

# 자원의 효율적 이용을 위한 가상경로 설정에 관한 연구

정희원 김형철\*, 김백기\*\*

## A Study on VP allocation for Efficient Resource Usage on the High-Speed Network

Hyung-Chul Kim\*, Baek-Ki Kim\*\* *Regular Members*

### 요 약

ATM망에서 방대하고 다양한 정보류 신뢰성 있게 전송하기 위해서는 전송 경로를 설정하는 문제가 매우 중요한 요소 중 하나이다. 또한 설정된 경로를 따라 사용자 정보가 전송되는 동안 망 자원의 변화로 인해 현재 경로에 많은 트래픽이 집중될 경우 QOS를 만족할 수 없고 망의 신뢰성에 영향을 미칠 수 있다. 이때 망 자원을 효율적으로 이용하고 정보 전송의 신뢰성을 향상시키기 위해 전송 경로보다 나은 경로를 찾아 재구성하여 경로들을 분산시킬 필요가 있다. 본 논문에서는 경로 설정 시 규모가 크고 복잡한 문제를 간단하고 다루기 쉬운 부분 문제로 만들고 반복적으로 풀어 최적의 해를 도출하는 라그랑제 이완기법을 적용함으로써 전송 경로를 망 전체에 분산시켜 망의 안정성과 신뢰성을 확보 할 수 있는 경로 설정법을 제안한다.

### ABSTRACT

It is one of important problems that routing path allocation is determined for trustable and stable transmission in ATM network. General routing path allocation algorithm is based on Dijkstra Algorithm that guarantee user's QOS. In this Case, it is not efficient usage about the whole of network resource. Because of non-efficient resource usage, Lots of traffic are concentrated a few link. If Call setup demand occurred in highly occupied link, call setup is blocked in this link. It is reason of unstable and unreliable network that call setup blocking and node delay is raised. Therefore Network resource usage and distributed rate must optimize for trustable and stable network.

In this paper, we proposed formula based LP(Linear Programming). The formula is used for optimized efficient resource usage and distributed rate by iterative operation. As a result of suggested algorithm, we can improve a whole of network resource usage like link cost, node delay, distance and dispersion.

### I. 서 론

광섬유를 이용한 광통신 기술 발전과 ATM 교환 기술 및 전송기술의 발전으로 인해 방대하고 다양한 정보의 초고속 전송이 가능하게 되었다. 이로 인해 정보의 전송량은 기하 급수적으로 증가하고 있으며 정보의 가치 또한 점점 중요해지고 있다.

ATM망은 방대하고 다양한 정보류 초고속으로 전송할 수 있는 반면 선로의 파손이나 교환기 고장, 트래픽의 폭주 등과 같은 망의 장애 시에는 심각한 문제를 발생시킬 수 있다. 이러한 이유로 ATM망의 신뢰성과 안정성이 요구되어지고 이러한 문제를 해결할 수 있는 방법에는 여러가지가 있는데, 그 중 현재의 전체적 망 자원의 효율성을 고려한 가상 경로설정은 망의 신뢰성과 안정성을 향상시킬 수 있

\* 경희대학교 전자공학과(khchul@nms.kyunghee.ac.kr)  
\*\* 원주대학 전자통신과(bkkim@sky.wonju.ac.kr)  
논문번호 : 00006-0210, 접수일자 : 2000년 2월 10일

는 좋은 방법 중 하나이다<sup>[4]</sup>. 일반적으로 망의 효율성을 고려한 가상 경로를 설정하는 방법은 소스 노드에서 목적 노드까지 할당 가능한 모든 경로를 고려하여 최단거리를 가상 경로로 설정하는 dijkstra 방법<sup>[6]</sup>을 사용하고 있다. 그림 1에 호 요구 및 종료까지의 여러 가지 단계를 나타냈다<sup>[7]</sup>. 호가 설정되고 사용자 정보가 전송되는 링크에 새로운 경로들이 설정되고 트래픽이 집중된다면 지연 등으로 인한 망의 신뢰성에 영향을 미치게 된다. 그러므로 전체적인 망 자원의 효율성을 고려하여 설정된 경로들을 재구성함으로써 망의 안정성과 신뢰성을 향상시키는 방안에 대하여 연구하였다.

## II. 라그랑제 이완기법을 이용한 가상경로 설정법

호 요구에 대해 가능한 경로들을 계산하여 그중 최적의 경로를 통하여 데이터를 전송하게 된다. 또한 새로운 호 요구에 대해서도 같은 과정을 통하여 새로운 경로들이 만들어진다. 이러한 과정이 반복되면서 특정링크에 많은 경로들이 설정되므로써 트래픽이 집중될 확률이 높다. 이로 인해 새로운 트래픽에 대한 경로 설정 자체가 불가능하거나 소수 링크로 위 트래픽 집중으로 인한 노드에서의 지연으로 망의 신뢰성과 안정성이 저하된다. 그러므로 망의 안정성과 신뢰성을 보장하기 위해서는 전체적 망 자원의 효율적 사용이 필요하며, 일정한 수준으로 가상 경로가 분산되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 점을 개선하고자 전체적인 망 자원 효율을 고려하여 라그랑제 이완기법을 적용하여 각각의 경로들에 대해 최적의 경로로 재구성하는 기법에 대해 연구하였다. 라그랑제 이완 기법을 적용하여 가상 경로가 분산되게 설정하므로써 망의 안정성과 신뢰성을 향상시켰다.

### 1. 네트워크 모델구성

가상경로 설정을 위하여 라그랑제 이완기법 적용한 네트워크 구성은 다음과 같고, 링크는 양방향성이고, 양방향에 대한 용량은 대칭성을 가진다.

$$\begin{aligned}
 \text{network } G &= (N, L) \\
 N &= \{n_1, n_2, n_3, \dots, n_n\} \\
 L &= \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_m\} \\
 F &= \{f_1, f_2, f_3, \dots, f_n\} \\
 Pfi &= \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_s\}
 \end{aligned}$$

$w_m$  : 링크  $l_m$ 의 사용용량

$f_{tr}$  : 호를  $f$ 의 요구 용량

$w_{fs}^p$  : 호를  $f$ 의 가상 경로로 경로  $P$ 를 사용하면 1 사용하지 않으면 0.

$s_{fs}^p$  : 이전 대역폭 할당으로부터  $w_{fs}^p$  의 저장된 값.

$h_{fs}$  : 호를  $f$ 가 대역폭 관리에 의해 방해받은 경우  $f$ 의 페널티 값

$lm_{tr}^p$  : 만일 경로  $P$ 가 링크  $lm$ 을 지나면 1 지나지 않으면 0.

$t_{lm}$  : 링크  $lm$ 에서 여유용량을 사용 용량으로 전환시킨 용량.

$MaxNum_{lm}$  : 링크  $lm$ 을 지날 수 있는 최대 path 수

### 2. 라그랑제 이완기법을 적용한 가상 경로설정을 위한 수학적 모델링

가상 복구 경로 설정 문제는 다음과 같은 제한 조건과 목적 함수로 구성되어 있다.

#### 1) 제한 조건 :

$$\begin{aligned}
 \sum_{p \in P_s} w_{fs}^p &= 1 \quad \forall f_i \in F \\
 \sum_{f \in F} \sum_{p \in P_s} f_{tr} * w_{fs}^p * lm_{tr}^p &\leq w_{lm} + t_{lm} \quad \forall lm \in L \\
 \sum_{f \in F} \sum_{p \in P_s} w_{fs}^p * lm_{tr}^p &\leq MaxNum_{lm} \quad \forall lm \in L \\
 w_{fs}^p &= 1 \text{ OR } 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

#### 2) 목적 함수 :

$$\text{Min} \sum_{fs} (h_{fs} \sum_{p \in P_s} (w_{fs}^p - s_{fs}^p)) + \sum_{lm \in L} \sum_{p \in P_s} w_{fs}^p * lm_{tr}^p \tag{2}$$

(1)식의 첫 번째 제한은 각각의 트래픽 흐름에 대한 가상경로는 하나만 설정되어야 한다는 것을 의미한다. (1)식의 두 번째 제한은 각각의 링크에 설정된 경로의 전체 트래픽은 사용용량과 여유용량에서 사용용량으로 전환된 용량을 더한 용량보다는 작아야 한다. (1)식의 세 번째 조건은 각각의 링크에 할당된 경로는 링크를 지날 수 있는 최대 경로 수보다 작아야한다는 것을 의미한다. 위의 조건으로 할당 가능한 가상 경로 검색에 실패했을 경우 트래픽 요구량 보다 사용할 수 있는 용량이 적은 링크에 대해 여유용량으로 예약된 용량을 부족한 트래픽 용량만큼을 사용용량으로 전환한다.

(2)식에서의 목적 함수는 동적 가상 경로 구성과 결합된 히트와 가상 경로에서 스위칭 비용과 지연에 영향을 미치는 링크의 수를 최소화하는 것

이다. 먼저 부 문제 최적화를 적용하기 위해 라그랑제 이완을 가지는 부 문제를 쌍대 문제로 변환하여야 한다. 라그랑제 부 문제는 다음 식(3)과 같이 표현할 수 있다

$$L = \text{Min}(\sum_{f \in F} (h_{f_i} \sum_{p \in P_A} (w_{f_i}^p - s_{f_i}^p) + \sum_{p \in P_A} \sum_{l \in L} w_{f_i}^p * l_{m_{rv}}^p) + \sum_{l \in L} \sum_{f \in F} \sum_{p \in P_A} A_{lm}(f_i) * w_{f_i}^p * l_{m_{rv}}^p - (w_{lm} + t_{lm})) + \sum_{l \in L} \sum_{f \in F} \sum_{p \in P_A} B_{lm}(w_{f_i}^p * l_{m_{rv}}^p - \text{MaxNum}_{lm})) \quad (3)$$

$$\sum_{p \in P_A} w_{f_i}^p = 1 \quad \forall f_i \in F$$

$$w_{f_i}^p = 1 \text{ OR } 0$$

$A_{lm}, B_{lm}$ 은 각각의 제한 조건에 대한 라그랑제 승수이다. 위의 수식을 다시 정리하면 식(4)와 같이 표현할 수 있다.

$$L = \text{Min}(\sum_{f \in F} (h_{f_i} \sum_{p \in P_A} (w_{f_i}^p - s_{f_i}^p) + \sum_{p \in P_A} \sum_{l \in L} w_{f_i}^p * l_{m_{rv}}^p) + \sum_{f \in F} \sum_{l \in L} A_{lm} \sum_{p \in P_A} (f_i) * w_{f_i}^p * l_{m_{rv}}^p) + \sum_{f \in F} \sum_{l \in L} B_{lm} \sum_{p \in P_A} (w_{f_i}^p * l_{m_{rv}}^p) - \sum_{l \in L} (w_{lm} + t_{lm}) + \text{MaxNum}_{lm}) \quad (4)$$

즉, 라그랑제 함수는 트래픽 흐름과 관련된 항과 링크에 관련된 항인 다음의 두 요소로 나눌 수 있다.

$$\text{Lagrangean value} = \text{Min}(\sum_{f \in F} Lf_i - \sum_{l \in L} Lem) \quad (5)$$

여기서 부 문제가 쌍대문제로 변경되었다.

라그랑제 함수는  $\sum_{f \in F} Lf_i$ 의 최소화와  $\sum_{l \in L} Lem$ 의 최대화인 쌍대 문제로 변경되었고,  $\sum_{l \in L} Lem$ 는 고정된 값이므로  $\sum_{f \in F} Lf_i$ 의 최소화가 라그랑제 값을 최소화시키는 것이다. 그림 1에 라그랑제 기법을 이용한 가상경로설정 순서도를 나타냈다.

라그랑제 이완 기법을 이용한 가상 경로설정 순서도에도 보인 것처럼 반복적으로 승수를 변경시켜 반복적용할 때 마다 최적의 경로를 갱신시키는 알고리즘이다. 반복횟수가 증가할 때마다 다음의 공식에 의해 승수가 갱신된다.

$$upA_{lm} = \sum_{f \in F} \sum_{p \in P_A} f_i * w_{f_i}^p * w_{f_i}^p * l_{m_{rv}}^p - w_{lm} - t_{lm} \quad (6)$$

$$upB_{lm} = \sum_{f \in F} \sum_{p \in P_A} w_{f_i}^p * l_{m_{rv}}^p - \text{MaxNum}_{lm} \quad (7)$$

$$t_k = s_k \frac{K_{smallest} - L(A_{lm}^k, B_{lm}^k)}{g} \quad (8)$$

$$g = \sum_{l \in L} (upA_{lm})^2 + \sum_{l \in L} (upB_{lm})^2 \quad (9)$$

$$A_{lm}^{k+1} = A_{lm}^k + t_k * upA_{lm} \quad (10)$$

$$B_{lm}^{k+1} = B_{lm}^k + t_k * upB_{lm} \quad (11)$$

\*  $K_{smallest}$ : k번째 반복후에 저장된 최소의 라그랑제 함수값

\*  $L(A_{lm}^k, B_{lm}^k)$ : 현재의 라그랑제 값

\*  $S_k$ : 현재의 스텝 크기

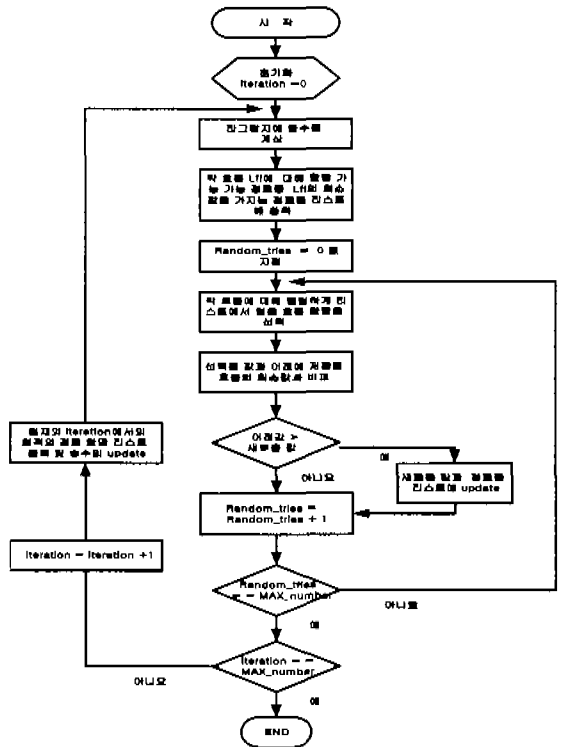


그림 1. 라그랑제법을 이용한 가상 경로 할당 순서도

### ■ 모의 실험 및 성능평가

dijkstra방법을 이용한 기존 알고리즘과 라그랑제 이완기법을 이용한 제안 알고리즘의 성능을 평가하

기 위하여 7개의 노드와 11개의 링크를 가지는 네트워크를 구성하였고, 가상 경로설정시 사용된 VP는 33개이고 총 경로는 11개를 가진다. 노드를 거치면서 생기는 지연시간은 1msec로 설정하였다. 가상경로가 지날 수 있는 최대 노드 수는 5개이다.

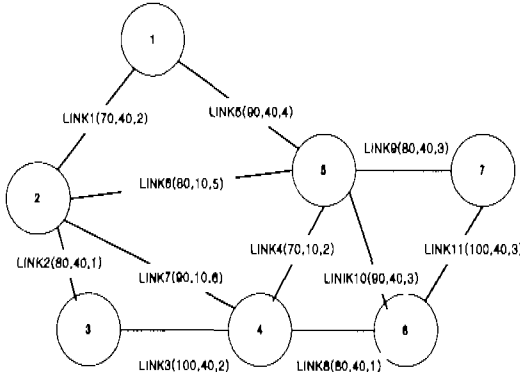


그림 2. 실험 네트워크 G (7,11)

표 1은 네트워크에서 가상 경로 설정을 위한 트래픽 흐름에 대한 초기 정보이다.

표 1. 트래픽 흐름 정보

Flow_ID	기존 알고리즘	제안 알고리즘
1	1-2-3	1-5-2-3
2	1-2-3-4	1-5-4
3	1-5-6	1-5-4-6
4	2-5	2-3-4-5
5	2-3-4-6	2-5-6
6	2-5-7	2-4-5-7
7	4-3-2-1	4-5-1
8	3-4-6	3-2-5-6
9	3-4-6	3-4-6
10	1-5-6	1-2-3-4-6
11	2-3-4-6-7	2-3-4-6-7

위의 정보를 이용하여 기존의 알고리즘인 dijkstra 방법을 적용한 가상 경로와 본 논문에서 제안한 라그랑제 이완 기법을 적용한 가상 경로를 설정하였고 결과는 표2와 같다.

dijkstra 방법으로 설정된 가상 경로가 사용하는 링크의 점유도와 제안 알고리즘인 라그랑제 이완 기법을 적용하여 설정된 가상 경로가 사용하는 링크의 점유도가 각각 그림3과 그림4에 나타나 있다.

그림3을 보면 링크 1, 2, 3번의 링크 점유도가

100%이고 4번과 7번의 링크 점유도는 0%임을 볼 수 있다. 이와 같이 기존 알고리즘은 같거나 유사한 경로에 대해 소수의 링크에 트래픽이 집중됨으로 인해 노드에서의 지연이 발생하고 새로운 트래픽이 발생할 경우 링크 1, 2, 3번은 전혀 사용할 수 없으므로 인해 가상 경로의 설정 자체가 불가능할 수도 있다.

표 2. 할당된 가상경로

Flow_ID	Source Node	Destination Node	Traffic	Hit_Penalty
1	1	3	30	100
2	1	4	30	100
3	1	6	30	100
4	2	5	20	100
5	2	6	30	100
6	2	7	20	100
7	4	1	30	100
8	3	6	30	100
9	1	6	20	100
10	1	4	30	100
11	2	7	40	100

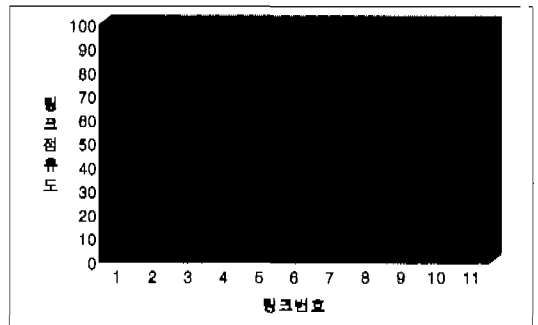


그림 3. 기존 알고리즘 적용 시 링크 점유도

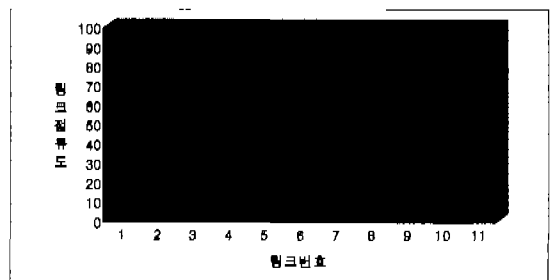


그림 4. 제안 알고리즘 적용 시 링크 점유도

본 논문에서 제안한 라그랑제 이완 기법을 적용한 가상 경로의 링크 점유도인 그림4를 보면 링크

