

지연모델에 기반을 둔 분산선거전략에서의 노드의 선호도에 관한 연구

正會員 陳 祈 範* 正會員 崔 景 熙** 正會員 李 炯***

A Study on the preference of a node in Distributed Election Strategies Based on the Delay model

Ki Bum Chin*, Kyung-Hee Choi**, Hyung Lee*** *Regular Members*

要 約

고유번호를 기준으로 리더를 선출하는 방법과 시스템의 성능을 높일 수 있도록 리더를 선출하는 방법이 사용되고 있다. 성능을 고려한 리더 선거방법에 대한 이전의 연구는 단방향 지연값을 노드의 성능을 나타내는 선호도로 하였지만 본 연구에서는 양방향 지연값을 노드의 선호도로 하였다. 후보의 수를 다양하게 하여 양방향 선호도와 단방향 선호도에 의하여 선출되는 리더의 질을 최적리더를 뽑을 확률과 상대오차를 기준으로 비교 연구하였다.

ABSTRACT

While the value of unidirectional delay was used as the preference of a node in the previous research on the performance of the leader, this paper proposes the value of bidirectional delay as a preference of a node and analyzes election strategies in the case of the various number of candidates through simulation. We made a comparative study to evaluate the quality of leaders chosen by the bidirectional preference and unidirectional preference in terms of relative error and from the standpoint of the probability of choosing the optimal leader.

I. 서 론

분산 컴퓨터 시스템은 공통 목적을 위하여 서로 협력하는 자치적인 컴퓨터, 노드 혹은 프로세스들의 집합이다. 분산 시스템에서 리더를 선출하고 리더로 하여금 자원을 관리하는 방법을 사용할 수 있다. 리더가 고장으로 인하여 본래의 기능을 수행할 수 없을 때 새로운 리더를 선출하여야 한다.

대부분의 리더 선거에 대한 기존의 연구에서는 노

* 崇實大學校 電子計算院
** 亞洲大學校 工科大学 컴퓨터工學科
*** 大田大學校 工科大学 情報工學科
論文番號: 9401
接受日字: 1994年 1月 4日

드들에게 고유번호를 부여하여 가장 큰 번호를 갖거나 또는 가장 작은 번호를 갖는 노드를 리더로 한다 [1, 2, 6, 7, 8]. 본 연구에서는 각 노드에 선호도를 고려하는데 노드의 선호도를 단 방향 지연값으로 하는 논문[16]과는 달리 양방향 지연값을 선호도로 하여 논문[16]에서 우수한 선거 전략임이 밝혀진 선거 전략들을 택하여 양방향 선호도로 하는 경우와 단방향으로 하는 경우에 어느 선거전략이 더 성능이 좋은 리더를 선출하는가를 모의 실험을 하여 고찰하였다.

2장에서는 시스템 모델에 대하여 간략히 기술하고, 3장에서는 선거전략의 확률론적인 분석을, 4장에서는 모의실험과 결과에 대하여, 5장에서는 결론을 기술한다.

II. 시스템 모델

그래프로 분산 시스템을 모델링하고 모든 간선은 양 방향이고 가중치로 두 노드간의 소요되는 통신시간과 큐잉 지연시간의 합으로 주어진다고 가정 한다. 앞으로는 위의 가중치를 편의상 지연값으로 표현하겠다. 예를들어 선호도를 노드 i 와 노드 j 와의 지연값이라고 하면 선호도는 수치화 될 수 있다고 가정하자. 이런 경우에는 지연값을 선호도로 하는 경우 선호도 값이 적을 수록 양질의 서비스를 제공하게 된다. 노드 i 에서 노드 j 까지의 지연값과 노드 j 에서 노드 i 까지 지연값이 각 노드에서의 큐잉 시간이 다를 수 있으므로 다를 수 있다.

성능을 선호도로 본다면 기존의 방법[16]에서는 노드 j 의 시스템의 전반적인 선호도는 이 시스템에서 모든 노드 i 로부터 j 로 가는 최단 경로의 합으로 정의하였으나, 본 논문에서는 노드 j 의 시스템 전반적인 선호도를 다른 모든 노드 k 로부터 노드 j 로 오는 최단경로의 합 $\sum_{k=1, k \neq j}^n d(k, j)$ 와 노드 j 에서 다른 모든 노드 i 로 가는 최단 경로의 합 $\sum_{i=1, i \neq j}^n d(j, i)$ 을 더한 것으로 정의한다.

즉 노드 j 의 시스템 전반적인 선호도 $D(j)$ (단 $d(i, j)$ 는 노드 i 에서의 최단경로이다)는 $\sum_{i=1, i \neq j}^n d(j, i) + \sum_{k=1, k \neq j}^n d(k, j)$ 로 정의한다.

그러므로 시스템 전반적인 선호도가 가장 작은 노드를 최적노드라 할 수 있다.

노드의 선호도에 기반을 둔 선거전략은 후보 노드 중 가장 선호도가 좋은 노드에 한표씩 던져서 최다 득표한 그 후보가 당선되게 하는 다수결(Plurality) 전략과, 후보 노드중 가장 선호도가 좋은 노드에 2표 평균이상인 선호도를 갖는 후보에게 1표를 던져서 최다 득표한 리더를 선출하는 플루앞(plu_app) 전략, 후보 노드들을 선호도 순으로 한표씩 차등을 두면서 표를 던져 최다 득표한 후보가 리더로 선출되는 보다(Borda) 전략과, 후보노드 중 임의로 한 노드를 택하여 리더로 선출하는 랜덤(Random) 전략 등이 있다. 이 랜덤전략은 선호도를 고려하지 않고, 고유번호만을 기준으로 리더를 선출하는 선거 전략과 같다. 이 전략은 다른 선거 전략과 비교 하는데 이용 된다.

선거전략에 의하여 선출한 리더가 항상 최적리더가 될 수는 없다. 선거전략과 선호도에 따라 달라 지는데 각 선거전략으로 뽑힌 리더가 최적리더에 얼마나 가까운가를 분석하기 위한 측도로써 상대오차와 최적리더를 뽑을 확률을 사용하였다. 선출된 리더 노드 i 의 상대오차는 $\frac{D(0) - D(j)}{D(0) - D(w)}$ 으로 정의된다.

(단 0는 선거알고리즘에 관계없는 시스템의 최적 리더이며, w 는 최악의 리더이고, j 는 선거전략에 의하여 선출된 리더의 번호이다)

선거전략에 의해 선출된 리더가 최적리더일 확률을 적중확률로 정의한다. 선출된 리더의 질을 평가하기 위해 적중될 확률 즉 적중확률과 선출된 리더와 최적 리더가 시스템에 제공하는 선호도의 상대적인 차의 기대치 즉, 상대오차를 이용할 수 있다.

III. 양방향 선호도인 다수결 2 전략의 확률론적인 접근

논문 [16]에서는 단방향 지연값을 선호도로 한 다수결 선거전략에 대한 확률적인 분석을 하였는데 논문 [17]에서는 양방향 지연값을 선호도로 한 다수결 선거전략을 확률론적인 접근을 하였다.

최적리더를 선출하는 전략중에서 플루앞 전략은 각노드에서 후보 노드에게 2표 이상을 투표할수 있고 보다 전략과 보다2전략은 (후보노드수 - 1) 이하의 투표를 한다. 투표수가 투표이상으로 선거하는 선거 전략에서의 선거 결과 벡터는 각 후보 노드의 득표결과가 어느노드로 부터 각기 온 것인지를 확률적으로

분석 할 수가 없어서 일반적인 확률론적 분석을 할 수 없다. 이에 본 절에서는 각 노드에서 후보 노드에게 한장의 투표를 하는 다수결2전략에 대해서는 다음과 같이 확률론적으로 접근을 하고, 이 분석결과와 시뮬레이션 결과와 비교 하였다. 다른 전략에 대해서는 시뮬레이션을 통하여 선거전략의 성능을 비교 분석하고자 한다.

[정리1] 지연 모델에서 가중치 행렬의 원소 W_{ij} 는 매개변수(parameter) λ 를 갖는 동일한 지수 분포로부터 뽑힌다고 가정하자. 다수결2선거 전략은 각 노드 i 가 $\min(W_{ij} + W_{ji})$ 인 후보노드 j 에게 1장의 표를 주어 최다 득표한 후보노드가 리더가 되는 선거 전략이다. 후보노드 j 가 리더로 선출 되었을때, j 가 최적의 리더일 확률은 다음과 같다.

$$\Pr(\sum_i (W_{ij} + W_{ji}) < \sum_i (W_{ik} + W_{ki}) \quad (\forall k \neq j))$$

$$= \sum_{r=1}^R N_i r \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x) \prod_{k=2}^P F_k(x) dx$$

단, R : 순서가 있는 선거벡터의 총수

P : 후보 노드의 수

N_i : 선거에 참여하는 n 개의 노드가 후보노드 P 개에 대하여 다수결2전략으로 투표하여 얻은 한 선거벡터를 만드는 방법의 총수

r : 투표1과 똑같은 투표결과를 갖는 후보의 수

$f(x)$: 정규분포의 확률밀도 함수

$F(x)$: 정규분포의 확률분포 함수

이 정리에 대한 증명은 논문[17]에 게재 되어있다. 위의 정리의 결론과 논문[16]에서의 다수결전략의 확률론적인 접근에 대한 정리의 결과를 비교하기 위해 수치계산을 매개변수 $\lambda=1$ 를 갖는 지수 분포를 택하여 각 노드별 10,000개의 가중치 행렬위에 양방향 지연값을 선호도로 시뮬레이션을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

노드수	후보수	근사식으로 구한 확률	시뮬레이션으로 구한 확률
9	9	40.0 (x)	44.3 (x)

그림 (2)

IV. 시뮬레이션

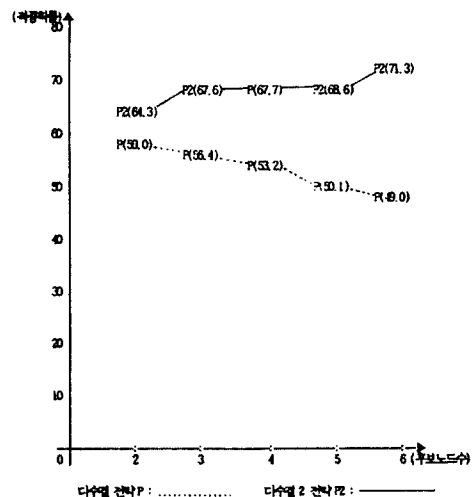
선거 알고리즘을 수행하는 중 링크 고장과 노드 고

장은 발생 하지 않는 것으로 가정하였다. 모의 실험에서 지연모델은 균등분포 난수를 발생시켜 가중치 행렬을 만들어 연구하였다.

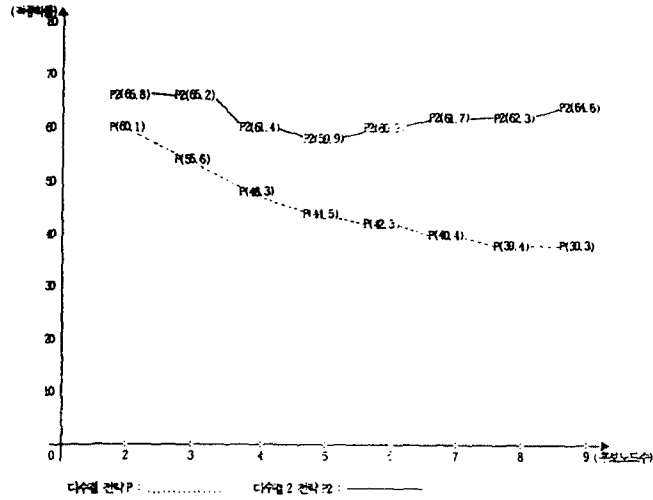
본 논문에서는 링크고장과 선거전략의 비교연구인 논문[17]과는 달리 양방향 선호도의 우수성을 보이 기 위하여 양방향 선호도의 성능에 초점을 맞추고 있고 후보 노드의 수를 2개 노드 이상에서 전체노드까지 다양하게 설정하였으며, 리더의 질을 평가할 때도 상대오차 만을 고려한 논문[17]과는 달리 상대오차와 최적리더를 뽑을 확률을 동시에 고려하였다.

시뮬레이션을 위하여 랜덤숫자를 이용하여 가상적인 네트워크(Network)를 나타내는 가중치 그래프를 구성하였다. 노드의 갯수는 6개, 9개, 12개(후보노드 수는 2~노드의 전체 갯수)의 경우로 나누어서 구성하였으며 각 경우마다 노드와 노드사이에 링크가 존재할 확률을 30%, 60%, 90%로 역시 랜덤숫자를 생성하여 부여하였다. 균등 분포 난수를 발생시켜서 양 방향으로 서로 다른 값을 부여하였다. 시뮬레이션을 하기 위하여 노드당 10,000개의 가중치 그래프로 구성하고 시스템의 최악의 리더, 그리고 최적의 리더를 구하고 이들을 이용하여 3장에서 정의된 각 노드별, 전략별로 2장에서 정의한 적중 확률과 상대오차를 구하여 평균하였다.

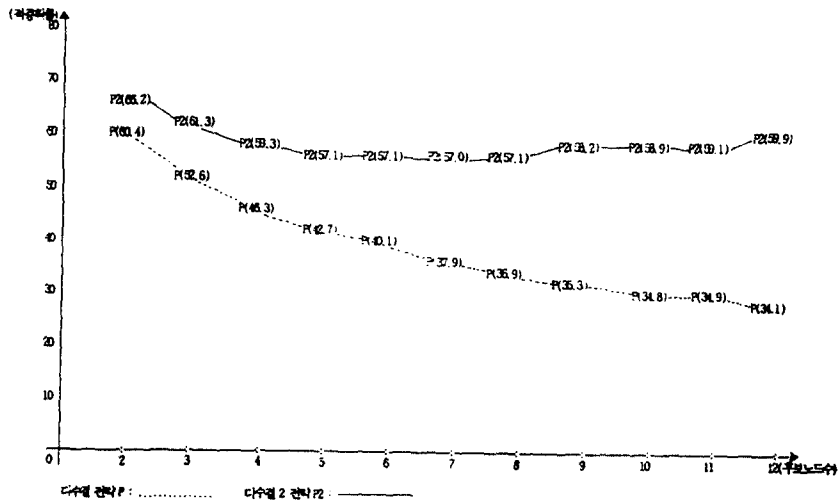
[그림 1-a], [그림 1-b], [그림 1-c]에서 후보노드 수가 커지면 단방향 지연값을 선호도로 하는 다수결 전략중에서 최적리더를 선출할 확률인 적중확률이



[그림 1-a] 최적리더 노드 6개



[그림 1-b] 최적리더 노드 9개

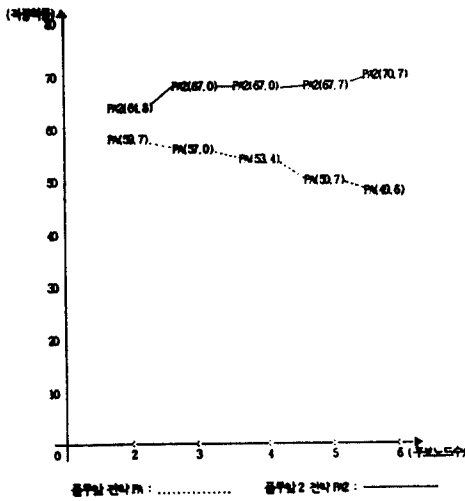


[그림 1-c] 최적리더 노드 12개

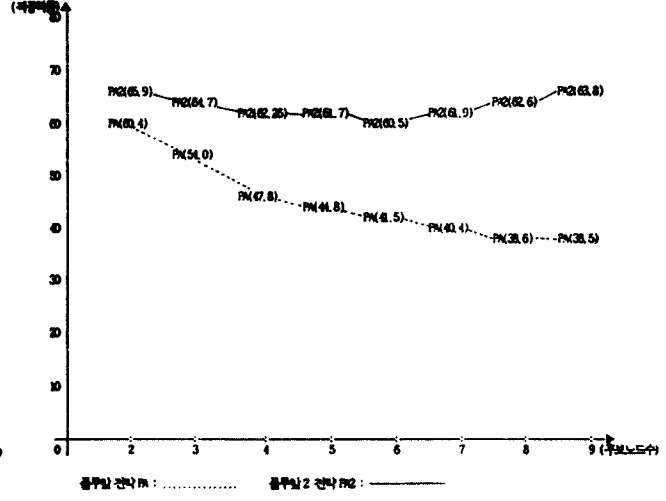
더 낮아지고 있는데 양방향 지연값을 선호도로 하는 다수결2전략에서는 후보노드수가 증가하더라도 고른 적중확률을 나타내고 있는 오히려 후보노드수가 커지면 적중확률이 좀 더 커지는 경향을 보이고 있다.

[그림 2-a], [그림 2-b], [그림 2-c]에서는 [그림

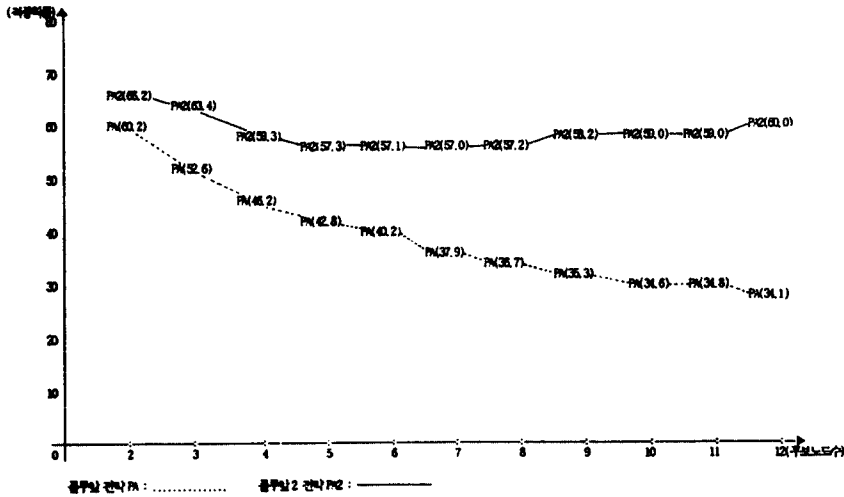
1-a], [그림 1-b], [그림 1-c]보다는 전체적으로 적중 확률이 높는데 양방향 지연값을 선호도로 하는 플루 앞2전략이 단방향 선호도를 취하는 플루앞전략 보다 높은 적중확률을 보이고있고 후보노드 수가 증가 할 때도 고른 적중확률을 나타내고 있다.



[그림 2-a] 최적리더 노드 6개



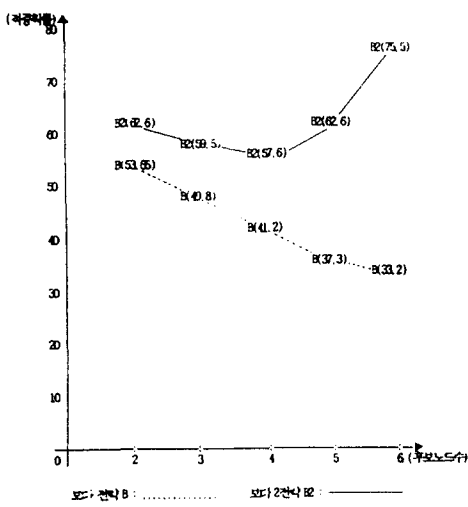
[그림 2-b] 최적리더 노드 9개



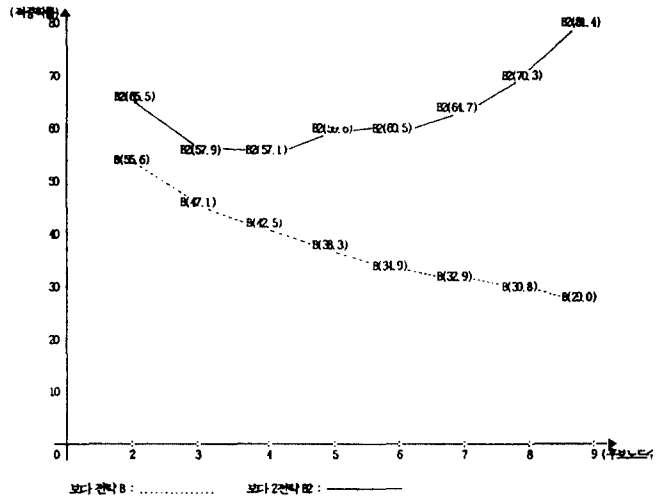
[그림 2-c] 최적리더 노드 12개

[그림 3-a], [그림 3-b], [그림 3-c]에서는 단방향 선호도를 택하는 보다전략이 후보노드 수를 증가시켰을때 낮은 적응확률을 나타내는 반면에 양방향 선

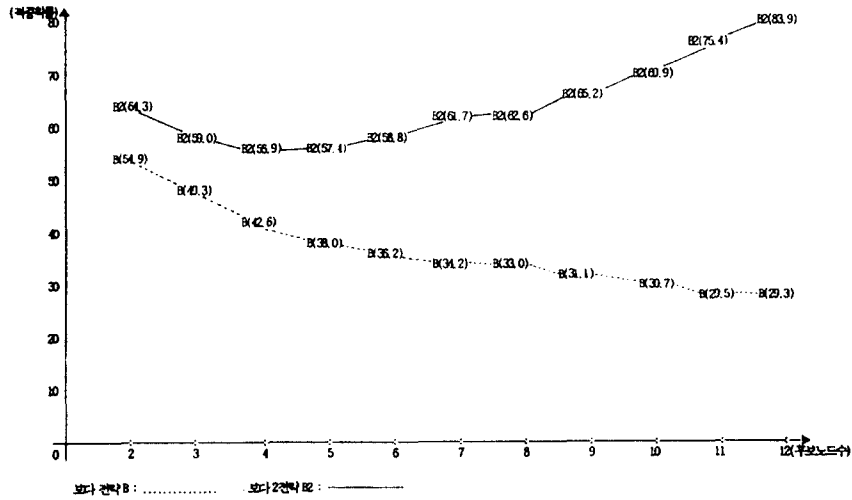
호도를 취하는 보다2전략은 후보노드 수를 증가시키면 적응확률이 더 높아지고 있음을 보이고 있다.



[그림 3-a] 최적리터 노드 6개



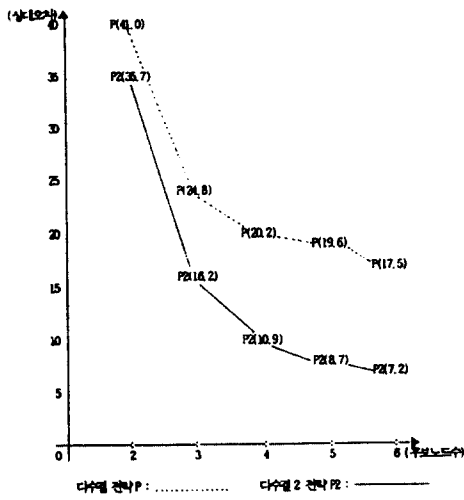
[그림 3-b] 최적리터 노드 9개



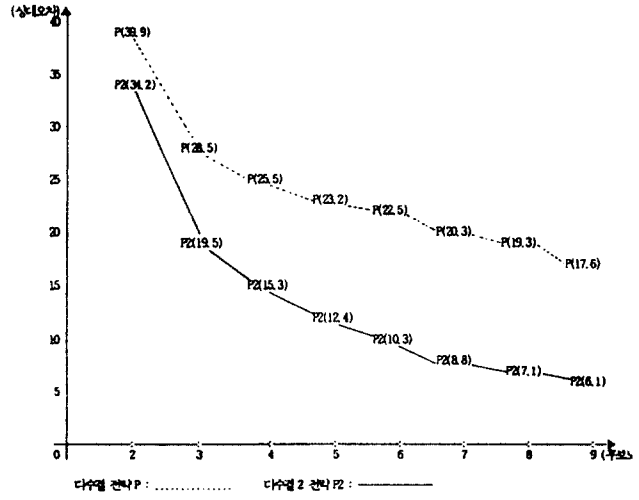
[그림 3-c] 최적리터 노드 12개

[그림 4-a], [그림 4-b], [그림 4-c]에서는 단방향 선호도를 취하는 다수결 전략과 양방향 선호도를 택하는 다수결2전략 모두가 후보노드 수가 증가 할때 상대오차가 점점 작아지고 있음을 보이고 있고 다수

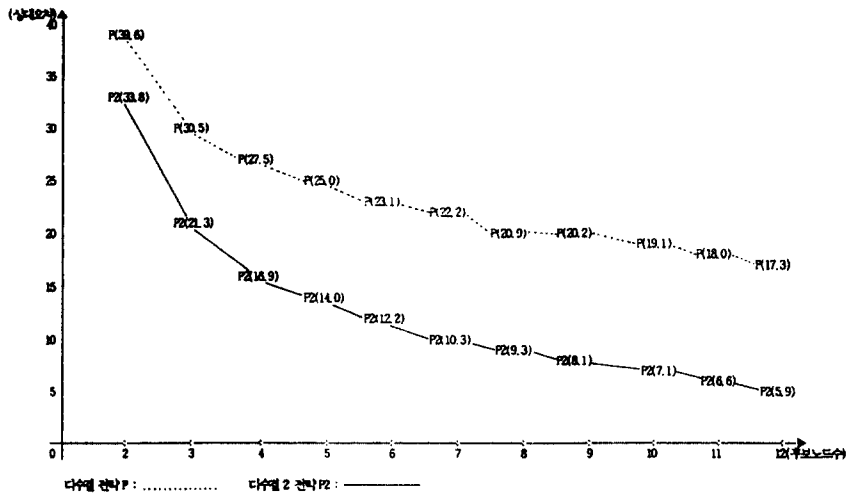
결2전략의 상대오차 값이 다수결전략의 것보다 후보노드 모두의 경우에서 훨씬 더 작게 나오고 있음을 보이고 있다.



[그림 4-a] 상대오차 노드 6개



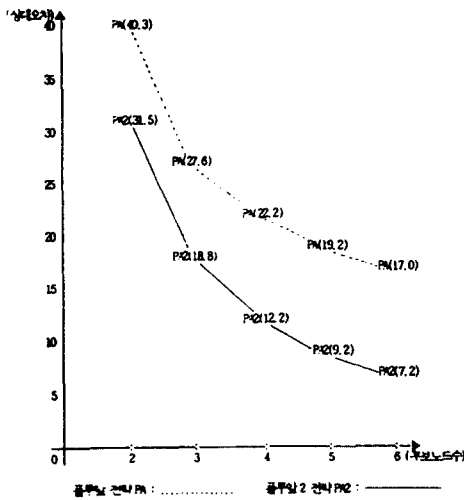
[그림 4-b] 상대오차 노드 9개



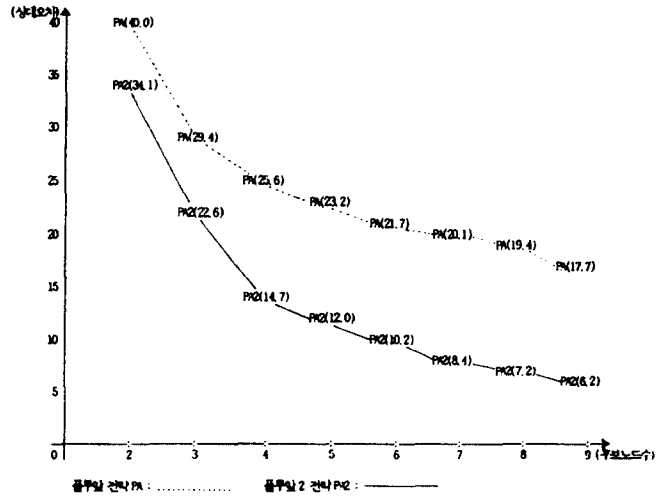
[그림 4-c] 상대오차 노드 12개

[그림 5-a], [그림 5-b], [그림 5-c]에서도 후보노드 수가 커짐에 따라 상대오차 값이 점점 작아지고 있고, 양방향 선호도를 취하는 플루약2전략이 단방향

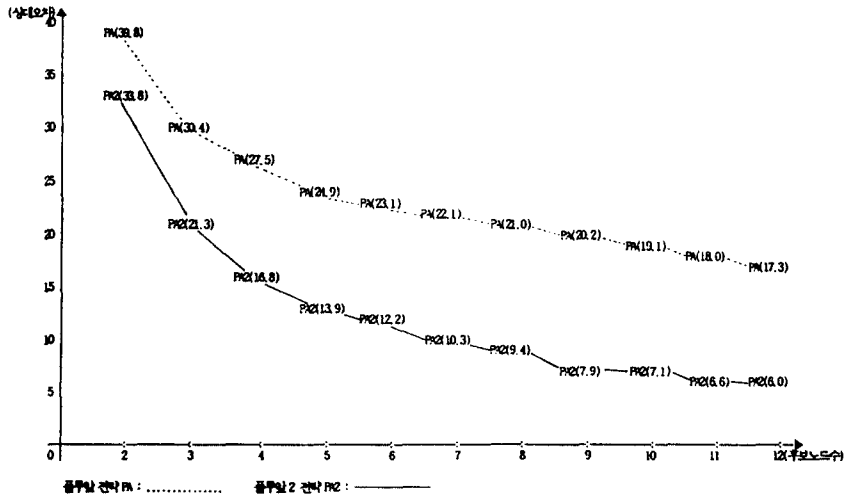
선호도를 취하고 있는 플루약전략보다 상대오차 값이 각 후보노드에 대해서도 모두 훨씬더 작은 상대오차가 나오고 있음을 보이고 있다.



[그림 5-a] 상대오차 노드 6개



[그림 5-b] 상대오차 노드 9개

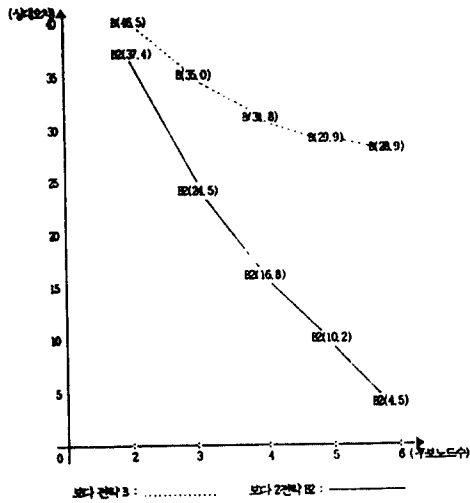


[그림 5-c] 상대오차 노드 12개

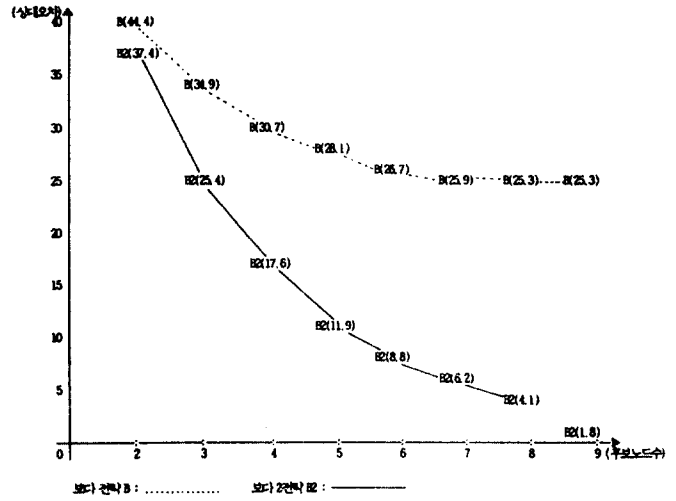
[그림 6-a], [그림 6-b], [그림 6-c]에서도 위의 경우에서와 같이 후보노드수가 증가함에 따라 양쪽 모두 상대오차 값이 점점 작아지고 있다.

특히 양방향 선호도를 취하고 있는 보다2전략의 상

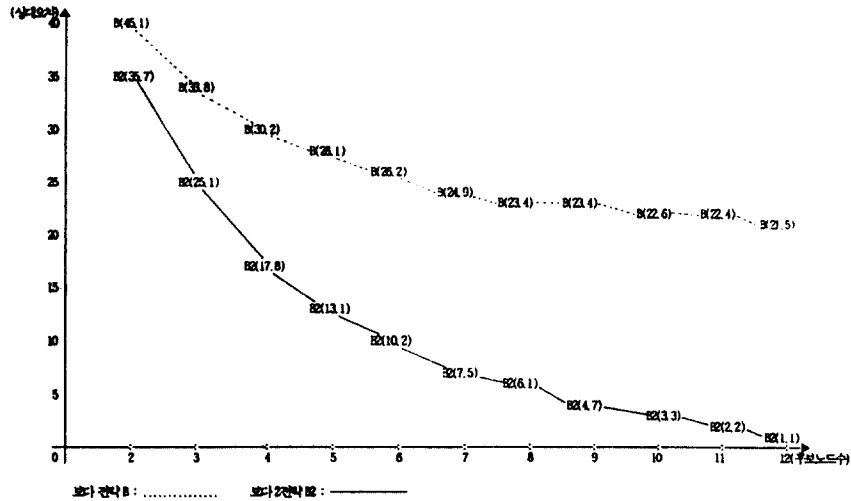
대오차 값이 각 후보노드의 경우 단방향 선호도를 택하고 있는 보다전략보다 훨씬더 작은 상대오차 값이 나오고 있음을 보이고 있다.



[그림 6-a] 상대오차 노드 6개



[그림 6-b] 상대오차 노드 9개



[그림 6-c] 상대오차 노드 12개

V. 결 론

이 논문에서 노드의 성능의 정의를 논문[16]과는 달리 양방향으로 하여 다수결 선거 전략을 확률론적인 접근을 하였고, 시뮬레이션을 실행하여 단방향 지연값을 선호도로 하는 선거전략과 양방향 지연값을

선호도로하는 선거전략에 대한 비교 분석하였다. 노드번호를 기반으로 선출하는 선거전략은 랜덤전략과 같은데 성능을 기반으로 한 다른 두 선거전략으로 선출된 리더가 랜덤 선거전략으로 뽑은 리더보다 훨씬 더 좋은 성능을 보이고 있다. 후보 노드의 수를 다양하게 한 경우에 대하여 연구한 결과 각 후보 노드수

에 대하여도 이 논문[16]에서 단방향 지연값을 선호도로 하는 보다전략으로 선출한 리더보다 양방향 지연값을 선호도로 하는 보다2전략으로 선출한 리더가 최적리더에 대한 근접성을 나타내는 상대오차값이 더 작게 나오고 있다. 즉 단방향 지연값을 선호도로 하는 선거전략보다 양방향 지연값을 선호도로 하는 선거전략으로 선출된 리더의 성능이 최적리더에 더 근접한다고 할 수 있다. 또 최적리더를 뽑은 확률도 전자의 선거전략 보다 후자의 선거전략이 더 크다고 할 수 있다.

향후 연구에서는 확률론적인 측면에서 링크의 고장과 선출되는 리더와 관계를 연구하고자 하며, 이론적인 결과와 본 논문의 시뮬레이션의 결과를 비교하여 입증하고자 한다. 또한 노드수를 증가하고 연결확률을 더 세분해서 실험하여 링크의 고장과 선거전략 사이의 관계를 보다더 분명히 하고자 한다.

참 고 문 헌

1. HOSAME ABU-AMARA, "Fault-Tolerant Distributed Algorithm for Election in Complete Networks," IEEE TRANS. ON COMPUTER VOL.37, NO.4, PP.449-453, (April. 1988).
2. B.Awerbuch, "Optimal Distributed Algorithms for Minimum weight Spanning Tree, Counting, Leader Election and Related problems," ACM-STOC PP.230-240, 1987.
3. K.Birman, et al, "Implementing Fault Tolerant Distributed objects," IEEE Trans. on Software Engineering., vol. SE-11, No.6, PP.502-508, (Jun. 1985).
4. P.H.Enslow, "what is a distributed data processing system?," computer, pp.13-21, (Jan. 1978).
5. MICHAEL J.FISHER AND NANCY A.LYNCH AND MICHAEL S.PATERSON "Impossibility of Distributed Consensus with one Faulty," Journal of ACM, vol.32, No.2, pp.374-382, (April. 1985).
6. G.Fredrickson and N.Lynch, "Electing a Leader in a Synchronous Ring," JACM, vol.34, No. 1, PP.98-115, (Jan. 1987).
7. E.Gafni, "Improvements in the Time com-

- plexity of Two Message-Optimal Algorithms," ACM STOC, pp.175-207, 1985.
8. H. Garcia-Molina, "Election in a Distributed computer system," IEEE Trans. on computer, vol.c-31, no.1, pp.48-59, (Jan 1982).
9. Oded Goldreich and Liuba shrira, "On the complexity of computation in the presence of link failures the cass of a ring ;," Distributed Computing 5 : 121-131, 1991.
10. H.Houlin, "The strategy of Social choice," North Holland publishing company, Advanced Textbooks in Economics, Amsterdam, 1983.
11. ALON ITAI, SHAY KUTTEN, YARON WOLFSTAHL, AND SHMUEL ZAKS "Optimal Distributed t-resilient Election in complete networks," IEEE TRANS. ON S.E, VOL.16, NO.4, PP.415-420 (April. 1990).
12. Shay kутten and Yaron Wolfsthal "Finding a leader in a distributed system where elements may fail," proc. 17th IEEE Anrou. Electronics and Aerospace Con6., Washington, DC, PP. 101-105, (Sept. 1984).
13. D.MENASCE, R. MUNTZ and J. POPEK, "A Locking protocol for resource Coordination in Distributed Databases," ACM TODS, Vol.5, No.2, PP.103-138, (June 1980).
14. L.Shrira and O.Goldreich, "Electing a leader in a ring with link failures," Acta Inform., Vol.24, pp.79-91, 1987.
15. R.G.Smith, "The contract net protocol : High level communication and control in a distributed problem solver," in proc. 1st INT. conf. Distributed comput. syst, Huntsville, AL, pp. 185-192, (Oct. 1979).
16. SINGH, SURESH PRAKASH, "Preference-Based Leader Election in Distributed systems," ph.D. Dissertation, Dept. of Computer and Information Science, University of Massachusetts, (Sept. 1990).
17. "노드의 성능에 기반을 둔 분산선거전략에 미치는 링크고장의 영향." (정보과학회 논문 심사중)



陳 祈 範(Ki Bum Chin) 정회원
1970年 3月 ~ 1974年 2月 : 서울대학교 사범대학 수학교육과, 이학사
1984年 3月 ~ 1986年 8月 : 송실대학교 산업대학원 전자계산학과, 공학석사
1989年 9月 ~ 1992年 8月 : 아주대학교 대학원 컴퓨터 공학과 박사과정 수료

1994年 8月 : 공학박사 학위취득 예정

1990年 3月 ~ 1990年 12月 : 명지대학교 공과대학 컴퓨터공학과 시간강사

1980年 9月 ~ 현재 : 송실대학교 전자계산원 전임 강사(Soongsil University Computer Institute)

崔 景 熙(Kyung-Hee Choi) 정회원
1972年 3月 ~ 1976年 2月 : 서울대학교 사범대학 수학교육과, 이학사
1977年 3月 ~ 1979年 : 불란서 ENSEEIH 그랑데폴 정보공학과, 엔지니어, 공학석사
1979年 ~ 1982年 : 불란서 폴자바티에대 정보공학과, 공학박사
1982年 ~ 현재 : 아주대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수

李 炯(Hyung Lee) 정회원
第16卷 第11號 參照
1991年 ~ 현재 : 대전대학교 공과대학 정보공학과 교수