A Study on the Flow Control in Dynamic Capacitated Networks of GIS

정호연*, 진희채**, 안재근***, 박순달****

전주대학교*, 한국전산원**, 한경대학교***, 서울대학교****

Extended Abstract

1. 서 론

본 연구에서는 최소비용문제와 같은 유량네트워크에서 유량이 흘러가는 최적경로상의 호에 시간이 경과함에 따라 선형적으로 퇴적이 발생하는 문제를 고려한다. 호에 시간이 경과함에 따라 퇴적이 발생되면 호의 용량하한(또는 용량상한)이 점점 증가(감소)하게 되어 최적경로를 통해서 흐르는 유량의 양이 제한을 받게 된다. 만일 최적경로상에 퇴적이 많이 쌓여 주어진 유량을 더 이상 보낼 수 없게 되면 수요량을 만족시키기 위해서 줄어든 양 만큼을 우회경로를 통해 보내 주어야 문제가 가능(feasible)하게 된다. 일반적으로 호 용량의 90% 이상 퇴적이 진행된 호는 막힌 호로 분류하여 폐쇄(closed)시킨 다음 청소를 실시하게 된다. 청소가 끝나면 원래의 호 용량으로 환원되기 때문에 다시 해당 호를 통해서 용량상한까지 유량을 보낼 수 있게 된다.

본 연구의 목적은 상하수도관망이나 송유관 등과 같이 시간이 경과함에 따라 퇴적이 발생되는 동적 용량네트워크에서 최적 경로를 선정하는 해법과 이에 따른 청소 스케쥴을 수립하는 방법을 제시하는 것이다.

2. 동적 용량네트워크에서 최적 경로를 선정하는 해법

최소비용문제의 네트워크 $G=(N,A)$에 대한 최적해 X^*가 주어졌다고 하자. 이 때 만일 특정한 호 (i,j)가 퇴적이 진행되어 폐쇄되게 되면 현재 흐르던 유량의 흐름을 바꾸어 주어야 한다. 이 때 새로운 유량의 흐름은 가장 비용이 적게 드는 경로를 통해 보내주어야 한다.

가장 비용이 적게 드는 경로를 체계적으로 찾기 위해 먼저 용어를 정의하면 다음과 같다.

- u_{ij}^t : t시각에서의 각 호의 용량상한
- x_{ij}^t : t시각에서의 각 호의 유량
- δ : 시간에 따라 증가되는 퇴적율
- $G'=(N,A')$: $G=(N,A)$의 최적해 X^*에 대한 변환네트워크
- $\overline{P_k(i,j)}$: $i\rightarrow j$까지 $l_{ij} < x_{ij} < u_{ij}$인 호로 구성된 k번째 경로
- $C(i)$: i에서 $\overline{P_s(i,j)}$를 지나 i까지 되돌아오는 최소비용의 경로

위의 용어를 사용하여 최적경로를 선정하는 해법을 정리하면 다음과 같다.

계산법 (동적 용량네트워크에서 최적경로를 선정하는 해법)

[**단계** 1] [초기화]

- $t=1$
- $u_{ij}^t = u_{ij}$ (편의상 l_{ij}는 0으로 가정함)
- $G=(N,A)$에 대한 최적해를 X^t라 하자.

[**단계** 2] [u_{ij}^{t+1}의 계산 및 순환로 $C(i)$의 탐색]

- $t=t+1$
- u_{ij}^t 로부터 u_{ij}^{t+1}을 다음과 같이 계산한다.

  $u_{ij}^{t+1} = u_{ij}^t - x_{ij}^t\,\delta$ (여기서 δ는 퇴적율을 의미함)

- 호 (i,j)의 폐쇄시 마디 i에서 마디 j까지 가는 최소비용의 순환로 $C(i)$를 찾는다.

  (1) $G=(N,A)$에 대한 최적해 X^t가 주어졌을 때 변환 네트워크 $G'=(N,A')$를 다음과 같이 구성한다.

  $0 < x_{ij}^t < u_{ij}^t$인 호(i,j)에 대하여 두개의 비용을 갖는 호(i,j)와 호(j,i)로 변환한다.

  즉 $c_{ij}' = c_{ij}$, $c_{ji}' = -c_{ji}$

  $x_{ij}^t = u_{ij}^t$ 인 호 (i,j)에 대하여 $-c_{ij}$를 갖는 호(j,i)로 변환한다. 즉, $c_{ji}' = -c_{ij}$

  $x_{ij}^t = 0$ 인 호 (i,j)에 대하여 c_{ij}를 갖는 호(i,j)로 유지시킨다. 즉, $c_{ij}' = c_{ij}$

  (2) $G'=(N,A')$에서 마디 i로부터 마디 j까지 가는 최소비용의 순환로 $C(i)$를 찾는다. 이때 순환로 $C(i)=\{i, \overline{P_s(i,j)}, (j,i)\}$가 된다.

[**단계** 3] [x_{ij}^t로 부터 x_{ij}^{t+1}를 계산]

- $C(i)$에 속한 모든 호 (p,q)의 유량을 다음과 같이 바꾸어 준다.

  만일 호 $(p,q) \in C(i)$이면서 순방향호이면 $x_{pq}^{t+1} = x_{pq}^t + \theta$

  만일 호 $(p,q) \in C(i)$이면서 역방향호이면 $x_{pq}^{t+1} = x_{pq}^t - \theta$

  단, $\theta = Min\{\ Min_{(p,q)\in \text{순방향}}\ (u_{pq}^t - x_{pq}^t),\ Min_{(p,q)\in \text{역방향}}\ (x_{pq}^t - l_{pq}^t)\}$

[**단계** 4] [알고리듬의 종료조건을 검사함]

- 만약 $t \le T-1$ 이면 [단계 2]로 간다.
- 만약 $t=T$ 이면 [단계 5]로 간다.

[**단계** 5] [종료]

- 끝낸다.