

## 통신망에서의 정보전파 방법의 평가에 관한 연구\*

고 재 문\*\*

<목 차>

I. 서 론	
II. 나무형 통신망에서의 정보전파	3.4 정보전달의 발견적 방법
III. 일반형 통신망에서의 정보전파	3.5 결과 분석
3.1 정보전달순서의 결정방법	IV. 결 론
3.2 임의 네트워크의 생성	참고문헌
3.3 최단경로나마의 설정	Abstract

### I. 서 론

현대산업사회에 있어서 가장 중요한 과제의 하나는 교통 및 통신 시스템과 같은 대규모 시스템의 설계 및 운용문제이다. 왜냐하면 이러한 대규모 시스템의 개발 및 운용에는 막대한 비용이 소요되어 국가경제에 미치는 영향이 지대하기 때문이다. 실제로 대규모 네트워크의 설계 및 분석문제는 오래 전부터 최근까지 관련학문 분야의 큰 관심을 끌어 왔다. 특히 통신망에 대해서는 그 특성이 어느 한 특정 전공분야에서 독자적으로 다룰 수 없는 학제간 연구대상 과제이어서 전기, 전자, 전산 및 경영과학 등 많은 분야에서 연구가 진행되고 있다.

통신망의 실용화를 위한 하드웨어의 개발 및 설치에 대한 기술수준은 상당한 정도까지 이르고 있으나, 통신망의 운용, 관리 등 소프트웨어 분야에 대해서는 아직도 미비점이 많은 실정인으로서 보다 심층적인 연구가 필요하다. 그 중에서도 특히 정보전달 방법에 대한 연구는 통신시스템 전체의 운용 효율을 높인다는 관점에서 매우 중요하다. 왜냐하면 통신망에서 어떤 정보가 발생했을 때, 이를 어떤 순서로 전달할 것인가에 따라 통신의 효율이 크게 달라질 수 있기 때문이다.

정보전달방법에는 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 한 구성원이 갖고 있는 정보를 다른 모든 구성원에 전달하는 정보전파(information dissemination)를 다룬다.

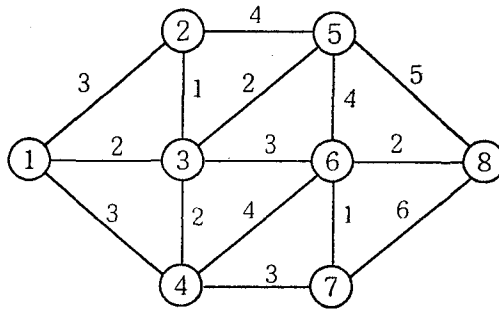
\* 이 연구는 1991년도 한국과학재단 연구비지원에 의한 결과임

\*\* 울산대학교 수송시스템공학부

이 때의 정보는 주로 통신망을 관리하는데 필요한 통제정보 또는 모든 구성원이 알아야 할 네트워크 전반에 관한 정보가 된다. 따라서 될 수 있는 한 빠른 시간 내에 이러한 정보가 전파되도록 해야 한다. 또한 본 연구에서는 다음과 같이 정보를 전달하는 방식을 다룬다.

- (a) 정보전달은 네트워크 상에서 직접 연결된 구성원에게만 할 수 있다.
- (b) 한 구성원은 여러 구성원에게 동시에 정보를 전달하지 못한다. 즉, 한 번에 한 구성원에게만 정보를 전달할 수 있다.
- (c) 한 구성원은 여러 구성원으로부터 동시에 정보를 받을 수 없다. 즉, 한 번에 한 구성원으로부터만 정보를 받을 수 있다.
- (d) 정보를 주고받는 어떤 구성원의 짝이 다른 짝과 중복되지 않는 경우에는 동시에 독립적으로 정보전달을 할 수 있다.

이와 같은 전달방식을 local broadcasting이라 하며(Farley, 1980), 대부분의 message switching network에서 볼 수 있다(Schwartz, 1977). 예를 들어 <그림 1>을 보자.

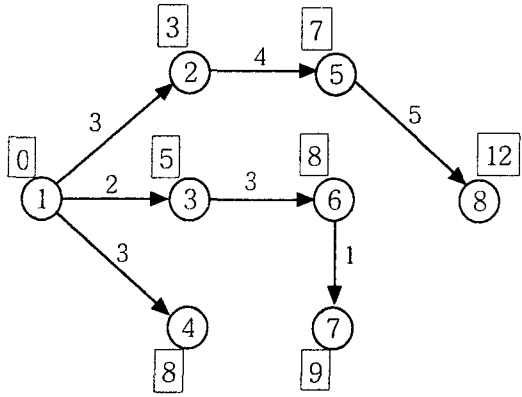


<그림 1> 통신망의 예

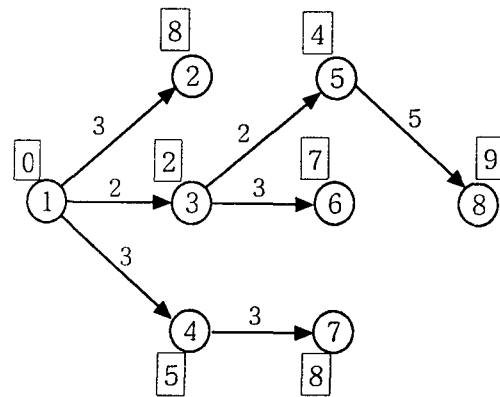
여기서 마디 1이 가지고 있는 정보를 다른 모든 마디들에게 전달해야 하는데 우선 마디 2로 정보를 전달한다. 현재 시간이 0이라고 하자. 가지 (1,2) 상의 전달시간이 3이므로 시간 3에서는 마디 1과 2가 정보를 보유하게 된다. 이 때 다시 마디 1은 3에, 마디 2는 5에 각각 정보를 보낸다. 가지 (1,3)과 (2,5) 상의 전달시간이 각각 2와 4이므로 시간 5에서는 마디 1,2,3이 정보를 알게 되고 마디 5는 아직 모른 상태이다. 또한 마디 2는 아직 정보를 보내고 있는 중이므로 이 시간에 마디 2는 다른 곳으로 정보를 보낼 수 없다. 따라서 마디 1과 3만이 정보를 보내는데, 각각 마디 4와 6으로 보낸다. 시간 7에서 가지 (2,5) 상의 정보전달이 완료되어 이 시점에서 마디 2는 더 이상 보낼 곳이 없고, 마디 5는 마디 8로 정보를 보내기 시작한다. 시간 8에서는 가지 (1,4) 와 (3,6) 상의 정보전달이 동시에 끝나게 되며 마디 4와 6 중에서 마디 7로 정보를 전달해야 하는데, 빨리 보낼 수 있도록 마디 6에서 보낸다. 따라서 시간 9에서 마디 7이 정보를 수신하게 되며, 마디 8은 시간 12에서 정보를 수신함으로써 정보전파

과정이 끝나게 된다.

이 과정을 알기 쉽게 나타내면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 정보전파방법 예 1



<그림 3> 정보전파방법 예 2

여기서 각 마디 옆의 상자 속에 있는 숫자는 그 마디의 수신시간이며 화살표 옆의 숫자는 해당 마디에서의 전달시간을 나타낸다. 따라서 모든 마디가 정보를 수신하기까지는 12만큼 걸린다. 그러나 각 마디에서의 송신 차례를 바꾸면 그 시간이 단축될 수 있다는 것을 관찰할 수 있다. 예를 들어 <그림 3>과 같이 전달 순서를 정한다면 전체의 수신시간은 9로 줄어든다.

이 예에서 본 것처럼 local broadcasting 방식에서 정보전달방법의 요체는 각 구성원에서의 전달순서가 되며 이 순서에 따라 시스템 전체의 운용효율이 달라진다. 따라서 순서결정문제가 중요한 과제로 떠오르게 된다. 그런데 일반적인 순서결정 이론(sequencing theory)은 주로 일단계 문제를 그 대상으로 한다. 즉, 해야 할 작업이 여러 개 있을 때, 어떤 작업순서에 따라 일을 하는 것이 좋은가 하는 문제를 다룬다. 이에 반해 네트워크에서의 정보전달 문제는 이러한 순서결정 문제가 네트워크 상에서 복잡하게 다단계로 얽혀 있어서 그 풀이과정이 대단히 어렵고 해결시간이 많이 든다.

Local broadcasting 방식의 정보전달에 대해서는 많은 연구가 있었고 지금도 진행중이다. 이 중에서 주목할 만한 것을 살펴보면 다음과 같다. 우선, 가장 간단한 형태인 나무형 통신망의 경우 Farley et al.(1979), Proskurowski(1981), Slater et al.(1981) 등이 최적 전달방법 및 최적통신망 설계기법 등을 개발하였는데, 각 회선에서의 전달시간이 일정한 경우만을 다루었다. Koh and Tcha(1991, 1993)는 이를 확장하여 전달시간이 서로 다른 경우에 대해서도 최적 기법을 개발하였다. 다음으로 특수한 형태를 갖는 통신망에 대한 연구도 찾아볼 수 있는데, 격자형 구조(Ko, 1979; Peck, 1980; Richards and Liestman, 1988), Hypercube (Johnson, 1989; Labahn, 1993a), 임의구조(Gerbessiotis, 1994), Torus 및 Mesh형 구조(Park, 1996)에서의 정보전달에 대한 연구가 있다. 일반형 통신망의 경우 각 회선의 정보전달시간이 같을 때

Mitchell and Hedetniemi(1980), Scheuermann and Wu(1984) 등이 최적 통신망 모양에 대한 몇 가지 모형을 제시하였다. Diks and Pelc(1996)는 정보전달을 효과적으로 수행할 수 있는 자료구조에 대해서 연구하였다. Bagchi and Hakimi(1994), Ahlswede et al.(1996), Chlebus et al.(1996), Pelc(1996) 등은 고장가능성이 있는 경우에 대해서도 다루었고, Bar-Noy and Kipnis(1994, 1997), Kwon and Chwa(1995) 등은 전달해야 할 정보가 복수일 경우에 대해서 연구하였다. Local broadcasting 방식은 한 구성원이 가지고 있는 정보를 다른 모든 구성원에게 전달하는 방식인데, 모든 구성원이 가지고 있는 정보를 다른 모든 구성원에게 전달하는 방식도 있다. 이를 gossiping이라 하는데 이에 대한 연구도 많이 찾아볼 수 있다(Krumme, 1992; Labahn, 1993b; Labahn and Warnke, 1994; Fraigniaud and Lafortest, 1996; Knisely and Laskar, 1996).

그런데 특수한 형태가 아닌 일반형 통신망에서의 정보전달문제는 NP complete임이 증명되어 있고(Slater et al., 1981), 각 회선에서의 정보전달시간이 각각 다른 경우에 대해서는 연구 결과가 거의 나와 있지 않다. 본 연구에서는 이 경우에 대해 일반형 통신망에서 빠른 시간 내에 정보를 전파하는 방법을 고안하고 이의 실증적 연구로서 컴퓨터를 이용한 모의실험을 한다. 즉 정보전달시간이 회선마다 같지 않을 경우 정보전달순서에 관한 몇 가지 발견적 방법을 제시하고, 그 타당성을 모의실험을 통하여 검증한다. 그 방법을 고안하는데 있어서 나무형 통신망에서의 최적 전달방법, 순서 결정이론 및 그래프 이론 등을 적용한다.

## II. 나무형 통신망에서의 정보전파

앞의 예에서 보는 것처럼 전체의 전달시간에 영향을 주는 것은 각 마디에서의 전달순서가 된다는 것을 알 수 있다. 그런데 각 마디에서의 최적 전달순서를 구하는 것은 나무형 네트워크의 경우 매우 효과적인 이론 및 해법이 개발되어 있다. 그 중에서 본 연구에 도움이 되는 결과를 소개하면 다음과 같다(Koh and Tcha, 1991).

$T = (V, E)$ 를 마디들의 집합  $V$ 와 가지들의 집합  $E$ 로 이루어진 뿌리가 있는 나무형 네트워크(rooted tree-type network)라 하자. 또  $V$ 의 한 원소  $v$ 에 대해  $T_v$ 를  $T$ 의 subtree 중  $v$ 를 뿌리로 하고  $v$ 와 그 자손들(descendants)로 이루어진 것이라고 하자. 이제  $v$ 의 최소 정보전달시간(minimum broadcasting time)  $t(v)$ 를  $v$ 가 정보를 알고 있을 때  $v$ 로부터  $T_v$ 의 모든 마디에 정보를 전달하는 최소시간이라 정의하자. 그러면  $T$ 의 뿌리를  $r$ 이라 할 때  $t(r)$ 은 다음의 정리를 응용하여 구한다.

(정리)  $v$ 의 자식마디(son node)들을  $v_1, v_2, \dots, v_K$ 라 하고, 가지  $(v, v_j)$ ,  $(1 \leq j \leq K)$ 에서의 정보전달시간을  $c(v_j)$ 라 하자. 그러면  $t(v)$ 는 다음과

같은 식으로 구한다.

$$t(v) = \text{Max}_{1 \leq i \leq K} \left\{ \sum_{j=1}^i c(v_j) + t(v_i) \right\} \quad \text{단, } t(v_1) \geq t(v_2) \geq \dots \geq t(v_K).$$

이 정리를 이용하여 나무형 네트워크에서의 정보전달순서 및 최적 전달시간을 구하는 해법을 소개하면 <그림 4>와 같다. 이 해법은 일반형 네트워크에 대한 해법을 찾는 데 중요한 단서가 된다.

```

void compute_min_broadcasting_time(TREE T)
{
  /* Set  $t(v) \leftarrow 0$  for all  $v$  in  $V$ . */
  Let  $U$  be the set of end nodes of  $T$ ;
  For each  $u \in U$ , set  $t(u) \leftarrow 0$ ;
  /* Set up  $T'$  and  $W$ . */
  Set  $T' \leftarrow T - U$ ;
  Let  $W$  be the set of end nodes of  $T'$ ;
  (The root should not be included in  $W$ .)
  while(  $W$  is not empty ){
    /* Select a node,  $w$ , in  $W$  and obtain  $t(w)$ . */
    Select a node  $w$  in  $W$ ;
    Let  $v_1, v_2, \dots, v_K$  be son nodes of  $w$ 
    such that  $t(v_1) \geq t(v_2) \geq \dots \geq t(v_K)$ ;

    Set  $t(w) \leftarrow \text{Max}_{1 \leq i \leq K} \left\{ \sum_{j=1}^i c(v_j) + t(v_i) \right\}$ ;

    /* Update  $U$ ,  $T'$ , and  $W$ . */
    Set  $U \leftarrow U \cup \{w\}$ ;
    Set  $T' \leftarrow T' - \{w\}$ ;
    Set  $W \leftarrow W - \{w\}$ ;
    if( the father node of  $w$  is the end node of  $T'$  )
      add the father of  $w$  to  $W$ ;
  }
  /* Obtain  $t(\text{root})$  */
  Let  $v_1, v_2, \dots, v_K$  be son nodes of the root
  such that  $t(v_1) \geq t(v_2) \geq \dots \geq t(v_K)$ ;

  Set  $t(\text{root}) = \text{Max}_{1 \leq i \leq K} \left\{ \sum_{j=1}^i c(v_j) + t(v_i) \right\}$ ;
}

```

<그림 4> 나무형 통신망에서의 최소전달시간 해법

### III. 일반형 통신망에서의 정보전파

일반형 네트워크의 경우 최적 전달시간을 구하는 문제는 NP complete임이 밝혀져 있다. 본 연구에서는 일반형 네트워크에서 적용할 수 있는 정보전달순서를 몇 가지 제시한다. 또한 임의 네트워크 생성방법 중 마디와 가지를 번갈아 가면서 구성하는 방법을 적용하여 각각의 정보전달방법에 대해 모의실험을 통하여 평가한다.

#### 3.1 정보전달순서의 결정방법

각 마디에서의 생각할 수 있는 정보전달순서는 다음과 같다.

##### 3.1.1 최단경로나무상의 최적 순서

먼저 최단경로나무를 구하고 이 나무에 이미 개발되어 있는 최적 전달순서 해법을 적용하여 이에 따라 정보를 전달한다. 이 방법은 나무형 구조에서의 연구결과를 직접 이용한 것이다. 주어진 네트워크가 나무형이면 이 방법 자체가 최적기법이 되고 나무형이 아닐 때는 각 마디까지의 최단경로를 따라 정보전달을 하는 것이 좋다고 보는 것이다. 이 때 최단경로나무에 포함되지 않은 가지도 보조적으로 이용할 수 있으므로 전체 전달시간은 최단경로나무에서보다 더 단축시킬 수 있다. 따라서 이 방법이 최적해에 가장 가까운 해를 찾을 수 있으리라 기대된다.

##### 3.1.2 마디에서의 연결가지 수에 기초한 순서

보내고자 하는 마디에 연결된 마디 중에서 연결가지 수가 가장 많은 마디쪽으로 먼저 정보를 전달한다. 이 방법은 이웃이 많은 마디에 먼저 정보를 전함으로써 전체 전달시간을 줄일 수 있다는 기대감에서 직관적으로 생각해 볼 수 있다.

##### 3.1.3 임의 순서

특정한 순서를 정하지 않고 임의로 정보를 전달한다. 가장 단순한 방법으로 전체 전달시간이 최적해와 다소 차이가 날 수 있다. 이 방법은 다른 방법을 찾기 위한 시작점이라고 할 수 있고, 여기서 구해진 해는 다른 방법에 대한 한계로서의 평가기준이 될 수 있다.

#### 3.2 임의 네트워크의 생성

일반적으로 네트워크에 대한 어떤 운용방법을 평가할 때, 실험대상이 되는 네트워크가 한정되어 있으면 그 평가의 신뢰도는 낮을 수밖에 없다. 따라서 더 많은 네트워크에 대해서 실험을 해야 하는데 현실적으로 그 대상이 많지 않은 경우가 대부분이다. 이 경우 모의실험을 통하여 가상적인 네트워크를 설정하여 운용방법을 평가하게 된다. 그런데 기존의 연구들은 지극히 제한된 일부 네트워크에 대해서만 실험을 한

경우가 대부분이다. 이는 대부분의 네트워크 문제가 그렇듯이 문제 자체가 대단히 복잡하고 해법도 어렵기 때문이다. 본 연구에서는 정보전달방법에 대한 평가를 하는데 있어서 다양한 네트워크를 대상으로 할 수 있도록 임의 네트워크(random network) 생성방법에 대해 간단히 고찰하고 통신망에 맞는 생성방법을 개발한다.

네트워크의 형태 중 메쉬형, 별모양, 반지형, 나무형, 격자형은 비교적 간단하게 임의 네트워크를 생성할 수가 있다. 그러나 일반형 네트워크의 경우는 간단치 않으며 여러 가지 생성방법이 가능하다. 전산 모의실험에서 대표적으로 쓰이는 방법으로는 행렬을 이용하여 가지를 무작위로 생성하는 방법, 2차원 공간상에서의 임의생성 방법, 마디와 가지를 번갈아 가면서 구성하는 방법, 가지추가 방법, 가지제거 방법 등이 있는데, 이러한 방법들은 실험 대상 네트워크의 종류, 연구의 목적, 정보전달 방법 등에 따라 선택여부를 결정할 수 있다.

본 연구에서는 마디와 가지를 번갈아 가면서 생성하는 방법을 채택하는데, 이는 다음과 같이 몇 가지 점에서 좋은 것으로 사료된다. 우선 이 방법을 쓰게 되면 전체 네트워크에 대한 연결성을 확실히 보장할 수 있다. 이 점은 가지추가 방법을 제외한 다른 방법과 비교할 때 우수성이 돋보인다. 다음으로 각 마디에 연결되는 가지 수(degree)에 조건을 줄 수 있다는 점이다. 이것은 통신망의 구성에 있어서 각 마디의 최대 연결가지 수(port의 최대수) 등과도 관련되어 있어서 실용성이 뛰어나다. 또한 이 조건과 관련하여 성능평가를 체계적으로 할 수 있다. 가지추가 방법도 비슷한 장점이 있으나 특수 네트워크를 먼저 생성해야 하는 번거로움과 성능평가의 모호함이 있다.

임의 네트워크를 생성하는데 고려해야 할 사항으로는 총 마디수, 마디에 연결되는 가지의 수(degree), 가지에서의 정보전달시간이 있다. 이 각각에 대해서 본 연구에서 고려한 값들은 다음과 같다.

### 3.2.1 총 마디 수

통상 통신망의 크기로 인식되는데 본 연구에서는 30, 50, 100, 150, 200의 5개의 값에 대해 고찰하였다.

### 3.2.2 마디에 연결되는 가지의 수(degree)

이 값에 대해서는 여러 가지가 있을 수 있으나 본 연구에서는 이항분포,  $b(n,p)$ 를 따른다고 가정하여 분석을 하였다.  $n$ 의 값은 3, 4, 5, 6, 7, 8을 채택하였고 이 각각에 대하여  $p$ 의 값을 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8로 두어 분석을 하였다. 일양분포와 기하분포 등에 대해서도 분석을 하였는데, 정보전달방법의 평가결과에 대해서는 거의 같은 결과가 나왔다.

### 3.2.3 가지에서의 정보전달시간

회선상에서의 정보전달시간의 실증적 분석에 관한 연구는 아직까지는 찾아보기 힘들다. 다만 대기행렬이론을 이용하여 특정한 상황에서의 전달시간 공식을 해석적으

로 구한 연구는 있었지만 이 또한 해석에 필요한 가정이 현실과는 거리가 있기 때문에 그 적용에 많은 제한이 따른다. 전기통신의 경우 그 전송속도가 매우 빠르기 때문에 시간에 별로 관심을 안두고 전달순서에만 초점을 맞추고 있는 경향이다. 그러나 마디에서의 정보처리속도가 기술적으로 빨라지는 추세에 있고 대규모 네트워크의 경우 가지에서의 전달속도를 무시할 수 없기 때문에 이 부분에 대해 보다 많은 연구가 필요하다 하겠다. 정보처리시간 또는 정보전달시간의 분석에 응용될 수 있는 확률분포로는 일양분포(uniform distribution), 지수분포(exponential distribution), Erlang 분포(Erlang distribution), 정규분포(normal distribution), 확정분포(deterministic distribution) 등이 있다.

이들 분포의 각각에 대해서 분석을 하였는데, 결과가 거의 같았다. 본 연구에서는 지수분포에 대한 결과를 소개한다. 대표적인 값으로 평균이 10인 지수분포를 적용한다. 이 때 시간이 0으로 나오거나 너무 큰 값 - 예를 들어 50 이상인 값은 배제하도록 한다.

### 3.3 최단경로나무(shortest path tree)의 설정

일반형 통신망에서의 정보전달의 기준으로 나무형 통신망을 설정하는 것도 좋은 방법이다. 즉 일반형 통신망의 모든 마디를 연결하는 걸침나무(spanning tree)를 하나 설정하여 이에 근거한 정보전달순서를 정하는 것이 좋은 결과를 기대할 수 있다. 왜냐하면 나무형 통신망에서의 정보전파에 대해서는 좋은 연구결과가 나와 있고 이를 활용할 수 있기 때문이다. 걸침나무로는 많은 종류가 있으나 최단경로나무(shortest path tree)를 택하는 것이 가장 좋을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 최단경로를 구하는데 잘 알려진 Dijkstra의 방법을 이용하여 최단경로나무를 구한다. 이렇게 구한 나무형 네트워크에 앞에서 소개한 정리를 적용하여 일반형 네트워크에서의 정보전달순서를 정한다.

### 3.4 정보전달의 발견적 방법

이상의 논의를 정리하여 일반형 통신망에서의 정보전달과정에 대한 발견적 방법을 다음과 같이 요약할 수 있다.

#### 3.4.1 제1단계: 임의 네트워크의 생성

네트워크를 확률적으로 만들어내는 과정이다. 이는 마디의 총수  $N$ 을 입력값으로 하여 일반형 네트워크를 발생시키는데, 각 마디에서의 연결가지 수는 시행횟수가  $n$ 이고 1회 시행시 성공확률이  $p$ 인 이항분포,  $b(n,p)$ 를 한다고 가정한다. 단 연결가지 수가 0인 경우는 없으므로 이 분포에서 0의 값을 배제한 절단형 분포를 사용한다. 그리고 경우에 따라서는 연결되지 않은 네트워크가 생성될 수 있는데, 이 경우에는 가지를 추가하여 전체 네트워크가 연결되도록 한다. 따라서 각 마디에서의 연결가지 수의 확률분포는 이항분포에서 약간 오른쪽으로 치우친 형태가 될 수 있다.



### 3.4.2 제2단계: 최단경로나무의 구성

앞에서 발생시킨 네트워크에서 임의로 정보의 출발점을 선택하여, 이로부터 다른 모든 마디까지의 최단경로와 이런 경로들로 구성된 최단경로나무를 구하는 과정이다. 여기서는 Dijkstra의 방법을 이용한다.

### 3.4.3 제3단계: 정보전달과정의 추적

정보의 출발점으로부터 전달순서를 차례로 구해 나가는 과정이다. 각 방법의 기준에 따라 각 마디에서의 전달순서를 결정하여 먼저 선택된 가치를 따라 정보전달의 일정계획(scheduling)을 한다. 일정계획에 따른 가치에서의 정보전달이 끝나면 거기에 참여했던 두 개 마디의 각각에 대해 다시 정보전달 대상을 택하여 같은 과정을 반복한다.

이를 근간으로 한 전체적인 프로그램 구조를 보면 <그림 5>와 같다.

## 3.5 결과 분석

앞에서 제시한 4가지의 정보전달순서 결정방법의 성능을 평가하기 위해 (N,n,p)의 여러 값에 대해 전산모의실험을 하였다. Borland C++ 4.5로 프로그래밍하여 IBM PC (Pentium)에서 실험을 수행하였다.

전체 정보전달시간 - 정보의 출발점으로부터 다른 모든 마디까지 정보를 전달하는 시간을 평가기준으로 한 결과를 정리하면 <표 1>에서 <표 5>까지와 같다. 한 조의 (N,n,p)값에 대하여 각각 20개의 네트워크를 생성시키고, 각 방법의 평균전달시간을 표에 나타냈다.

표의 맨 왼쪽 열은 (n,p)의 값이고, 두번째 열은 네트워크에서 가지 수의 밀도를 나타낸다. 밀도는 다음과 같은 식으로 구한다.

$$(\text{밀도}) = \frac{(\text{통신망의 가지수})}{(\text{이론적으로 가능한 최대가지수})} = \frac{(\text{통신망의 가지수})}{N(N-1)/2}$$

3, 4, 5열은 각 정보전달 방법에 따른 전체 정보전달시간의 평균을 나타낸다. 평균은 한 조의 (N,n,p)의 값에 대해 20개의 임의 네트워크를 생성시켰으므로 각 네트워크에 대한 전달시간을 20으로 나누어서 계산한다. s는 각 마디에서의 정보전달순서를 나타내며 그 의미는 다음과 같다.

s = 1 : 최단경로나무상의 최적순서

s = 2 : 마디에서의 연결가지 수에 기초한 순서

s = 3 : 임의 순서

맨 오른쪽의 열은 앞의 전달순서 중 가장 좋은 - 평균전달시간이 가장 적은 것을 나타낸다.

```
int  Num_node[] = {30, 50, 100, 150, 200};
                                     /* number of nodes in a network */
int  Num_node_set = 5; /* size of Num_node set */
int  n1 = 3; n2 = 8; /* range of parameter n of b(n,p) */
float p1 = 0.3; p2 = 0.8; /* range of parameter p of b(n,p) */
int  Num_net = 20; /* number of generated networks */
int  N, n, seq;
float p;

void information_dissemination()
{
    NETWORK network;
    TREE tree;
    int i, j;

    initialize();
    for(i = 0; i < Num_node_set; i++){
        N = Num_node[i];
        for(n = n1; n <= n2; n++){
            for(p = p1; p <= p2; p += 0.1){
                compute_degree_prob_distribution(n,p);
                for(j = 0; j < Num_net; j++){
                    network = generate_network(N,n,p);
                    select a center in the network;
                    tree = find_shortest_path_tree(center, network);
                    for(seq = 1; seq <= 4; seq++)
                        disseminate_information(center, seq, network, tree);
                } /* N: # of nodes in the network */
            } /* n: 1st parameter of b(n,p) */
        } /* p: 2nd parameter of b(n,p) */
    } /* j: index of generated network for one set of (N,n,p) */
}
```

<그림 5> 일반형 통신망에서의 정보전파에 관한 발견적 해법

<표 1> N = 30 일 때 정보전파시간의 평균

(n, p)	밀도	s			s*
		1	2	3	
(3, 0.3)	0.133	208.0	212.9	213.5	1
(3, 0.4)	0.133	192.8	194.3	195.6	1
(3, 0.5)	0.135	188.8	191.8	194.9	1
(3, 0.6)	0.136	150.1	153.6	158.1	1
(3, 0.7)	0.145	111.6	115.9	118.3	1
(3, 0.8)	0.160	101.5	106.4	108.3	1
(4, 0.3)	0.133	199.6	200.4	203.7	1
(4, 0.4)	0.134	175.0	176.8	184.2	1
(4, 0.5)	0.141	119.0	129.1	128.6	1
(4, 0.6)	0.158	91.9	102.1	101.3	1
(4, 0.7)	0.177	62.0	64.7	64.9	1
(4, 0.8)	0.211	58.1	63.9	60.5	1
(5, 0.3)	0.134	173.3	180.6	185.4	1
(5, 0.4)	0.137	126.0	134.1	143.7	1
(5, 0.5)	0.160	82.2	93.6	93.6	1
(5, 0.6)	0.185	67.1	71.1	70.1	1
(5, 0.7)	0.215	56.5	60.3	56.4	3
(5, 0.8)	0.257	42.4	53.2	42.9	1
(6, 0.3)	0.137	123.6	133.8	131.6	1
(6, 0.4)	0.158	90.2	99.8	100.2	1
(6, 0.5)	0.185	62.0	72.2	70.1	1
(6, 0.6)	0.231	48.6	55.3	54.3	1
(6, 0.7)	0.257	46.7	60.8	46.7	1
(6, 0.8)	0.309	42.2	50.3	41.0	3
(7, 0.3)	0.147	112.1	121.0	126.7	1
(7, 0.4)	0.172	79.7	98.2	89.7	1
(7, 0.5)	0.206	59.1	69.9	63.8	1
(7, 0.6)	0.257	45.9	56.4	44.9	3
(7, 0.7)	0.305	44.3	54.3	42.6	3
(7, 0.8)	0.356	37.4	50.3	39.5	1
(8, 0.3)	0.153	96.1	101.4	105.8	1
(8, 0.4)	0.193	62.5	68.6	66.5	1
(8, 0.5)	0.238	52.7	64.1	52.9	1
(8, 0.6)	0.286	42.4	52.3	41.2	3
(8, 0.7)	0.352	38.4	47.7	40.1	1
(8, 0.8)	0.408	38.1	45.9	35.7	3

s\* : 평균전달시간이 가장 적은 순서

<표 2> N = 50 일 때 정보전파시간의 평균

(n, p)	밀도	s			s*
		1	2	3	
(3, 0.3)	0.080	317.8	318.9	319.8	1
(3, 0.4)	0.080	349.7	354.4	357.0	1
(3, 0.5)	0.080	311.9	315.2	320.5	1
(3, 0.6)	0.080	228.7	235.3	241.6	1
(3, 0.7)	0.087	152.3	162.7	166.0	1
(3, 0.8)	0.099	95.8	99.6	98.8	1
(4, 0.3)	0.080	345.6	346.7	347.8	1
(4, 0.4)	0.080	256.3	264.3	266.0	1
(4, 0.5)	0.083	195.1	207.5	209.6	1
(4, 0.6)	0.093	108.2	123.5	122.3	1
(4, 0.7)	0.107	76.5	86.6	82.2	1
(4, 0.8)	0.125	63.5	69.9	66.6	1
(5, 0.3)	0.080	258.0	261.7	265.3	1
(5, 0.4)	0.083	225.4	233.6	242.2	1
(5, 0.5)	0.095	99.1	104.9	109.4	1
(5, 0.6)	0.112	77.2	83.0	79.3	1
(5, 0.7)	0.136	60.2	62.7	60.5	1
(5, 0.8)	0.154	56.6	57.5	54.5	3
(6, 0.3)	0.081	223.4	229.7	236.4	1
(6, 0.4)	0.089	109.6	118.3	115.9	1
(6, 0.5)	0.110	85.6	94.2	94.2	1
(6, 0.6)	0.136	60.6	70.1	65.8	1
(6, 0.7)	0.161	50.1	59.5	52.7	1
(6, 0.8)	0.181	52.0	59.3	49.4	3
(7, 0.3)	0.085	182.4	195.6	198.7	1
(7, 0.4)	0.104	90.4	102.4	98.2	1
(7, 0.5)	0.128	64.7	76.5	71.3	1
(7, 0.6)	0.152	50.1	64.1	53.9	1
(7, 0.7)	0.181	50.8	60.7	52.7	1
(7, 0.8)	0.216	45.0	62.1	46.0	1
(8, 0.3)	0.091	113.7	126.8	129.8	1
(8, 0.4)	0.116	62.5	71.7	71.5	1
(8, 0.5)	0.144	58.5	72.9	61.5	1
(8, 0.6)	0.176	44.5	59.1	48.4	1
(8, 0.7)	0.210	46.7	54.8	45.4	3
(8, 0.8)	0.246	42.6	49.5	39.7	3

s\* : 평균전달시간이 가장 적은 순서

<표 3> N = 100 일 때 정보전파시간의 평균

(n, p)	밀도	s			s*
		1	2	3	
(3, 0.3)	0.040	593.7	597.8	598.8	1
(3, 0.4)	0.040	631.0	635.6	639.8	1
(3, 0.5)	0.040	572.3	577.0	585.1	1
(3, 0.6)	0.040	468.0	476.6	494.0	1
(3, 0.7)	0.042	235.8	251.5	260.9	1
(3, 0.8)	0.047	137.3	154.8	150.5	1
(4, 0.3)	0.040	631.4	638.2	642.7	1
(4, 0.4)	0.040	575.6	588.2	599.7	1
(4, 0.5)	0.041	287.4	306.2	319.7	1
(4, 0.6)	0.047	132.6	148.2	155.5	1
(4, 0.7)	0.054	86.3	99.1	94.1	1
(4, 0.8)	0.063	77.8	84.9	80.4	1
(5, 0.3)	0.040	538.2	547.8	554.8	1
(5, 0.4)	0.041	236.8	252.3	267.3	1
(5, 0.5)	0.047	117.3	131.5	132.1	1
(5, 0.6)	0.056	79.6	92.3	87.9	1
(5, 0.7)	0.066	72.2	81.4	75.1	1
(5, 0.8)	0.078	66.3	73.3	66.1	3
(6, 0.3)	0.040	356.8	367.5	378.8	1
(6, 0.4)	0.045	144.2	156.1	162.9	1
(6, 0.5)	0.055	88.4	99.0	94.0	1
(6, 0.6)	0.067	65.1	78.3	71.1	1
(6, 0.7)	0.078	62.4	75.7	65.5	1
(6, 0.8)	0.092	54.2	67.8	55.9	1
(7, 0.3)	0.042	281.9	302.0	313.7	1
(7, 0.4)	0.052	98.7	108.4	111.8	1
(7, 0.5)	0.062	84.9	98.2	87.4	1
(7, 0.6)	0.077	59.6	73.3	65.0	1
(7, 0.7)	0.090	55.5	68.0	55.1	3
(7, 0.8)	0.107	49.4	64.5	49.6	1
(8, 0.3)	0.045	140.5	157.7	167.6	1
(8, 0.4)	0.057	86.4	102.3	96.2	1
(8, 0.5)	0.072	67.7	80.7	73.2	1
(8, 0.6)	0.087	55.4	67.1	58.0	1
(8, 0.7)	0.105	50.2	72.0	55.5	1
(8, 0.8)	0.122	50.7	66.3	52.8	1

s\* : 평균전달시간이 가장 적은 순서

<표 4> N = 150 일 때 정보전파시간의 평균

(n, p)	밀도	s			s*
		1	2	3	
(3, 0.3)	0.027	926.7	931.1	934.0	1
(3, 0.4)	0.027	964.8	969.9	979.4	1
(3, 0.5)	0.027	805.5	819.3	834.2	1
(3, 0.6)	0.027	675.3	701.2	720.3	1
(3, 0.7)	0.028	246.6	262.5	270.4	1
(3, 0.8)	0.032	136.5	151.5	147.9	1
(4, 0.3)	0.027	948.4	952.8	965.6	1
(4, 0.4)	0.027	776.8	789.7	809.7	1
(4, 0.5)	0.027	431.6	459.7	479.6	1
(4, 0.6)	0.031	154.2	166.1	176.8	1
(4, 0.7)	0.035	107.8	122.1	113.7	1
(4, 0.8)	0.042	81.8	96.1	81.8	1
(5, 0.3)	0.027	768.5	784.7	809.1	1
(5, 0.4)	0.027	463.5	499.2	519.6	1
(5, 0.5)	0.032	131.0	152.4	159.1	1
(5, 0.6)	0.037	98.1	111.0	109.6	1
(5, 0.7)	0.044	76.2	85.8	77.4	1
(5, 0.8)	0.052	65.0	77.7	65.4	1
(6, 0.3)	0.027	647.5	678.2	693.7	1
(6, 0.4)	0.031	172.1	192.2	201.3	1
(6, 0.5)	0.037	98.8	115.4	111.0	1
(6, 0.6)	0.044	78.0	88.8	83.4	1
(6, 0.7)	0.052	71.1	86.0	71.4	1
(6, 0.8)	0.062	61.4	78.7	61.8	1
(7, 0.3)	0.028	371.2	402.5	412.6	1
(7, 0.4)	0.035	107.2	117.7	118.0	1
(7, 0.5)	0.043	85.1	96.6	94.8	1
(7, 0.6)	0.051	68.6	85.4	68.2	3
(7, 0.7)	0.061	60.1	80.0	61.4	1
(7, 0.8)	0.072	56.1	71.6	55.3	3
(8, 0.3)	0.030	163.9	190.2	185.0	1
(8, 0.4)	0.038	89.8	99.7	101.0	1
(8, 0.5)	0.047	73.4	92.8	77.7	1
(8, 0.6)	0.058	59.1	78.0	63.6	1
(8, 0.7)	0.069	56.0	69.9	57.1	1
(8, 0.8)	0.081	52.4	67.5	52.5	1

s\* : 평균전달시간이 가장 적은 순서

&lt;표 5&gt; N = 200 일 때 정보전파시간의 평균

(n, p)	밀도	s			s*
		1	2	3	
(3, 0.3)	0.020	1459.2	1460.5	1468.6	1
(3, 0.4)	0.020	1254.0	1257.3	1267.5	1
(3, 0.5)	0.020	1243.7	1254.3	1270.5	1
(3, 0.6)	0.020	786.1	815.8	832.4	1
(3, 0.7)	0.021	268.5	293.4	295.2	1
(3, 0.8)	0.024	137.9	157.6	160.3	1
(4, 0.3)	0.020	1273.7	1281.4	1293.2	1
(4, 0.4)	0.020	1136.4	1150.4	1188.9	1
(4, 0.5)	0.021	515.3	549.5	559.2	1
(4, 0.6)	0.023	158.1	184.2	178.4	1
(4, 0.7)	0.027	96.3	109.8	106.2	1
(4, 0.8)	0.031	92.7	98.5	89.4	3
(5, 0.3)	0.020	1040.4	1060.6	1086.8	1
(5, 0.4)	0.020	410.9	448.1	462.7	1
(5, 0.5)	0.024	151.9	171.7	165.1	1
(5, 0.6)	0.028	100.5	119.4	109.6	1
(5, 0.7)	0.033	82.0	97.7	90.2	1
(5, 0.8)	0.039	67.4	83.1	73.6	1
(6, 0.3)	0.020	859.6	909.6	925.5	1
(6, 0.4)	0.023	168.4	188.5	196.6	1
(6, 0.5)	0.028	106.6	124.3	117.2	1
(6, 0.6)	0.033	85.5	97.9	86.3	1
(6, 0.7)	0.039	70.7	84.7	74.5	1
(6, 0.8)	0.046	69.0	84.1	68.6	3
(7, 0.3)	0.021	411.4	441.6	461.9	1
(7, 0.4)	0.026	139.0	153.7	153.1	1
(7, 0.5)	0.031	92.3	105.9	92.6	1
(7, 0.6)	0.038	73.7	88.7	77.5	1
(7, 0.7)	0.046	62.6	81.3	62.7	1
(7, 0.8)	0.053	61.7	79.3	60.0	3
(8, 0.3)	0.023	157.2	174.8	181.0	1
(8, 0.4)	0.028	96.2	111.4	106.2	1
(8, 0.5)	0.036	77.4	94.5	87.1	1
(8, 0.6)	0.044	63.8	79.2	63.9	1
(8, 0.7)	0.052	60.6	81.0	64.1	1
(8, 0.8)	0.061	54.2	71.7	55.4	1

s\* : 평균전달시간이 가장 적은 순서

결과를 보면 다음과 같이 몇 가지 주목할 만한 것을 찾아낼 수 있다.

1) 전체적으로  $n$ 이나  $p$ 가 증가함에 따라 정보전파시간은 감소함을 볼 수 있다. 이것은 마디에서의 연결가지 수가 많아지면 정보를 보내고 난 다음의 마디가 쓸데없이 쉬는 일이 줄어들고 따라서 전체 전달시간이 줄어들 것이란 예상에 들어맞는 결과이다.

2) 극히 일부이긴 하지만  $p$ 가 증가함에도 불구하고 전달시간이 늘어남을 볼 수 있는데  $((N,n,p) = (30,6,0.7), (30,8,0.7), (50,7,0.8), (50,8,0.7), (100,8,0.7), (200,8,0.7))$ 일 때) 이것은 모의실험의 성격상 불가피한 것으로 보여진다. 즉, 난수를 발생시켜 각 마디에서 연결가지 수를 구하는데  $p$ 의 값이 큰데도 불구하고 연결가지 수가 작아지는 사례가 가능하기 때문이다. 또한 정보의 출발점 역시 난수발생을 통하여 임의로 선택한 바, 이에 따라 전체의 전달시간이 늘어날 소지가 약간은 있기 때문이다. 그러나 그 차이는 극히 미미한 것으로 나타났다.

3)  $(n,p)$ 의 값이  $(3, 0.3)$ 과  $(3, 0.4)$ 일 때 밀도는 같은 값으로 나왔다. 이 경우 연결가지 수의 평균값은 각각 1.4와 1.5로서 (절단 이항분포의 경우  $\mu = np / (1 - p^n)$ ) 이것은 연결가지 수가 1 또는 2가 많다는 것을 뜻한다. 이를 만족하려면 네트워크의 연결성이 보장되지 않으므로 추가적으로 가지가 필요하다. 따라서 이항분포의 의미가 상당히 약해지고  $(3, 0.3)$ 과  $(3, 0.4)$ 의 구분도 거의 불필요해지는 결과를 초래한다. 그러므로 네트워크의 크기에 따라서 전달시간이 오히려 역전되는 경우가 생기는데 이에 대한 해석은 무의미하다. 이것은 흥미를 끌 수 있는 결과로서 연결가지 수의 확률분포에서 모수를 선정하는데 시사하는 바가 크다고 하겠다.

4) 세 가지의 전달방법 중 거의 모든 경우에 첫 번째 방법이 가장 좋은 것으로 나타났다. 간혹 세 번째의 방법 - 임의 순서를 이용한 전달방법이 좋은 것으로 나타났으나 첫 번째 방법과의 시간 차이가 별로 없고 또 임의의 순서이기 때문에 모의실험의 성격상 나타나는 희귀한 경우로 볼 수 있다. 따라서 최단경로나무를 먼저 구하고 여기에 나무형 최적 전달순서를 적용하여 정보전달을 하는 것이 가장 좋은 것으로 평가할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 일반형 통신망에서 각 회선상에서의 정보전달시간이 같지 않을 경우 local broadcasting 방식에 따라 정보전달을 하는 문제를 다루었다. 먼저 나무형 구조에 대한 최적 해법을 검토하여 이를 일반형 구조에 응용할 수 있는 단서를 모색하였다. 다음으로 통신망의 형태, 임의 네트워크 생성방법, 회선상에서의 전달시간에 대해 고찰하였다. 마지막으로 일반형 통신망의 경우 전달순서결정에 대한 몇 가지 방법을 제시하여 전산모의실험을 통하여 각 방법에 대한 평가를 하였다.

그 결과 먼저 최단경로나무를 구한 다음, 나무형 구조에서의 최적해를 응용하여



전달순서를 결정하는 것이 가장 좋다는 결과를 얻었다. 가지상에서의 전달시간의 확률분포가 지수분포라고 가정하였으나 일양분포나 정규분포에 대해서도 같은 결과를 얻을 수 있었다. 또한 마디에서의 연결가지 수의 확률분포가 일양분포에 대해서도 같은 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구에 대한 확장으로 생각할 수 있는 것은 다음과 같다.

- (1) 모든 구성원이 가지고 있는 정보를 다른 모든 구성원에 전달하는 gossiping 방식에서의 모의실험
- (2) 가지나 마디의 고장가능성을 고려한 모의실험
- (3) 전달해야하는 정보가 복수일 경우의 해석적 접근 및 모의실험

## 참고문헌

- [1] Ahlswede, R., Gargano, L., Haroutunian, H.S., and Khachatrian, L.H., "Fault-tolerant Minimum Broadcast Networks," *Networks*, Vol.27, No.4, 1996, pp.293-307.
- [2] Bagchi, A. and Hakimi, S.L., "Information Dissemination in Distributed Systems with Faulty Units," *IEEE Trans. Comput.*, Vol.43, 1994, pp.698-710.
- [3] Bar-Noy, A. and Kipnis, S., "Broadcasting Multiple Messages in Simultaneous Send/receive Systems," *Discr. Appl. Math.*, Vol.55, No.2, 1994, pp.95-105.
- [4] Bar-Noy, A. and Kipnis, S., "Multiple Message Broadcasting in the Postal Model," *Networks*, Vol.29, No.1, 1997, pp.1-10.
- [5] Chlebus, B.S., Diks, K., and Pelc A., "Broadcasting in Synchronous Networks with Dynamic Faults," *Networks*, Vol.27, No.4, 1996, pp.309-318.
- [6] Diks, K. and Pelc, A., "Broadcasting with Universal Lists," *Networks*, Vol.27, No.3, 1996, pp.183-196.
- [7] Farley, A., "Minimum-time Line Broadcast Networks," *Networks*, Vol.10, 1980, pp.59-70.
- [8] Farley, A., Hedetniemi, S., Mitchell, S., and Proskurowski, A., "Minimum Broadcast Graphs," *Discrete Math.*, Vol.25, 1979, pp.189-193.
- [9] Fraigniaud, P. and Laforest, C., "Minimum Gossip Bus Networks," *Networks*, Vol.27, No.3, 1996, pp.239-251.
- [10] Gerbessiotis, A.V., "Broadcasting in Random Graphs," *Discr. Appl. Math.*, Vol.53, 1994, pp.149-170.
- [11] Johnson, S.L. and Ho, C.T., "Optimum Broadcasting and Personalized Communication in Hypercubes," *IEEE Trans. Comput.*, Vol.38, No.9, 1989, pp.1346-1358.
- [12] Knisely, J.A. and Laskar, R., "Cyclic Gossiping Times for Some Classes of Graphs," *Networks*, Vol.28, No.3, 1996, pp.135-141.
- [13] Ko, C., "On a Conjecture concerning Broadcasting in Grid Graphs," *preliminary report, Notices Amer. Math. Soc.*, Vol.26, 1979, A-196.

- [14] Koh, J. and Tcha, D., "Information Dissemination in Trees with Nonuniform Edge Transmission Times," *IEEE Trans. Comput.*, Vol.40, No.10, 1991, pp.1174-1177.
- [15] Koh, J. and Tcha, D., "Local Broadcasting in a Tree under Minimum Criterion," *Networks*, Vol.23, No.1, 1993, pp.71-79.
- [16] Krumme, D.J., "Fast Gossiping for the Hypercube," *SIAM J. Comput.*, Vol.21, No.2, 1992, pp.365-380.
- [17] Kwon, O.H. and Chwa, K.Y., "Multiple Message Broadcasting in Communication Networks," *Networks*, Vol.26, No.4, 1995, pp.253-261.
- [18] Labahn, R. and Warnke, I., "Quick Gossiping by Telegraphs," *Discr. Math.*, Vol.126, 1994, pp.421-424.
- [19] Labahn, R., "Information Flows on Hypergraphs," *Discr. Math.*, Vol.113, 1993a, pp.71-97.
- [20] Labahn, R., "Some Minimum Gossip Graphs," *Networks*, Vol.23, 1993b, pp.333-341.
- [21] Mitchell, S. and Hedetniemi, S., "A Census of Minimum Broadcast Graphs," *J. Combin., Inform. & Systems Sci.*, Vol.5, 1980, pp.141-151.
- [22] Park, J.Y.L. and Choi, H.A., "Circuit-switched Row-column Broadcasting in Torus and Mesh Networks," *Networks*, Vol.27, No.2, 1996, pp.159-167.
- [23] Peck, G.W., "Optimal Spreading in an n-dimensional Rectilinear Grid," *Stud. Appl. Math.*, Vol.62, 1980, pp.69-74.
- [24] Pelc, A., "Fault-tolerant Broadcasting and Gossiping in Communication Networks," *Networks*, Vol.28, No.3, 1996, pp.143-156.
- [25] Proskurowski, A., "Minimum Broadcast Trees," *IEEE Trans. Comput.*, Vol.C-30, 1981, pp.363-366.
- [26] Richards, D. and Liestman, A.L., "Generalizations of Broadcasting and Gossiping," *Networks*, Vol.18, 1988, pp.125-138.
- [27] Scheuermann, P. and Wu, W., "Heuristic Algorithms for Broadcasting in Point-to-point Computer Networks," *IEEE Trans. Comput.*, Vol.33, 1984, pp.804-811.

[28] Schwartz, M., *Computer-Communication Networks: Design and Analysis*, Prentice-Hall, NJ, 1977.

[29] Slater, P.J., Cockayne, E., and Hedetniemi, S.T., "Information Dissemination in Trees," *SIAM J. Comput.*, Vol.10, 1981, pp.692-701.

<Abstract>

**Evaluation of Information Dissemination Methods  
in a Communication Network**

Jae-moon Koh

This study deals with the problem of information dissemination in a communication network, which is defined to be the process whereby a set of messages, generated by an originator, is transmitted to all the members within the network. Since this type of message generally includes control data to manage the network or global information that all members should know, it is to be required to transmit it to all the members as soon as possible.

In this study, it is assumed that a member can either transmit or receive a message and an informed member can transmit it to only one of its neighbors at a time. This type of transmission is called 'local broadcasting'. Several schemes of call sequencing are designed for a general-type network with nonuniform edge transmission times, and then computer simulations are performed. Some heuristics for information dissemination are proposed and tested. For this, optimal call sequence in a tree-type network, sequencing theory and graph theory are applied. The result shows that call sequencing based on the shortest path tree is the most desirable.