운 노드의 추가 시 발생하는 비정형 구조의 문제점을 획기적으로 개선하였다. 하지만, 패킷의 경로 제어를 위하여 거쳐야 하는 복잡한 계산은 기존의 방식에서 크게 벗어나지 못하였기 때문에 고속의 광통신 망에서 이용하기에는 여전히 한계가 있다. 클러스터 개념은 이러한 계산상의 복잡성 문제에서도 해결책을 제시할 수 있는 구조적 특징을 가지고 있다. 즉, 클러스터 개념은 클러스터라는 단위로 인근한 4개 (혹은 클러스터 안에 추가된 노드들을 포함한 개수)의 노드를 묶어서 처리할 수 있기 때문에 최소한 2bit(22=4개) 만큼의 계산 시간을 이득 볼 수 있다 (노드가 추가된 경우는 최대 8개=23, 3bit 만큼의 이득을 볼 수도 있다). 또한 클러스터 내부의 노드들끼리 패킷을 전송할 경우에는 단순히 시계방향으로 연결된 출력 링크로 패킷을 전송하면 되기 때문에 별다른 경로 계산이 필요치 않다. 따라서, 짧은 시간 동안에 패킷의 경로를 결정해야 하는 고속의 광통신 망에서 매우 빠르게 동작할 수 있다. 클러스터 단위의 경로 제어 알고리즘은 다음과 같다.

【클러스터를 이용한 경합제어 알고리즘】

- (1) Inner Node가 Outer Node 보다 우선권을 갖는다.
- (2) Inner vs. Inner 의 경우 임의선택 방식을 사용한다.
- (3) Outer vs. Outer 의 경우
 - case.1 - 한 패킷은 선호경로가 있고 다른 패킷은 don't care 인 경우 ⇒ 선호경로가 있는 패킷이 우선
 - case.2 - 두 패킷이 모두 선호경로가 있거나 모두 don't care 인 경우 ⇒ 임의 선택 방식을 사용.
- (4) Outer Node로 출력되는 패킷의 선호경로가 Weak 링크인 경우 don't care로 처리한다.

IV. 클러스터 개념을 적용한 시뮬레이션

본 절에서는 정형 구조의 MSN에서 클러스터 단위의 경로 제어 방식과 기존의 경로 제어 방식에 대해서 시뮬레이션을 통한 성능의 비교 분석하였다.

1. 시뮬레이션 환경

클러스터 개념을 이용하였을 때의 성능을 분석하기 위한 시뮬레이션 환경은 망의 크기가 64, 256, 576, 1024 노드일 때 출력 버퍼의 크기를 0으로 하였으며, 하나의 출력단으로 두개의 패킷이 동시에 출력되고자 할 때는 deflection 경합제어 방식을 사용하였다.

- 네트워크 크기: 64(8x8), 256(16x16), 576 (24x24), 1024 (32x32)
- 출력 버퍼 크기: 0
- 링크 길이 : 링크당 1 패킷
- 전송 속도 : 1010 BPS
- 전파지연 : 2 * 105 Km/s
- 슬롯 크기 : 424 Bits (8 * 53 octet)
- 성능분석 시간 : 10,000 슬롯 시간
- 트래픽 : uniform distribution

2. 시뮬레이션 결과분석

그림7-A와 그림7-B는 각 노드에서 단위 시간 (한 슬롯 타임) 당 망에 삽입된 패킷의 갯수를 조사한 throughput을 비교하였고, 그림8-A와 그림8-B는 한 노드에서 다른 노드로 패킷이 전송될 때 매 홉마다 deflection이 발생할 확률을 비교하였으며, 그림9-A와 그림9-B는 각 패킷마다 출발지 노드에서 목적지 노드까지 도달하는데 걸리는 평균시간을 비교하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 기존의 경로제어 방식을 이용한 경우와 클러스터 단위의 경로제어 방식을 이용한 경우를 비교해 보면, 망의 크기가 작을 경우 (64노드, 256노드)는 기존의 경로제어 방식이 더 좋은 성능을 보이나, 망의 크기가 클 경우 (576노드, 1024노드)는 클러스터 단위의 경로 제어 방식이 더 향상된 성능을 보인다. 그리고 그 향상된 정도는 망의 크기가 커질수록 비례하여 커진다.

그림7-A는 64노드와 256노드에서 기존 방식과 클러스터링 방식의 throughput을 비교한 결과인데 클러스터링 방식이 기존의 방식에 비해서 약 92%~97% 이상의 성능을 보인다. 기존의 방식이 클러스터 단위의 경로 제어 방식보다 성능이 좋게 나타나는 이유는 클러스터 방식이 클러스터 단위로 위치 계산을 하기 때문에 노드 단위로 위치 계산을 하는 기존의 방식보다 다소 부정확한 단점이 있기 때문이다. 그러나, 576노드와 1024노드일 때의 throughput을 비교한 그림7-B의 경우는 클러스터링 방식이

기존의 방식에 비해서 약 100% ~ 105%의 성능을 보여서 더 좋게 나타난다. 이처럼 망의 크기가 커질 수록 성능 향상 정도도 커지는 이유는 망의 크기가 클수록 don't care 노드가 전체 망에서 차지하는 비율이 높아지게 되는데, 기존의 방식의 경로제어 방식을 사용하는 경우에는 비교적 가까운 거리의 노드와 아주 먼 거리의 노드가 똑같이 don't care 노드가 되어서 경합이 발생하였을 경우에 패킷의 우선 순위를 알 수 없게 된다. 반면 클러스터 단위의 경로제어 방식을 사용할 경우는 같은 클러스터 내의 노드로 향하는 패킷이 외부 클러스터의 노드로 향하는 패킷보다 우선권을 가지게 되고, 또한 don't care 노드가 전체 망에서 차지하는 비율이 기존의 방식에 비해서 작기 때문에 (가까운 거리에 위치한 노드들은 기존의 방식에 비해서 더 많은 숫자가 care노드로 처리된다) 짧은 거리의 패킷에게 우선권을 주는 방식⁶⁾과 같은 이유로 기존의 방식보다 향상된 성능을 보인다.

그림8-A와 그림8-B는 64노드, 256노드, 576노드, 1024노드에 대해서 기존의 방식과 클러스터링 방식의 deflection 발생 확률을 구한 결과이다. Throughput을 비교했을 때와 마찬가지로 망의 크기가 클

때 클러스터링을 이용한 경로제어방식의 deflection 발생확률이 적어 기존의 방식보다 우수함을 보이고 있다.

그림9-A와 그림9-B는 패킷이 출발지 노드에서 목적지 노드까지 도달하는데 걸리는 평균지연시간을 비교한 것이다. 마찬가지로 망의 크기가 작을 경우는 기존의 방식이 우수하게 나타났고, 망의 크기가 커짐에 따라 클러스터링 방식이 우수함을 보이고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 WDM기술을 이용한 대표적인 통신망의 하나인 Manhattan Street Network과 광 도메인에서 적용이 용이한 deflection 경로제어 방식을 살펴보았다. 또한, 정형구조의 Manhattan Street Network이 노드 추가 등으로 인해 비정형성 구조를 갖게 될 경우 이를 효율적으로 처리하면서 기존의 구조를 그대로 유지하기 위한 방안을 모색하기 위하여 기존의 연구논문을 분석하고 새로운 방안 (클러스터 단위의 노드 그룹화 방식)을 제시하였으며, 이를 이용한 경합제어 방식의 성능을 기존의 방식

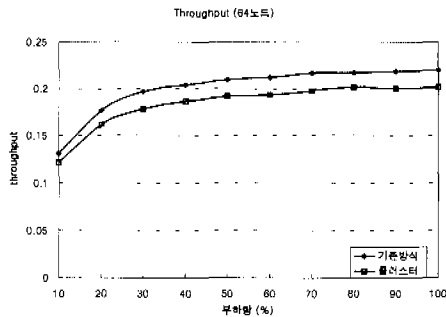
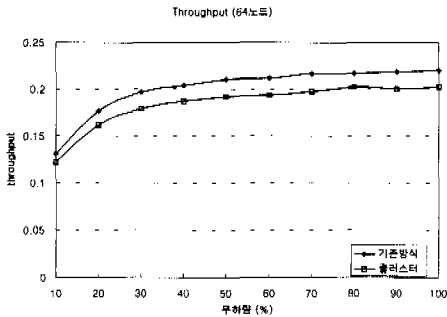


그림 7-A Throughput 비교 (64 노드, 256 노드)

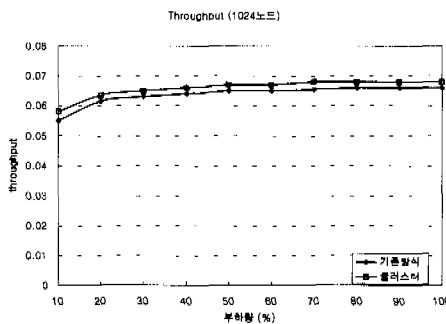
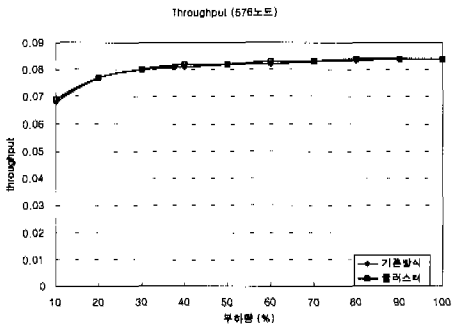


그림 7-B Throughput 비교 (576 노드, 1024 노드)

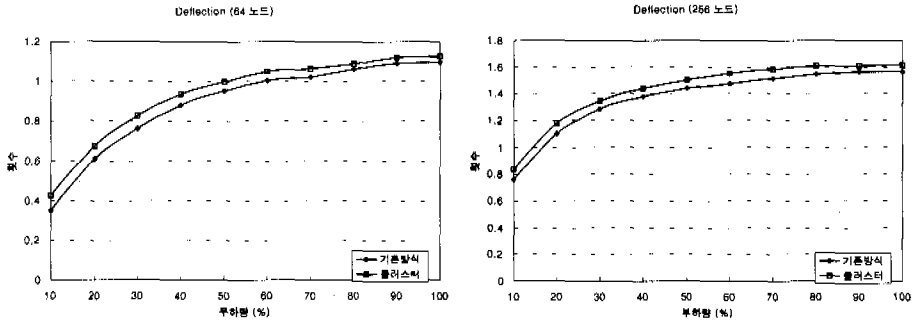


그림 8-A. Deflection 발생확률 비교 (64 노드, 256 노드)

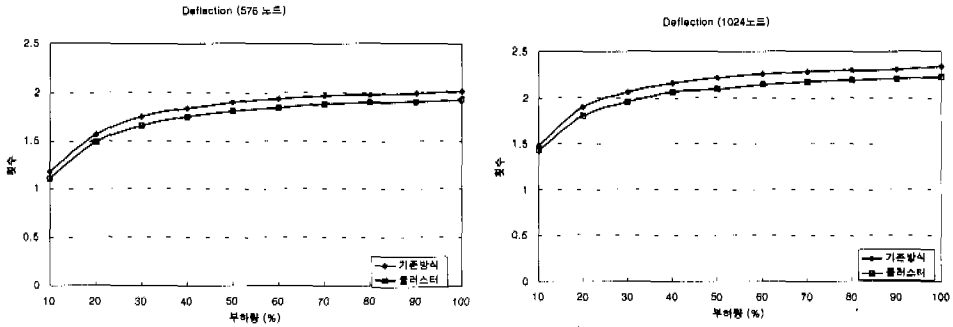


그림 8-B. Deflection 발생확률 비교 (576 노드, 1024 노드)

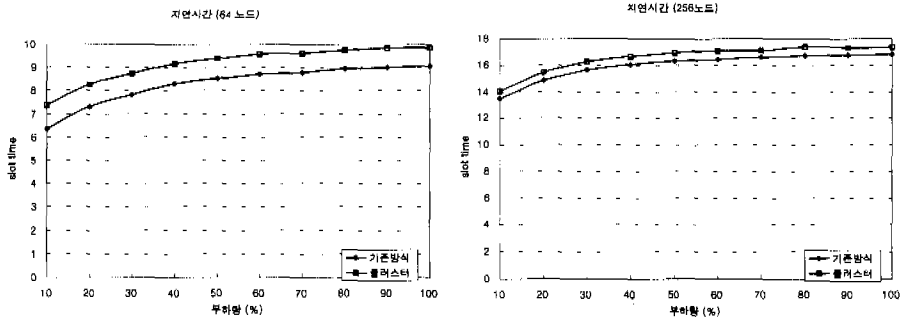


그림 9-A. 지연시간 비교 (64 노드, 256 노드)

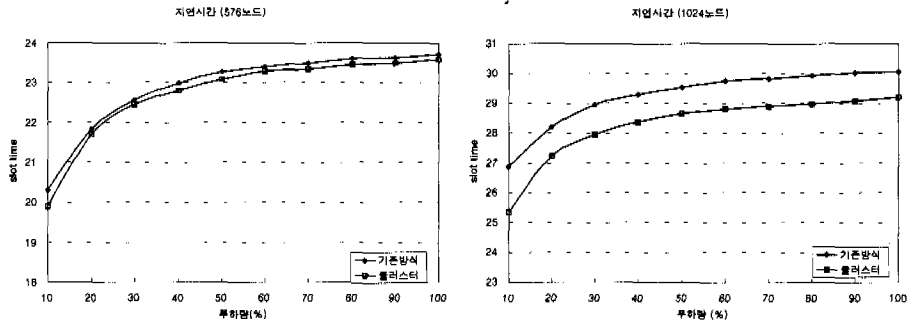


그림 9-B. 지연시간 비교 (576 노드, 1024 노드)

과 비교하여 분석하였다. 분석결과 제안된 새로운 방안이 기존의 방식에 비해서 비정형구조의 처리가 용이하고 망의 크기가 클 경우 성능 면에서도 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

또한, 본 논문에서 직접적으로 다루고 있지는 않았으나, 제안된 노드 클러스터링 방안은 지역성을 갖는 일반적인 트래픽 발생 특성을 고려할 때, 실질적인 통신망 환경에서 보다 우수한 성능을 제공할 것으로 예측된다. 이에 대한 구체적인 내용은 차후의 연구과제로 남긴다.

참 고 문 헌

- [1] P.E. Green, "Fiber Optic Networks," *Prentice Hall*, 1993.
- [2] M.G. Hluchy, and M.J. Karol, "Shufflenet: An Application of Generalized Perfect Shuffles to Multihop Lightwave Networks," *Jour. Lightwave Tech.*, pp. 1386-1397, Oct. 1991.
- [3] B. Mukerjee, "WDM-Based Local Lightwave Networks, Part I: Single-Hop Systems," *IEEE Network Mag.*, pp. 12-27, May 1992.
- [4] B. Mukerjee, "WDM-Based Local Lightwave Networks, Part II: Multihop Systems," *IEEE Network Mag.*, pp. 20-32, July 1992.
- [5] N.F. Maxemchuk, "Routing in the Manhattan Street Network," *IEEE Tr. on commun.*, vol. COM-35, no.5, pp. 503-512, MAY 1987.
- [6] Yong-Woon Kim, Chang-Wook Bae, and Jung-Bong Suk, "Simulative Study on the Performance Improvement of Conflict Resolution Schemes in Manhattan Street Network," *Journal of the Computer Communications, Elsevier Science*, vol. 20, no. 11, pp. 979-987, Oct. 1997.

<주관심 분야> 네트워크프로토콜, ATM, WDM, Embedded OS

석 정 봉(Jung-Bong Suk)

정회원



1979년 2월 : 연세대학교
전자공학과 (학사)
1981년 2월 : 한국과학기술원
전기 및 전자공학과
(석사)
1989년 9월 : Univ. of Massachusetts 전기 및 컴퓨터
공학과 (박사)

1981년 3월~1993년 2월 : 한국전자통신연구원
1993년 3월~현재 : 연세대학교 전산학과 교수
<주관심 분야> 컴퓨터통신망 모델링 및 성능분석,
Internet 및 무선통신망의 QoS 관리

김 용 운(Yong-Woon Kim)



1994년 2월 : 연세대학교
전산학과 졸업
1997년 8월 : 연세대학교
전산학과 석사
1997년 9월~현재 : (주)씨앤드씨
엔지니어링 중앙연구소