고가용성 중복제거(De-Duplication) 기법

이철민*, 김재훈*, 김영규**
*아주대학교 컴퓨터공학과
**에스아이포유
e-mail : elfinx@gmail.com

High Available De-Duplication Algorithm

Choelmin Lee*, Jai-Hoon Kim*, Young Gyu Kim**
*Dept. of Computer Engineering, Ajou University
** Si4U Co., Ltd.

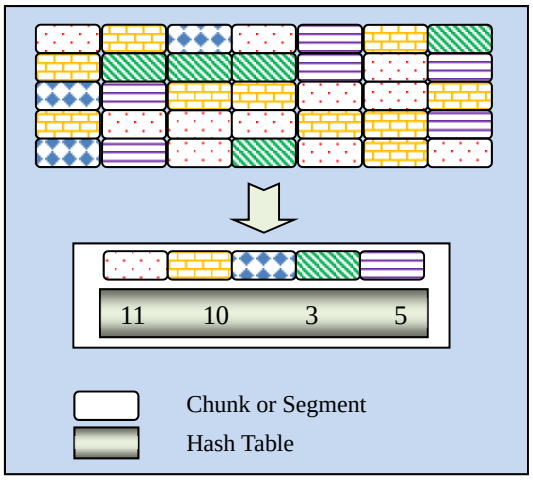
요 약

중복 제거(De-duplication) 기법은 파일시스템 내에서 동일한 내용의 데이터 블록이나 파일의 중복을 제거하여 유일한 내용만을 보관함으로써, 저장장치의 낭비를 막을 수 있다. 상반된 개념으로 결함극복을 위하여 동일한 파일시스템이나 시스템 구성요소를 복제(이중화)함으로써, 일부 시스템 결함시 복제(이중화)된 다른 시스템을 이용하여 신뢰성과 가용도를 향상시킬 수 있다. 그러나 결함극복을 위한 파일시스템의 이중화는 저장장치의 낭비화 복제된 파일시스템의 일치성 유지에 비용이 소요된다. 본 논문에서는 일정 수준의 가용도를 유지하기 위한 중복제거 기법을 제안하고 성능을 평가하였다. 제안하는 고가용도 중복제거 기법에서는 요구되는 가용도를 유지할 수 있는 범위내에서 중복을 제거하며, 필요에 따라 선택적으로 중복을 유지할 수 있도록 한다

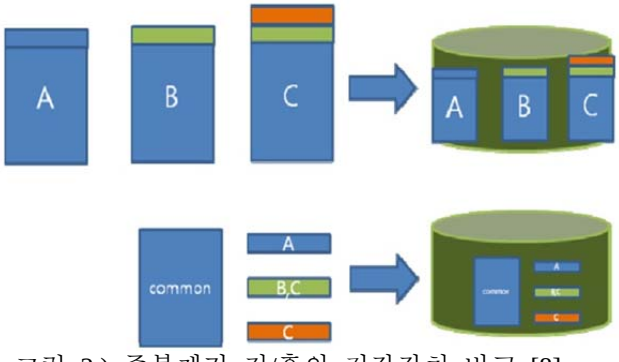
1. 서론

중복 제거(De-duplication)기법을 사용하여 그림 1 과 같이 중복된 데이터 블록이나 화일이 존재할 때 이를 제거함으로써 그림 2 와 같이 저장장치를 절약할 수 있다[1]. 중복제거 기법을 사용하면 최대 90% 이상의 저장공간 절약의 효과가 있으며[2], 데이터 관리(저장, 전송) 비용이 감소하게 된다.

중복제거와는 상반되는 개념으로 결함극복을 위하여 중복(redundancy)이 기본적으로 사용된다. 중복에는 물리적 중복(물리적 요소의 다중화), 시간적 중복(오류 시 재수행, 반복 기능), 정보의 중복(에러 검사/복구 비트 추가) 이 있으며 중복제거(de-duplication)와 대칭되는 것은 물리적 중복(physical redundancy)이 된다. 즉, 시스템의 신뢰성과 가용도를 높이기 위하여 시스템 구성 요소를 물리적으로 다중화 시킴으로써 일부 시스템 요소에 결함이 발생하면 다른 동일한 기능의 중복된 요소가 이를 대체함으로써 결함을 극복할 수 있다. 그러나, 중복(redundancy)에 의한 결함극복은 다중화에 따른 비용이 발생된다. 예를 들어 파일시스템의 가용도를 높이기 위하여 이를 이중화 할 경우 저장 장치의 용량이 두 배로 필요하고, 복제된 데이터간의 일치성 유지를 위한 비용이 필요하게 된다. 결과적으로 중복제거(de-duplication)의 장점인 중복 제거에 따른 저장비용 감소와 관리(저장, 전송)비용 감소가 이와는 반대로 가용도를 향상하기 위한 복제(redundancy) 기법에서는 추가되는 비용으로 작용한다.



(그림 1) 중복제거 개념 [8]



(그림 2) 중복제거 전/후의 저장장치 비교 [8]

본 논문에서는 중복제거와 복제기법을 동시에 고려하여 사용자가 요구하는 신뢰성 또는 가용도를 유지하면서 중복 제거 정도를 조정할 수 있는 기법을 제안하고 필요에 따라 선택적으로 중복을 유지하거나 복제를 하는 기법을 제안한다. 결과적으로 시스템이 요구하는 가용도를 유지하면서 불필요한 중복을 제거하는 비용 효율적인 고가용도 중복제거 기법을 제안하고 이의 성능을 분석하였다.

기존의 중복제거 기법, 복제 기법, 그리고 제안하는 고가용도 중복제거 기법을 비교하면 표 1 과 같다.

<표 1> 중복제거 및 복제 알고리즘 비교

기법 종류	목 적	내 용
중복제거	스토리지 관리비용 감소	중복되어 저장되어 있는 파일 또는 데이터 블록을 제거함으로써 스토리지 오버헤드 감소
복 제	신뢰성 향상, 확장성	물리적으로 다중화를 시킴으로써, 결함극복 제공, 오버헤드 분산에 따른 확장성 향상
고가용성 중복제거	최소한의 스토리지 비용으로 신뢰성 유지	중복제거와 복제를 결합, 중복제거를 선택적으로 하고 중복이 안된 부분은 복제를 하여 요구되는 신뢰성을 유지함

2. 고가용도 중복 제거 기법

사용자 또는 시스템에서 요구되는 가용도를 유지하면서 중복제거 기법을 적용하기 위하여 표 2 와 같은 시스템 파라메터를 정의하고 신뢰성을 분석하였다. 시스템 구성 요소로는 중복된 파일, 중복된 데이터 블록 등이 모두 적용될 수 있으며 분석의 단순화를 위하여 중복된 요소들간의 에러 발생은 독립적이라고 가정하였다. (중복된 요소간의 에러 발생에서 관련성이 있을 때도 분석이 가능하다.)

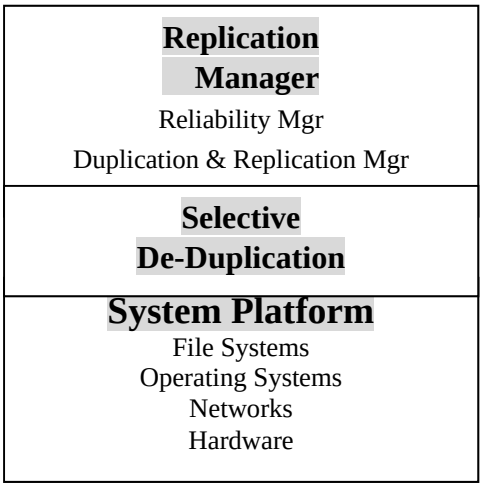
<표 2> 시스템 변수 정의

시스템 변수	설명
f	시스템 요소의 장애 발생률 (Poisson process 가정)
F	요구되는 시스템 장애 발생률의 최대값 (복제된 시스템의 장애 발생률)
r	신뢰성 향상을 위한 시스템 요소의 복제(redundancy) 정도 (중복제거 기법에서의 중복도 포함)
d	중복 제거 이전의 평균 중복도
c	중복도 또는 복제도 단위 증가에 따른 데이터 관리 비용 (저장장치, 전송비용 등)

중복제거와 복제에 따른 비용 및 신뢰성 분석은 다음과 같다.

- 중복제거에 따른 데이터 관리 비용을 분석: 중복에 따른 비용은 중복도(d)와 중복 비용(c)에 비례하므로 cd 이고, 중복 제거 시 중복도는 1 이므로 중복 제거 후 비용은 c 가 된다. 중복제거 기법을 적용 시 데이터 관리 비용이 cd 에서 c 로 감소하게 된다.
- 복제에 따른 장애 발생률 감소를 분석: 복제를 하지 않았을 때 장애 발생률을 f 라 하고 신뢰성 향상을 위하여 r 개 유지한다면 n 개로 복제된 시스템에 모두 장애가 발생할 확률은 f^r이 된다. 사용자 또는 시스템에서 요구되는 장애 발생률의 한계 값(최대값)을 F 라고 가정하면 $f^r < F$를 유지해야 한다. 그러나, 이를 만족시키지 못한다면 $f^r < F$ (0<f<1 이므로, $r > \frac{\log(F)}{\log(f)}$)를 만족시키도록 복제도 r 을 유지(증가)해야 한다. 이 때 복제에 따른 데이터 유지 비용은 c 에서 c 로 증가된다.

본 논문에서는 중복제거 기법과 복제 기법의 상반되는 개념을 합하여 파일시스템과 같이 중복된 파일이나 데이터 블록이 있을 때 중복제거 기법 측면에서 데이터 관리 비용을 줄이기 위하여 무조건 중복을 제거하는 것이 아니라 (1) 요구되는 신뢰성을 유지하기 위하여 적정 수준의 중복도를 유지하며, (2) 경우에 따라 중복이 되지 않은 데이터에 대하여 반대로 복제를 유지하도록 하는 고가용도 중복제거 기법을 제안한다.



< 그림 3 > 고가용도 중복제거 시스템 계층

그림 3 은 고가용도 중복제거 시스템 계층 구조를 나타낸다. 하부구조로 시스템 플랫폼이 위치하며, Linux, Windows 플랫폼이 된다. De-duplication 은 Opendedup[7]과 같은 공개 소프트웨어를 이용하여 중복제거의 기본 기능을 이용하되, 사용자나 시스템에서 요구되는 신뢰성을 유지 할 수 있도록 중복제거를 선택적으로 수행하도록 수정한다. (예를 들면, 모든 중복을 제거하는 것이 아니라 요구되는 데이터의 신뢰

도에 따라 중복을 선택적으로 유지한다.) 복제 관리자는 선택적인 중복 제거에서 충분한 신뢰도를 확보하지 못하면 추가적인 복제를 수행하여 신뢰도를 유지하도록 한다.

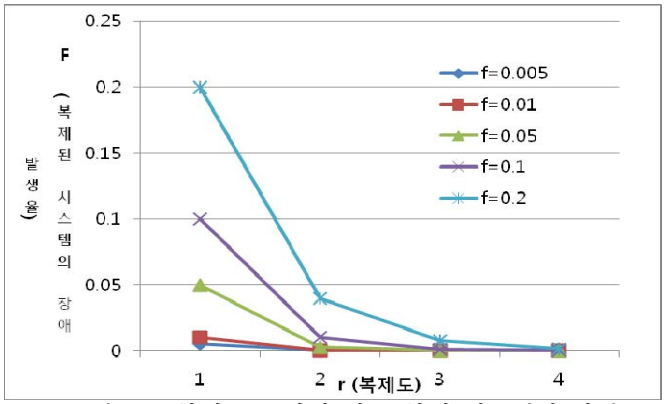
그림 4 은 복제도에 따른 복제된 시스템의 장애 발생률(F)을 나타낸다. 다양한 시스템 요소의 장애 발생률(f)에 따라 복제도를 증가하면 시스템의 장애 발생률(F)이 급격히 감소함을 볼 수 있다. 시스템이나 사용자의 신뢰성 요구에 따라 적정 수준의 복제가 필요함을 알 수 있다.

그림 5 는 복제도 증가에 따른 (추가되는) 데이터 관리 비용을 나타낸다. 중복 비용이 클수록 관리 비용이 급격히 증가됨을 알 수 있다. 비용 효율적이 신뢰성 향상을 위하여 복제도는 조정되어야 할 것이다. 그림 6 는 사용자나 시스템에서 요구되는 최대 장애 발생률 이하로 시스템 장애 발생률을 유지하기 위하여 필요한 복제도를 나타낸다. 시스템 요소의 장애 발생률이 높을수록 요구되는 시스템 복제도는 증가함을 알 수 있다.

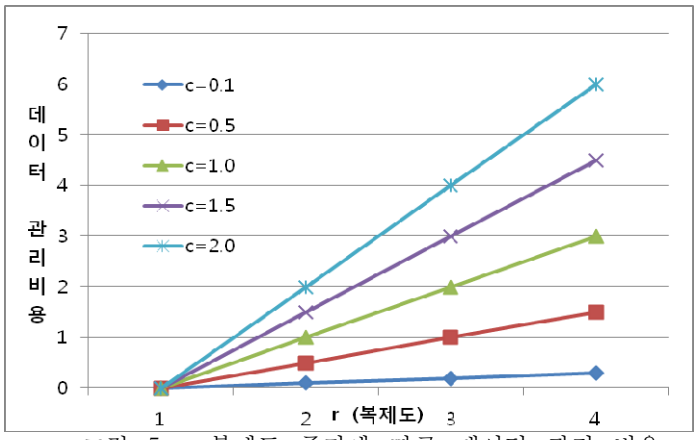
3. 결론

중복 제거(De-duplication) 기법과 시스템 복제 기법은 독립적인 개념이며 서로 각자의 목적에 따라 연구되었다. 본 논문에서는 중복제거 기법의 목적인 저장장치 소모량을 줄이면서 복제기법의 목적인 신뢰성 향상을 동시에 고려하여 선택적으로 중복을 제거하고, 신뢰성 향상의 필요에 따라 복제를 적용할 수 있는 방안을 제안하였다. 복제도에 따른 시스템 신뢰성 향상과 관리 비용을 분석하여 비용 효율적이고 요구되는 신뢰성을 만족시킬 수 있도록 하였다.

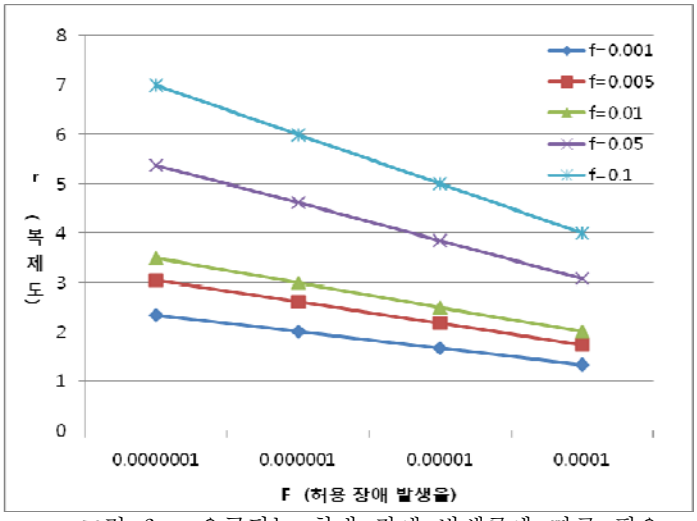
추가 연구로서, 중복되어 있는 데이터 또는 복제되어 있는 시스템 구성 요소에서 장애 발생이 서로 독립적이지 않고 연관성이 있을 때 이를 분석하고 고가용도 복제 기법에 적용할 수 있는 알고리즘 개발이 필요하겠다.



< 그림 4 > 복제도 증가에 따른 복제 시스템의 장애 발생률



< 그림 5 > 복제도 증가에 따른 데이터 관리 비용 추가



< 그림 6 > 요구되는 최대 장애 발생률에 따른 필요 복제도

참고문헌

[1] Billatos, Samir B., and Nadia A. Basaly, “Green Technology and Design for the Environment”, Washington: Taylor & Francis, 1997.

[2] Tianming Yang, Dan Feng, Jingning Liu, Yaping Wan, “FBBM: A New Backup Method with Data De-duplication Capability”, MUE International Conference, pp. 30-35, 2008.

[3] Zhu Jianfeng, Qin Leihua, Zeng Dong, Zhou Jinli, “A duplicate-aware data replication”, FCST 2008 Japan-China Joint Workshop, pp. 112-117, 2008.

[4] U. Manber. “Finding similar files in a large file system”, In Proceedings of the Winter 1994, USENIX Conference, San Francisco, CA, 1994.

[5] M. Dutch, “Understanding data deduplication ratios”, SNIA, 2008.

[6] M. Coppock, S. Whitner, “Data De-duplication For Dummies,® Quantum Special Edition”, Wiley Publishing, Inc. 2008.

[7] S. Silverberg, “Opendedup SDFS”, In http://www.opendedup.org.

[8] 민영혜 이철민, 김재훈, 김영규, “중복제거 (De-Duplication) 성능분석 모델,” 2011 한국정보과학

회/한국정보처리학회 공동학술 심포지움 논문집, 제 5 권, 제 1 호, pp. 90-94, 2011.

[9] Sung-Hwa Lim, Byoung-Hoon Lee, and Jai-Hoon Kim, “Diversity and fault avoidance for dependable replication systems,” Information Processing Letters, vol. 108, pp. 33-37, 2008.

[10] Xiaohua Jia, Deying Li, Hongwei Du, and J. Cao, “On optimal replication of data object at hierarchical and transparent Web proxies,” IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 16, Issue 8, pp. 673-685, 2005.

[11] Chetan Shankar, Anand Ranganathan and Roy Campbell, “Towards Fault Tolerant Pervasive Computing,” IEEE Technology and Society, 24 (2005), 38-44.