

# 최근 페이지 참조 빈도를 고려한 최적화된 NUR 페이지 교체 정책

민경국\*, 김영규\*, 배경렬\*, 문병인\*\*  
 \*경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
 \*\*경북대학교 IT 대학 전자공학부  
 e-mail : rudrnr88@ee.knu.ac.kr

## An Optimized NUR Page Replacement Policy Considering the Recent Page Reference Frequency

Kyeong-Kuk Min \*, Young-Kyu Kim \*, Kyeong-ryeol Bae \*, Byungin Moon \*\*  
 \*School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University,  
 \*\*School of Electronics Engineering, Kyungpook National University

### 요 약

가상메모리 시스템에서 페이지 부재(page fault)를 최소화하기 위해서는 미래에 사용될 페이지를 미리 예측하는 것이 중요하다. 미래에 사용될 페이지는 이미 입력된 페이지들의 패턴 분석을 통해 예측 가능하며 이를 통해 시스템 성능을 최대화 할 수 있는 페이지 교체 정책(page replacement policy)에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 동일한 교체 우선권을 가지는 페이지들 간의 예측 정확도를 높이기 위하여 기존의 NUR(not used recently) 정책에 참조횟수 비트를 추가하여 우선 순위를 판단하는 방법을 제안한다. 제안하는 정책은 C 언어를 기반으로 모델링 되었으며 시뮬레이션 결과 페이지 프레임의 크기와 무관하게 기존의 정책들에 비해 성능이 향상됨을 확인하였다.

### 1. 서론

현대의 컴퓨터 시스템은 메인 메모리의 물리적인 크기보다 더 큰 프로그램을 실행 시키기 위해 요구 페이지징(demand paging) 기반의 가상 메모리 기법을 사용한다. 요구 페이지징은 프로세스가 실행되기 위해 필요한 페이지만 메인 메모리에 적재하는 방식으로서, 멀티 쓰레드(thread) 혹은 멀티 프로세서 환경에서 메인 메모리를 효율적으로 활용할 수 있는 기법이다. 하지만 요구 페이지징은 메인 메모리가 포화 상태이고 프로세스가 요구하는 페이지가 메인 메모리에 적재되어 있지 않은 경우 페이지 부재가 발생되며 디스크로부터 해당 페이지를 가져온 후 교체하는 과정을 거쳐야 한다. 이 같은 과정은 디스크의 매우 느린 탐색시간(seek time)으로 인해 시스템의 성능을 저하시키는 원인이 된다[1].

페이지 부재를 최소화하기 위해서는 미래에 입력될 페이지를 예측하여 실제 페이지 요구 시 메모리 상에 페이지가 적재되어 있을 확률을 높여야 한다. 미래에 입력될 페이지를 예측하고 교체할 페이지를 선택하는 페이지 교체 정책은 그 방법에 따라 최적 페이지 교체 정책, LRU(least recently used), LFU(least frequently used), NUR 등으로 구분된다[2-5]. 최적 페이지 교체

정책을 제외한 나머지 정책들은 과거에 입력된 페이지들의 최근성(recency), 참조횟수(frequency) 등을 기준으로 미래에 입력될 페이지를 예측한다. 하지만 최근성을 기준으로 하는 정책의 경우 오래된 기록들은 참고하지 않는다는 단점이 있으며, 참조횟수를 기준으로 하는 정책의 경우 최근 유입된 페이지의 교체우선순위가 높아져 예측에 실패할 가능성이 있다. 이에 본 논문은 이 두 가지 기준을 상호 보완하기 위하여 NUR 페이지 교체 정책에 참조횟수를 추가 적용하여 페이지 부재를 최소화 하는 방안을 제안한다.

### 2. 제안하는 페이지 교체 정책

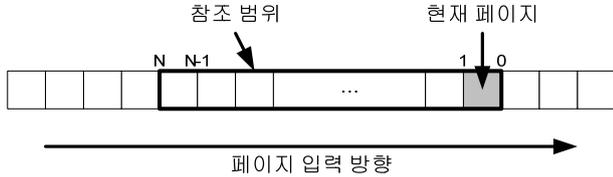
NUR 페이지 교체 정책은 각 페이지 마다 참조비트 및 수정비트를 추가하여 이 두 비트들의 상태를 토대로 교체될 페이지를 결정하는 정책으로서, 페이지 교체 시 각 페이지의 참조비트 및 수정비트만을 고려하기 때문에 다른 정책들에 비해 구현이 간단하다. 하지만 표 1 과 같이 교체 순위를 판단할 수 있는

<표 1> NUR 정책의 페이지 유형

그룹	참조비트	수정비트	교체순위
그룹 1	0	0	1
그룹 2	0	1	2
그룹 3	1	0	3
그룹 4	1	1	4

본 논문은 경북대-삼성전자 반도체 산학협력위원회 연구 과제에 의해 지원된 연구 결과입니다.

경우가 4 가지로 한정되기 때문에 실제 시스템과 같이 큰 크기의 페이지 프레임을 사용할 경우 우선순위가 동일한 그룹에 속하는 페이지들의 개수가 증가하고, 이로 인해 동일한 그룹의 페이지들에 대해 우선순위를 정하기 어려워진다.



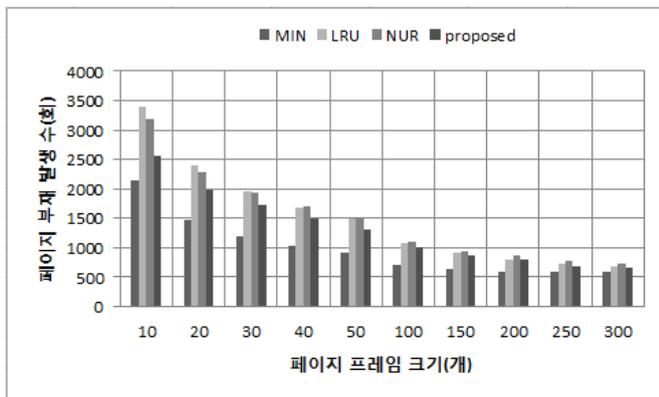
(그림 1) 페이지 입력에 따른 참조 범위 설정

이에 본 논문에서는 NUR 정책에 참조횟수를 나타내는 비트를 추가하여 동일한 그룹 내 페이지들 간의 우선 순위를 정하는 방법을 사용한다. 그리고 그림 1 과 같이 참조횟수의 최대 값(N)을 두어 페이지의 최근성을 유지할 수 있도록 한다.

제안된 정책의 수행 절차는, 페이지가 교체될 경우가 발생하면 우선 모든 페이지의 참조비트와 수정비트를 확인하여 페이지들을 그룹화 하고 그룹간의 교체우선순위를 정한다. 그리고 최우선 교체순위로 선정된 그룹에 대해서는 그림 1 에서와 같이 참조범위 내에 있는 각 페이지의 참조횟수를 비교하여 교체 대상이 되는 페이지를 결정한다. 제안하는 페이지 교체 정책은 기존의 정책들과 비교하여 모든 페이지간의 참조횟수 비교가 그룹 내의 페이지간의 비교로 줄어들어 그에 따른 오버헤드(overhead)가 감소하게 된다.

### 3. 실험

본 논문에서 제안하는 정책은 C 언어를 기반으로 모델링 되었으며, 시뮬레이션을 통한 성능의 비교 분석을 위해 MIN(최적 페이지 교체 정책)[5], NUR, LRU 정책 역시 추가로 모델링 되었다. 그림 2 는 페이지 프레임 크기의 증가에 따라 4 가지 모델들의 페이지 부재 빈도를 나타낸 그림이다.



(그림 2) 페이지 프레임의 증가에 따른 페이지 부재 발생 수

성능평가에 사용된 워크로드는 지프 분포(Zipfian distribution)[2]를 통해 0~6000 사이의 수 1 만개를 생성 하였다. 실험 결과 4 가지 모델 모두 페이지 프레임의 크기가 커짐에 따라 페이지 부재 발생 횟수가 점차 감소하였으며, 본 논문에서 제안한 정책이 LRU, NUR 정책 보다 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 한편 페이지 프레임 크기가 10~30 의 경우 NUR 정책이 LRU 정책보다 페이지 부재 수가 낮았지만 페이지 프레임이 40 이상으로 커졌을 경우 LRU 정책의 페이지 부재가 상대적으로 더 많이 줄어들었다. 이는 NUR 정책 중 페이지 유형에 따른 그룹화 과정에서 하나의 그룹으로 묶이는 페이지의 개수가 많아지면서 페이지 부재의 횟수가 많아 지는 것이라 분석할 수 있다. 하지만 본 논문에서 제안하는 정책은 NUR 정책을 바탕으로 하고 있지만 그룹 내 페이지들 간의 경합도 고려하고 있어 페이지 프레임의 크기가 증가하여도 여전히 좋은 성능을 보였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 기존의 NUR 페이지 교체 정책에 참조횟수를 적용하여 페이지 부재를 최소화 하는 방안을 제안하였다. 제안하는 정책은 성능의 비교 및 분석을 위해 C 로 모델링 되었으며 시뮬레이션을 통해 기존의 정책들에 비해 페이지 프레임 크기와 무관하게 성능이 우수함을 확인 하였다.

### 참고문헌

- [1] A. Siberschatz and P. B. Galvin, 'Operating System Concepts', 4th ED., Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, 1993.
- [2] E. G. Coffman and P. J. Denning, 'Operating systems Theory', Prentice-Hall, 1973.
- [3] E. J. O'Neil, P. E. O'Neil and G. Weikum, "The LRU-K page replacement algorithm for database disk buffering," In Proceedings of the ACM SIGMOD international Conference on Management of data, pp.297-306, May. 1993.
- [4] D. Lee, J. Choi, J. Kim, S. H. Noh, S. L. Min, Y. Cho and C. S. Kim, "LRFU: A spectrum of policies that subsumes the least recently used and least frequently used policies," IEEE Trans. Computers, vol.50, no.12, pp.1352-1360, 2001.
- [5] L. A. Belady, "A study of replacement algorithms for virtual storage computers," IBM System Journal, vol.5, no.2, pp.78-101, 1966.