

IEEE1394로 구성된 Storage Area Network(SAN)의 성능평가

황규진^o 조율제 김선일

홍익대학교 컴퓨터공학과

{kjhwang, yjcho, sikim}@cs.hongik.ac.kr

Performance Evaluation of Storage Area Networks using IEEE1394 Serial Bus

Kyujin Hwang Yoolje Cho Sunil Kim
Dept. Computer Engineering Hongik University

요약

최근 네트워크의 발전과 더불어 정보의 크기는 점점 커져 가고 있으며 이를 효율적으로 공유하고 관리하는 것은 매우 중요한 일이다. 지속적으로 커지고 있는 방대한 양의 정보를 현재와 같이 하나의 디스크에서 관리하는 것은 많은 한계점을 가지고 있는데 이를 네트워크를 통한 여러 개의 디스크를 공유하는 SAN(Storage area Network)과 NAS(Network Attached Storage)의 방법을 통하여 해결 할 수 있다. SAN은 디스크와 클라이언트를 직접 연결하여 서비스를 제공하기 때문에 좋은 성능을 보이지만, 디스크와 클라이언트를 연결하는 장치의 가격이 비싼 단점이 있다. 이 논문에서는 기존의 SAN장치보다 저렴한 가격의 IEEE1394a 네트워크를 이용하여 SAN을 구성하고 NAS(NFS)와의 성능 비교를 하였으며, IEEE1394a 네트워크의 저가의 SAN으로의 성능적 측면에서의 가능성과 문제점을 알아보았다.

1. 서론

최근 네트워크의 발전과 더불어 정보의 크기 또한 커지고 있다. 이에 따라 정보를 어떻게 효율적으로 관리하는가가 중요한 관점이 되고 있다. 하나의 디스크에서 모든 정보를 공유하고 관리하는 것은 한정된 디스크의 크기로 인하여 많은 한계를 가지고 있다. 이러한 한계를 네트워크를 통하여 여러 개의 디스크를 공유하는 SAN(Storage area Network)과 NAS(Network Attached Storage)를 통하여 해결 할 수 있다. 그림 (1)에서 SAN과 NAS의 구조를 보여주고 있다 [2].

NAS는 데이터의 관리를 디스크에 붙어있는 시스템이 한다는 장점이 있지만 NAS에 접근하기 위해서는 네트워크와 파일시스템을 통과해야 하는 단점이 있다. 또한 하나의 시스템에 여러 대의 클라이언트가 접근할 경우 네트워크의 대역폭을 나누어 쓰므로 시스템과 네트워크에 부하를 가질 수 있어 시스템 확장에 한계가 있다.

최초의 SAN은 기존의 SCSI 채널을 대체하는 용도로 사용되었으나 최근에는 기업의 기반구조로 자리 잡고 있다. SAN은 여러 대의 서버 또는 클라이언트, 이차 클라이언트, 둘이 저장매체(예, 디스크)를 모아 놓은 시스템과 통신하기 위한 스토리지 네트워크이다. SAN은 NAS와는 달리 별도의 파일 시스템이 필요하지 않다. 각각의 파일 시스템은 각각의 연결된 클라이언트에서 구현된다. 디스크를 통합하여 관리하기 때문에 백업(Backup), 데이터의 보안등의 관리가 쉽다 [1]. 또한 각각의 저장 매체들은 고성능의 파이버 채널(Fibre channel), iSCSI(internet SCSI), 또는 인피니밴드(Infiniband) 등을 통하여 클라이언트들에 연결되어 있기 때문에 데이터 전송 속도가 빠른 장점도 있다.

지금까지 SAN을 구성하는 주요 네트워크 요소는 파이버 채널이다. 파이버 채널은 호스트와 호스트 간의 인터페이스를 제공한다. 각 호스트와 다른 호스트나 장비와 동등한 입장을 가지는 Peer to peer로 연결된다. 최대 2Gbps의 링크 속도를 지원한다. 그 이외에도 iSCSI, 인피니밴드 등이 있다 이 장비들은 GB/sec의 대역폭까지 제공하는 고성능인 반면에 가격이 비싸다 [3].

IEEE1394는 가전제품과 개인용 컴퓨터간의 내부 연결을 위한 고성능 시리얼 버스(serial bus)로 1995년 처음 개발되기 시작하였고 그 결과 최근 홈 네트워킹(Home Networking)에 쓰이고 있다. 요즘 주로 쓰이고 있는 IEEE1394a는 최대 400MB/sec의 대역폭과 한 홉(hop)당 4.5m의 전송거리를 가지고 있다. 위에서 말한 SAN에서 디스크와 서버를 연결하고 있는 장치에 비하여 대역폭도 낮고, 전송 거리 또한 제한적이어서 SAN에서는 잘 사용되고 있지 않고 있다.

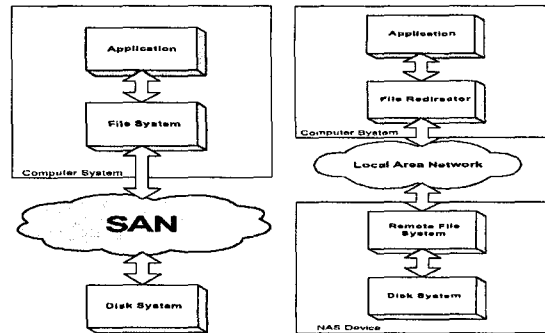


그림 (1) SAN 과 NAS

하지만 성능에 비하여 가격이 싸며, 쉽게 구할 수 있다는 장점이 있고 2003년 초에 상용화된 IEEE1394b 버전의 경우 최대 3.2GB/sec의 대역폭과, 한 홉(hop)당 100m의 전송 거리를 가지고 있어 대형 SAN에서 사용될 가능성이 있다 [3][7]. 이 논문에서는 리눅스 환경에서 IEEE1394를 이용한 SAN 구성 가능성을 성능 측정 면에서 NAS(NFS)와 비교 분석하였다. 논문의 순서는 다음과 같다. 2장 리눅스 IEEE1394와 GFS에 대한 간단한 소개, 3장 실험환경 및 방법, 4장 실험 결과 및 분석, 5장 결론의 순서로 서술하겠다.

2. 리눅스 IEEE1394 와 OpenGFS

IEEE1394는 가전제품과 개인용 컴퓨터간의 내부 연결을 위한 고성능 시리얼 버스(serial bus)로 1995년 처음 개발되기 시작하였고 그 결과 최근 홈 네트워킹에 쓰이고 있다. 초기 모델은 1394-1995이며, 이 모델을 개발시킨 IEEE1394a는 2000년 상용화 되었다. 리눅스의 IEEE1394는 디바이스들이 컴퓨터에 연결될 때 해당하는 드라이버를 loading해서 사용할 수 있도록 한다. IEEE 1394에 대한 지원은 커널 2.2.X버전에 대한 patch에서부터 보이고 있다. 리눅스에서는 모듈화 된 드라이버들을 사용해서 드라이버 스택을 구현하고 있으며, 그림 (2) 과 같은 구조를 지닌다. IEEE1394의 핵심은 ieee1394 모듈이다.

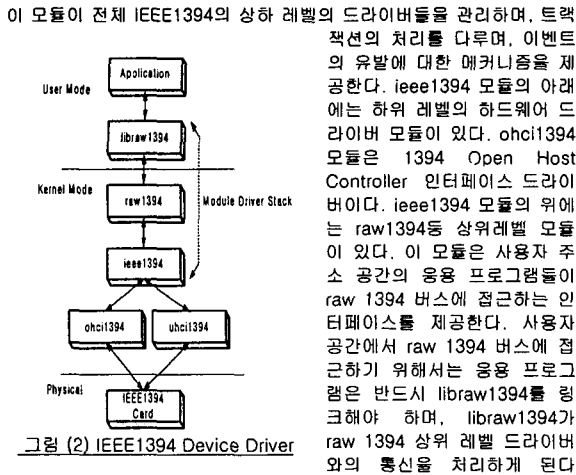


그림 (2) IEEE1394 Device Driver

[5][6].

OpenGFS(Open Global File System)은 여러 대의 클라이언트가 여러 저장매체를 공유할 수 있도록 하는 파일 시스템이다. 처음 개발은 Sistina에서 시작하였으나, 유료화 된 이후로는 GPL 버전으로 개발이 계속 되어왔다. 가장 큰 특징으로 각각의 저장매체의 블록 주소를 단일 블록 주소로 변환하여 각각의 클라이언트가 동일한 주소 공간을 볼 수 있도록 해주는 Pool이 존재하는 것이다. 보다 효율적으로 여러 저장매체를 사용하기 위하여 서브 풀(subpool)을 사용하는데, 비슷한 속도의 저장매체를 하나의 모임으로 모아놓은 것으로 각각의 장치 성능에 따라 비슷한 용도로 사용될 수 있게 하기 위해서이다. OpenGFS의 기반이 되는 GFS는 일반적인 파일 시스템과는 달리 메타 데이터(Metadata)를 분산시키는데 리소스 그룹(Resource Group)은 메타 데이터를 분산시키기 위해 사용된다. 또한, 여러 대의 클라이언트가 데이터를 공유할 때 생기는 데이터의 동일성 문제를 유지하기 위하여 Glock(Global Lock)을 사용한다 [7][8][9].

3. 실험 환경 및 방법

실험에서 사용한 운영체제는 모두 리눅스이며, 커널 버전은 2.4.20을 사용하였다. NFS(버전 3) 환경은 서버와 클라이언트의 사양은 < 표1 > 과 같다. NFS 서버는 IEEE1394를 통하여 디스크에 연결되어 있으며 클라이언트와 서버 사이의 연결은 100M 이더넷(Ethernet) 네트워크와 1,000M 이더넷 네트워크로 연결되어 있다. 앞으로 언급될 NFS 100M와 NFS 1,000M은 위에서 언급한 각각의 연결을 지칭한다. SAN환경은 각각의 클라이언트의 사양은 < 표1 > 과 같고 각각의 클라이언트는 IEEE1394a를 통하여 디스크에 연결되어 있다. SAN 환경의 구성하기 위하여 OpenGFS(버전 0.2.0)를 사용하였다. 앞으로 언급될 SAN과 NFS는 위에서 구성한 SAN과 NFS를 각각 지칭한다.

<표1>

CPU	Pentium 2.4C GHz
Memory	DDR 400 256M
NIC	3Com(Gigabit 속도 지원가능)
Disk	Seagate 40G 7200rpm
IEEE1394	IEEE1394a 지원 card

4. 실험 결과 및 분석

SAN과 NFS의 성능을 비교하기 위하여 읽기와 쓰기 테스트를 수행하였다. SAN에서의 읽기와 쓰기는 클라이언트가 직접 IEEE 1394a를 통하여 디스크에 읽기/쓰기를 수행한다. NFS에서의 읽기와 쓰기는 클라이언트가 NFS 서버를 통하여 디스크에 4K 단위로 읽기/쓰기를 수행한다. 읽고 쓰기의 대상이 되는 실험 파일의 크기는 4M에서부터 64M까지로 제한 하였다. 그 보다 실험 파일의 크기를 더 증가하여도 비슷한 결과가 나왔다.

4.1 읽기 성능

SAN과 NFS에서 디스크에서 데이터를 읽어오는데 걸리는 시간을 측정 하였다. 순차적으로 읽었을 때 결과는 그림(3)과 같다.

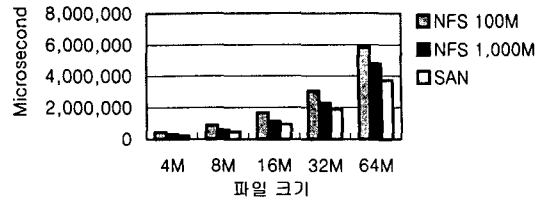


그림 (3) SAN과 NFS(100M/1,000M)의 순차적 읽기 성능비교

전체적으로 SAN의 성능이 NFS보다 좋게 나오고 있는데, 예를 들어 보면, 64M의 경우 SAN의 성능이 NFS 100M에 비하여 37%정도 우월하며, NFS 1,000M와 비교하였을 때에는 22%정도 우월하다. 그 이유는 SAN의 경우 직접 디스크에 접근하여 파일을 읽어오는 반면에 NFS는 네트워크와 서버 파일 시스템 등을 통과해야 하기 때문이다. 또한 데이터를 순차적으로 읽는 경우에는 현재 읽는 블록의 다음 블록을 미리 읽어오는 데이터 블록의 선반입이 생기게 된다. SAN은 디스크에 직접 접근하기 때문에 계속적인 데이터 블록 선반입이 발생하여 순차적 읽기에서 최대의 효과를 보게 된다. NFS의 경우는 최대 8K의 제한된 선반입만 이 허용되어 순차적 읽기에서 선반입에 따른 성능 향상이 제한적이다.

실제 환경에서는 항상 순차적 읽기만이 발생하는 것이 아니다. 따라서 다음에는 선반입이 발생하지 않는 상황의 읽기 성능을 평가를 하였다. 이를 위하여 매 읽기 요청의 사이에 파일 오프셋을 불규칙하게 띄우면서 읽는 띄어 읽기 실험을 수행하였고 그 결과는 그림 (4)과 같다.

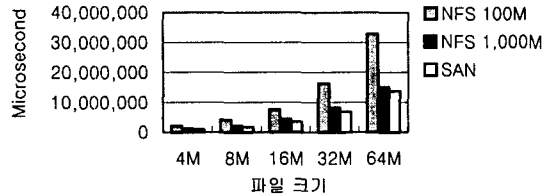
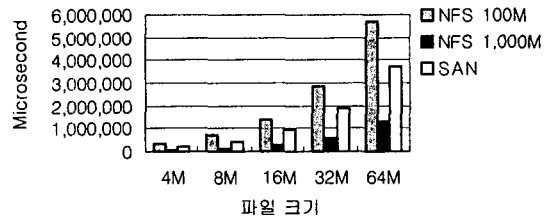


그림 (4) SAN과 NFS(100M/1,000M)의 띄어 읽기 성능비교

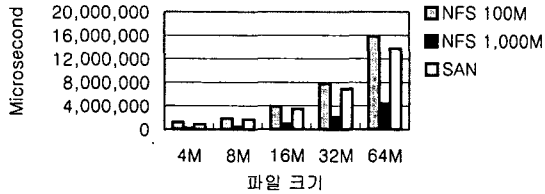
이 결과 역시 순차적 읽기와 마찬가지로 SAN의 성능이 우수하게 나타나고 있다. 순차적 읽기와 마찬가지로 64M의 경우 SAN의 성능이 NFS(100M)보다 58%정도 우월하며 NFS 1,000M와 비교하였을 때에는 10%정도 우월하다. 순차적 읽기와 비교하였을 때 NFS 1,000M와의 성능 차이가 줄어든 것을 볼 수 있는데 그 이유는 SAN의 선반입에 의한 성능 향상 효과가 줄어들었기 때문이다.

이제까지의 실험은 SAN과 NFS 서버 모두 디스크에 직접 접근하여 데이터를 읽어오는 경우에 대하여 평가해 보았다. NFS의 경우 서버에서 항상 디스크에 접근하여 데이터를 읽어오기 보다는 서버의 메모리의 버퍼 캐시(Buffer Cache)에 캐시되어 있는 데이터를 읽어올 수도 있다. 반면에 SAN의 경우는 하나의 데이터를 여러 클라이언트에서 공유할 수 있으므로 데이터의 캐시가 쉽지 않다. 다음의 실험은 NFS 서버의 디스크에 접근하지 않고, 서버의 버퍼 캐시에서만 데이터를 읽어오는 NFS 최적의 상황에서 SAN과 NFS의 성능을 비교하였다. NFS 서버 캐시에서 항상 데이터를 읽어올 수 있는 환경을 구성하기 위하여, 서버 버퍼 캐시의 크기를 측정하였으며, 그 크기는 최대 64M이다. 클라이언트에서 서버에 읽기 요청을 하기 전, 서버쪽에서 미리 버퍼 캐시로 데이터를 읽어 들이는 방식으로 캐시에서 데이터를 읽는 실험을 수행하였다. 순차적 읽기의 결과는 그림(5)과 같다.



그림(5) SAN과 NFS(100M/1,000M) 서버 캐시에 있는 데이터 순차적 읽기 비교

그림(5)에서는 SAN, 100M 이더넷을 사용한 NFS, Gigabit 이더넷을 사용한 NFS의 순차적 읽기에 걸리는 시간을 비교하였다. NFS의 경우 모두 데이터의 접근이 디스크의 접근이 없이 서버의 메모리의 버퍼 캐시에서 만족 되는 경우이다. 이 경우 100M 대역폭으로 연결된 NFS와 SAN의 성능보다 1,000M 대역폭으로 연결된 NFS 서버의 캐시에서 데이터를 읽는 경우가 월등하게 나타났다. 64M의 경우를 예를 들어보면 NFS 1,000M의 성능이 NFS 100M에 비하여 78%정도 우월하며, SAN에 비해서는 66%정도 우월하다. 위의 결과로 보아 NFS의 성능에 가장 큰 영향을 주는 요인은 네트워크 대역폭이라는 것을 알 수 있다. 띄어 읽기의 결과는 그림(6)과 같다.

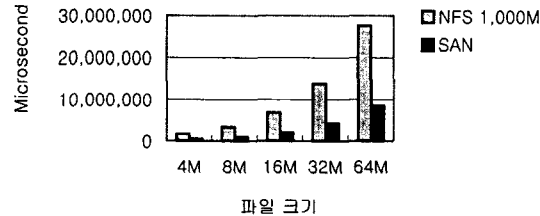


그림(6) SAN과 NFS(100M/1,000M) 서버 캐시에 있는 데이터 띄어 읽기 비교

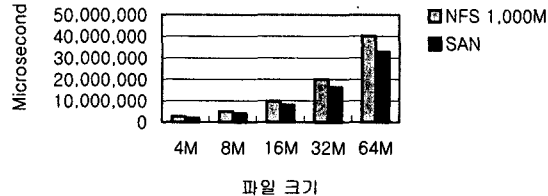
띄어 읽기를 하였을 경우에는 전체적인 성능 저하가 있기는 하지만 위의 실험과 마찬가지로 1,000M 대역폭을 가진 NFS의 성능이 가장 뛰어나게 나타났다. 64M를 예로 들어 설명을 하면, 100M의 대역폭을 가진 NFS와 1,000M의 대역폭을 가진 NFS는 각각 서버 캐시에서 데이터를 읽어오는 성능은 1,000M의 대역폭을 가진 NFS의 경우가 73% 정도의 성능 우월을 보여주었고, SAN과 1,000M의 대역폭을 가진 NFS의 서버 캐시에서 데이터를 읽어오는 경우를 비교하였을 때 1,000M의 대역폭을 가진 NFS의 성능이 69% 뛰어났다. 종합하여 보았을 때, IEEE 1394a 시리얼 버스로 구성된 SAN은 디스크를 직접 접근해야 되는 상황에서 Gigabit 이더넷보다도 낮은 네트워크의 속도를 갖음에도 불구하고 더 낮은 성능을 보임을 알 수 있다. 하지만 NFS의 메모리에 접근하고자 하는 데이터가 있어 디스크의 접근이 필요 없는 경우에 Gigabit 네트워크로 향상된 NFS의 성능을 따라올 수 없었다.

4.2 쓰기 성능

SAN과 NFS에서 디스크에 데이터를 쓰는데 걸리는 시간을 측정하였다. 읽기 실험과 마찬가지로 순차적 쓰기와 띄어 쓰기로 나뉘어 진다. 순차적으로 썼을 때 결과는 그림(7)과 같다.



그림(7) SAN과 NFS(1,000M)의 순차적 쓰기 성능비교
64M에서 비교해보았을 때, 61% 정도 SAN의 성능이 뛰어났다. 띄어쓰기 결과는 그림(8)과 같다.



그림(8) SAN과 NFS(1,000M)의 띄어 쓰기 성능비교
띄어 읽기를 하였을 경우에는 전체적인 성능 저하가 있기는 하지만 위와 마찬가지로 64M에서 비교하였을 때, 18% 정도 SAN의 성능이 좋다.

읽기 실험과 마찬가지로 서버 캐시에 데이터가 있는 상태에서 클라이언트가 디스크로 쓰기 했을 경우에도 캐시에 데이터를 쓰는 것이 아니라 항상 디스크에 데이터를 쓰므로 위의 결과와 동일하다.

위의 실험 결과들을 정리하여 보면, 읽기 실험에서 대부분의 경우와 쓰기 실험에서 SAN의 성능이 우수하게 나왔다. 특히 네트워크 대역폭이 100M일 때에는 NFS 서버가 디스크에 접근하지 않고 NFS 서버 캐시에서 데이터를 읽어오는 것 보다도 SAN의 성능이 좋았다. 이것으로 보아 이번 논문에서 평가하고자 하였던 IEEE1394a를 이용한 낮은 가격의 SAN 구성은 가능한 것으로 보인다. 하지만 네트워크 대역폭을 1,000M로 증가 시켰을 때에는 SAN이 디스크에서 읽어오는 속도보다, NFS 서버 캐시에서 데이터를 읽어오는 성능이 좋았다. 즉, SAN의 성능이 항상 좋은 것 만은 아니며 이 실험 결과를 고려하여 볼 때 SAN 환경에서도 다른 서버/클라이언트 캐시에 데이터가 있다면 디스크에 접근하기 보다 서버 캐시의 데이터를 읽어보는 것을 고려해보아야 한다.

5. 결론

이 논문에서는 기존의 SAN과 NAS에서 사용된 높은 가격의 장비들에 비하여 저렴한 가격의 IEEE1394를 이용한 SAN을 구성하여 NAS(NFS)와 성능을 비교 분석하였다. 먼저 NFS 100M와 1,000M의 순차적 읽기/쓰기 실험과 띄어 읽기/쓰기 실험 결과를 보면, NFS 1,000M의 성능이 NFS 100M에 비하여 월등히 뛰어난 것을 볼 수 있다. 이것으로 보아 NAS(NFS)의 성능은 네트워크 대역폭에 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. NAS(NFS)와 SAN의 성능을 비교하였을 때 NAS(NFS)가 서버의 디스크에서 데이터를 읽어올 경우 SAN의 성능이 순차적 읽기/쓰기와 띄어 읽기/쓰기의 경우 모두 우수하게 나왔다. 또한 NAS(NFS)는 디스크에 접근하지 않고 서버의 버퍼 캐시에서 데이터를 읽어오는 최적의 경우 네트워크 대역폭 100M일 때, SAN이 디스크에서 데이터를 읽어올 때도 불구하고 SAN의 성능이 더 좋았다. 위의 결과를 바탕으로 판단할 때, IEEE1394를 이용하여 가격대비 성능이 우수한 SAN 구성이 가능하다. 더욱이 이번 실험에서 사용한 IEEE1394a버전에 비하여 큰 대역폭과 전송 거리를 가진 IEEE1394b 버전을 사용한다면 더 성능이 우수한 SAN의 구성이 가능하다.

이 실험에서는 NFS의 네트워크 대역폭을 1,000M로 증가시켰을 경우, 서버에 캐시 된 데이터가 있을 때 SAN보다 읽기/쓰기 성능이 월등히 빠르게 나왔다. 따라서 SAN 환경에서도 다른 서버/클라이언트의 캐시에서 직접 읽고 쓸 수 있는 기능이 제공 되면, 보다 좋은 성능을 보일 수 있다.

6. 참고문헌

- [1] Marc Farley, " Building Storage Networks", McGraw-Hill, 2000
- [2] Kaladhar Voruganti, Prasenjit Sarkar, " An Analysis of Three Gigabit Networking Protocols for Storage Area Network"
- [3] Evaluator Group, Inc. " An Overview of Network Attached Storage" (March, 2000)
- [4] Texas Instruments " 1394 Technical Overview"
<http://focus.ti.com/>
- [5] KLDP " Linux IEEE1394 support" (April,2001)
http://doc.kldp.org/KoreanDoc/html/2.4Kernel_Compile-KLDP/2.4Kernel_Compile-KLDP-20.html
- [6] Soren Thing Andersen, " Overview of the Linux IEEE-1394 Subsystem" (December, 1999)
<http://www.linux1394.org/doc/overview.html>
- [7] The OpenGFS Project " What is OpenGFS?" (Aug,2000)
<http://opengfs.sourceforge.net> (see especially "Docs/Info" page, via menu)
- [8] The OpenGFS Project " Whatis Filesystem on disk layout" (Aug,2000)
<http://opengfs.sourceforge.net> (see especially "Docs/Info" page, via menu)
- [9] Kenneth W.Preslan D Sistina Software, Inc., Andrew Barry, Jonathan Brassow, Russell Cattelan, Adam Manthel, Erling Nygaard, Seth Van Oort, David Teigland, Mike Tilstra, and Matthew O' Keefe " Implementing Journaling in a Linux Shared Disk File System" (1999) . NASA Goddard and IEEE