멀티쓰레드-1

게임서버프로그래밍

정내훈

한국산업기술대학교 게임공학과

내용

- 병렬 처리
- 멀티 쓰레드
- 멀티 쓰레드 프로그래밍

지금 까지 - 1

- 게임서버에서 가장 중요한 것
  - 안정성
  - 성능
- 성능을 높이려면?
  - 프로그램 최적화
  - 멀티코어활용
- 멀티코어를 활용하려면
  - 멀티쓰레드 프로그래밍이 필요

지금 까지 - 2

- 온라인 게임을 만들려면
  - 소켓 프로그래밍 필요
- 다중 접속 서버를 만들려면
  - 서버에서 동접과 같은 수의 소켓을 관리하여야 함.
- 효율적인 다중 접속 관리는?
  - IOCP가 필수
- IOCP의 특징
  - 멀티쓰레드프로그래밍을 요구한다.

멀티쓰레드

- 하나의 프로그램의 여러 곳이 동시 다발적으로 실행되는 프로그래밍 기법
- 최근에 가장 많이 사용되는 병렬처리 프로그래밍 기법
- 운영체제 수업시간에 쓰레드를 배움

병렬처리

- 하나의 작업을 여러 개의 콘텍스트에서 수행하는 것 (콘텍스트 => PC프로그램 카운터)
  - 여러 대의 컴퓨터
    - 분산시스템, 클러스터
    - SETI
  - 한대의 컴퓨터
    - SMP : 여러 개의 CPU
    - Multi-Core : 여러 개의 core

병렬처리

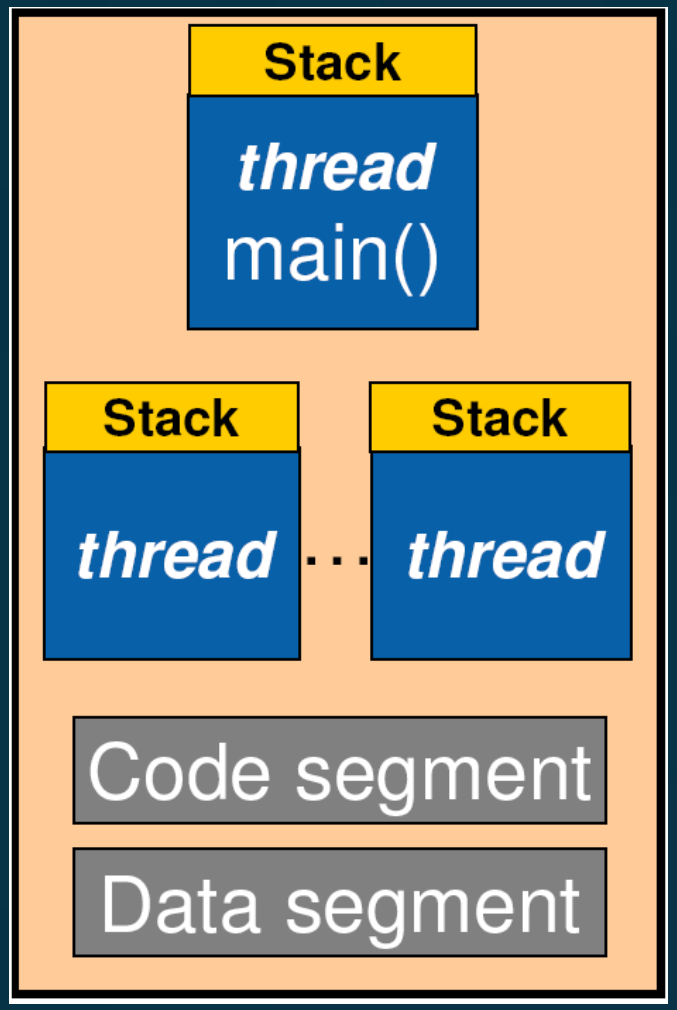
- 왜 병렬처리를 하는가?
  - 한 개의 CPU의 처리속도가 너무 느리기 때문
  - 프로그램의 구조가 깔끔해 지므로
- 왜 지금 병렬처리가 각광을 받고 있는가?
  - 발열의 한계에 부딪친 클럭 증가
  - 제작사의 사활을 건 멀티코어 CPU의 보급
  - 콘솔 모바일 기기의 멀티 core화
- Game Server는 20년 전부터 병렬처리!

멀티 쓰레드

- 프로세스와 쓰레드
  - 프로세스 : 실행 중인 프로그램
    - 하나의 프로세스는 하나의 실행화일에서 출발한다.
  - 쓰레드 : 프로그램 실행의 흐름
    - 프로세스실행 중 프로그램이 의도적으로 쓰레드생성

멀티 쓰레드

- 프로세스와 쓰레드
  - 프로그램은 하나의 프로세스가 되어서 실행된다.
  - 처음에는 하나의 쓰레드로 실행
  - 쓰레드는 다른 쓰레드를 만들 수 있다.
  - 하나의 쓰레드는 자신의 스택을 가지고 있고, Data와 Code를 공유한다.
  - 쓰레드는 CPU에서 하드웨어적으로 관리한다. (x86)



멀티 쓰레드

- 멀티쓰레드에서의 메모리 접근
  - 메모리?? -> C의 경우 변수(variable)
  - 전역변수 : 모든 쓰레드가 공유한다.
  - 지역변수 : 쓰레드마다 따로 따로 존재한다.
  - 지역변수도 강제로 공유 가능
    - 지역변수의 주소를 전역변수에 저장하면 됨
    - 그러지 말자.
- 멀티쓰레드에서의 자원 공유
  - 모든 자원(메모리, 파일 핸들, 윈도우 핸들...)은 공유된다.

멀티 쓰레드

- 장점
  - 성능 향상
  - 빠른 응답 속도
  - 더 나은 자원 활용 (CPU Core)
  - 프로세스보다 효율적인
    - 통신 (공유메모리)
    - context switch
- 위험
  - 프로그램 복잡도 증가
  - 디버깅의 어려움 (data race, deadlock)

멀티 쓰레드

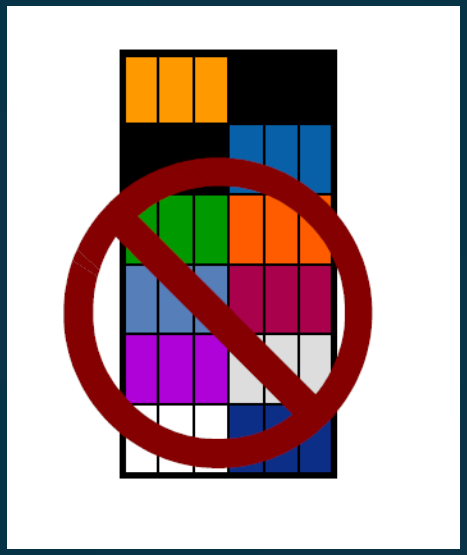
- 게임 서버에서 멀티 쓰레드를 사용하는 이유
  - 동접을 늘리기 위해서
    - 싱글 쓰레드는 1000명 정도가 한계
    - 5대의 기계로 5000명 만드는 것과의 차이?
  - 빠른 응답 속도를 위해서
    - 작업의 길이의 차이
- 실제 많은 게임 서버에서 멀티 쓰레드 사용
  - Lineage, Lineage2, AION, Lineage2 Revolution, ArchAge

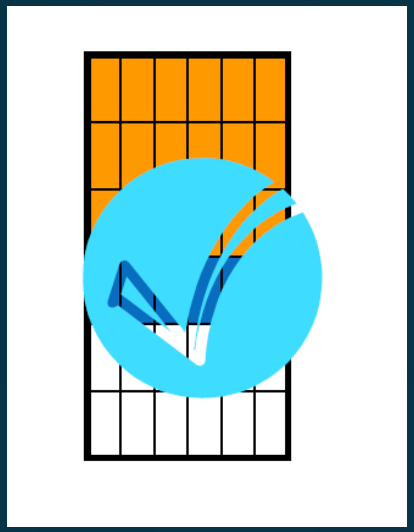
멀티 쓰레드

- 두 종류의 프로그래밍 스타일
  - Heterogeneous
    - 작업을 쪼개서 종류별로 다른 쓰레드 에게 맞기는 스타일
  - Homogenous (event driven, data driven)
    - 작업을 쪼개서 쓰레드 구분 없이 나누어 하는 스타일
- Game 서버는 Homogenous
  - 게이머하나를 한 조각의 작업으로 생각
  - 동접 5000이면 5000개의 조각
- Game Client는 Heterogeneous
  - 렌더링 쓰레드, 물리 엔진 쓰레드, 장면 구성 쓰레드..

멀티 쓰레드

- 주의점
  - 쓰레드의 개수가 많다고 좋은 것이 아니다
  - 프로세서/코어 의 개수에 맞추어라.
  - 운영체제 및 하드웨어에 부담 : Cache





멀티 쓰레드

- 주의점
  - 내가 사용하는 메모리의 내용이 내가 아닌 다른 쓰레드에 의해서 변경될 수 있음을 항상 유념해야 한다.
    - DATA RACE라고 부름
    - Single Core Computer도 마찬가지
  - Debugging의 어려움

멀티 쓰레드 프로그래밍

- Windows에서의 멀티 쓰레드 프로그래밍
  - Windows에서는 멀티쓰레드를 기본 지원
    - 사실상 멀티쓰레드에 특화된 OS
    - 추가 header화일, library 필요없음
    - 쓰레드를 멀티코어에 잘 분배
      - Affinity 적용
  - 쓰레드 문맥 전환
    - x86 CPU에 쓰레드 전환 명령어 존재
    - Windows의 scheduler가 알아서 함

멀티 쓰레드 프로그래밍

- Windows에서의 멀티 쓰레드 프로그래밍
  - Windows고유의 API가 존재하나 C++11의 표준을 따르는 프로그래밍 방식 권장

멀티 쓰레드 프로그래밍

- 쓰레드 만들기
  - 쓰레드 객체를 생성하고 생성자에 초기값으로 실행할 함수를 넣어 준다.

```
#include <thread>

std::thread t1 { mythread };
```

  - mythread : 새 쓰레드가 시작될 함수

```
void mythread()
{
    // 쓰레드가 실행할 프로그램
}
```

멀티 쓰레드 프로그래밍

- 쓰레드 종료 검사
  - 자식 쓰레드를 생성한 쓰레드는 생성한 쓰레드의 종료를 확인해야 한다.
    - new/delete, open/close 와 같은 개념
    - join() 메소드를 호출하면 된다.

```
std::thread t1 {mythread};
t1.join();
```

멀티 쓰레드 프로그래밍 (실습)

- Thread를 만들어서 실행하는 프로그램 작성
  - 10개의 쓰레드를 만들어서 각자 자신의 쓰레드 ID를 출력

```
#include <thread>
#include <iostream>
#include <vector>

using namespace std;

void ThreadFunc(int threadid)
{
        cout << threadid << endl;
}

int main()
{
        vector <thread *> my_thread;

        for (int i=0; i< 10; ++i)
           my_thread.push_back(new thread {ThreadFunc, i});

        for (auto t:my_threads) t->join();
}
```

멀티 쓰레드 프로그래밍

- 멀티 쓰레드 프로그램의 성능 측정
  - high_resolution_clock으로 성능 측정
  - 2를 5000만번 더하는 프로그램
- 싱글 쓰레드 프로그램 부터 테스트
- 주의!! 모든 성능 측정은 Release Mode로 한다!

```
#include <chrono>
using namespace std::chrono;

auto t = high_resolution_clock::now();
// 측정하고 싶은 프로그램을 이곳에 위치시킨다.
auto d = high_resolution_clock::now() - t;
cout << duration_cast<milliseconds>(d).count() << " msecs\n";
```

멀티 쓰레드 프로그래밍

- 덧셈 프로그램 싱글 쓰레드

```
#include <iostream>
#include <chrono>

using namespace std;
using namespace std::chrono;

int sum;

int main()
{
   auto t = high_resolution_clock::now();
   for (auto i = 0; i < 50000000; ++i) sum += 2;
   auto d = high_resolution_clock::now() - t;
   cout << "Sum = " << sum << "  duration = ";
   cout << duration_cast<milliseconds>(d).count() << endl;
}
```

멀티 쓰레드 프로그래밍

- 덧셈 프로그램 싱글 쓰레드
  - 결과는?
    - 말도 안되는 실행 속도
  - 무엇이 문제인가?
    - 컴파일러가 너무 똑똑함

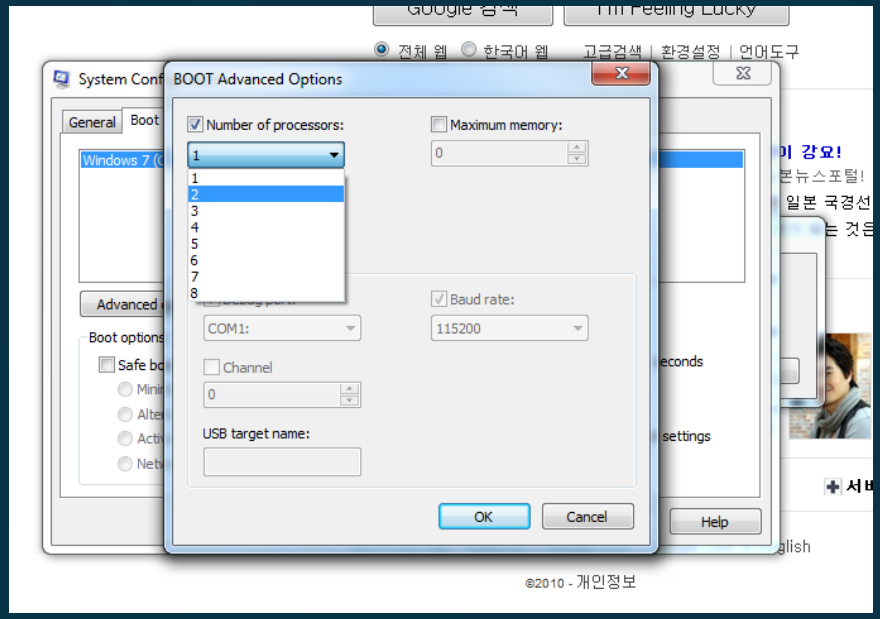
```
...

volatile int sum;

int main()
{
   auto t = high_resolution_clock::now();
   for (auto i = 0; i < 50000000; ++i) sum += 2;
   auto d = high_resolution_clock::now() - t;
   cout << "Sum = " << sum << "  duration = ";
   cout << duration_cast<milliseconds>(d).count() << endl;
}
```

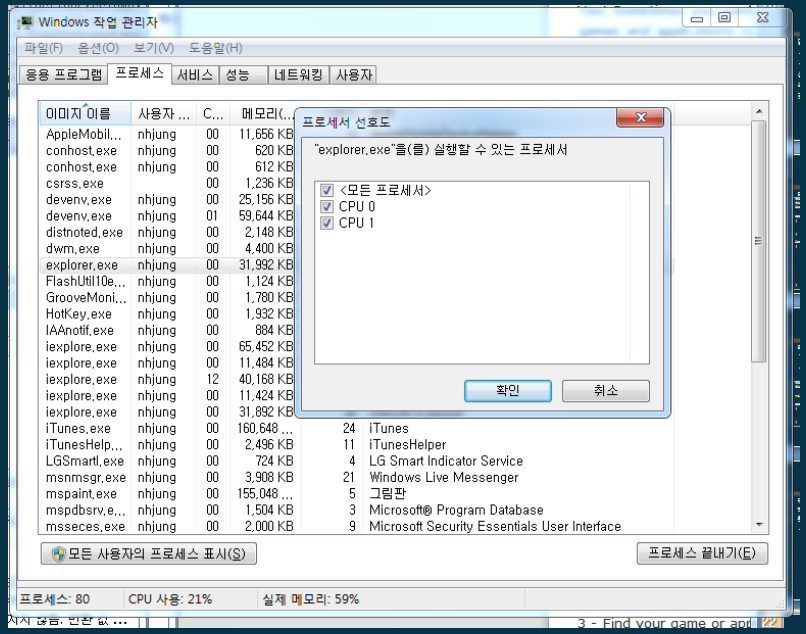
멀티 쓰레드 프로그래밍

- 듀얼 코어 컴퓨터에서 싱글쓰레드 프로그램의 속도 증가가 정말 없을까?
- 확인
  - 실행 -> msconfig -> 부팅 -> 고급옵션 -> 프로세서 수 -> rebooting



멀티 쓰레드 프로그래밍

- 확인 2
  - 작업관리자 -> 응용 프로그램 -> 실행 프로그램 -> 오른 클릭 -> Go -> 오른 클릭 -> 선호도 설정



멀티 쓰레드 프로그래밍 (2018 수목)

- Thread 2개로 합을 구하는 프로그램 작성
  - 전역변수 sum
  - 쓰레드가 하는 일은 “sum += 2” 오천만 / 2 번 수행
  - 쓰레드 종료 후 sum 출력

멀티 쓰레드 프로그래밍

- 쓰레드 2개 합계 구하기 프로그램

```
#include <iostream>
#include <thread>

using namespace std;
int sum;

void thread_func()
{
   for (auto i = 0; i < 25000000; ++i) sum += 2;
}

int main()
{
   thread t1 = thread{ thread_func };
   thread t2 = thread{ thread_func };
   t1.join();    t2.join();
   cout << "Sum = " << sum << "\n";
}
```

멀티 쓰레드 프로그래밍

- 쓰레드2개 합계 구하기 프로그램의 결과
  - 속도는?
  - 결과는?

- 수정
  - 쓰레드 4개는?
  - 쿼드 코어 CPU에서는???

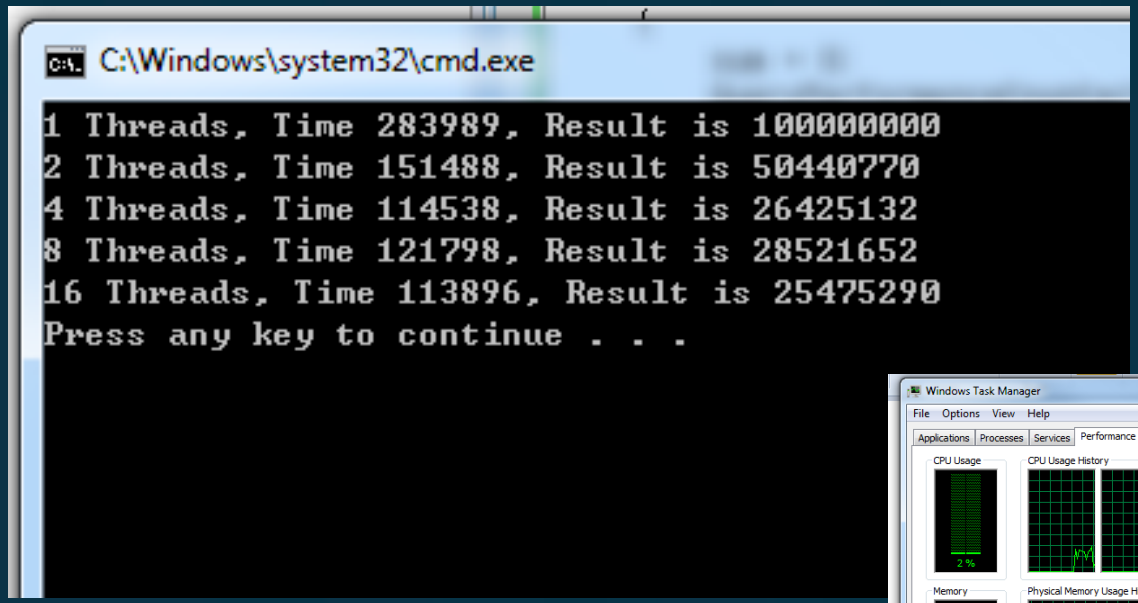
멀티 쓰레드 프로그래밍

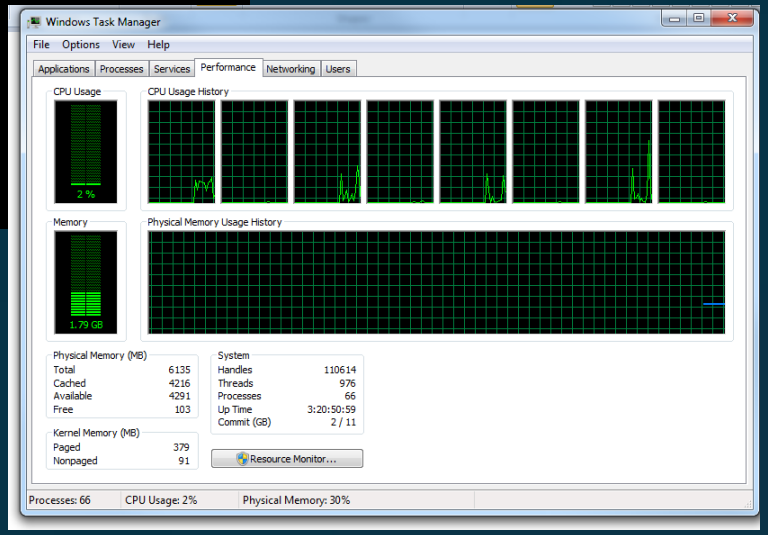
- 다중 쓰레드

```
#include <iostream>
#include <thread>
#include <chrono>
#include <vector>
const auto MAX_THREADS = 64;
using namespace std;
using namespace std::chrono;
volatile int sum;
void thread_func(int num_threads) {
   for (auto i = 0; i < 50000000 / num_threads; ++i)  sum += 2;
}
int main() {
   vector<thread*> threads;
   for (auto i = 1; i <= MAX_THREADS; i *= 2) {
      sum = 0;
      threads.clear();
      auto start = high_resolution_clock::now();
      for (auto j = 0; j < i; ++j) threads.push_back(new thread{ thread_func, i });
      for (auto tmp : threads) tmp->join();
      auto duration = high_resolution_clock::now() - start;
      cout << i << " Threads" << "   Sum = " << sum;
      cout << "  Duration = " << duration_cast<milliseconds>(duration).count() << " milliseconds\n";
}  }
```

멀티 쓰레드 프로그래밍

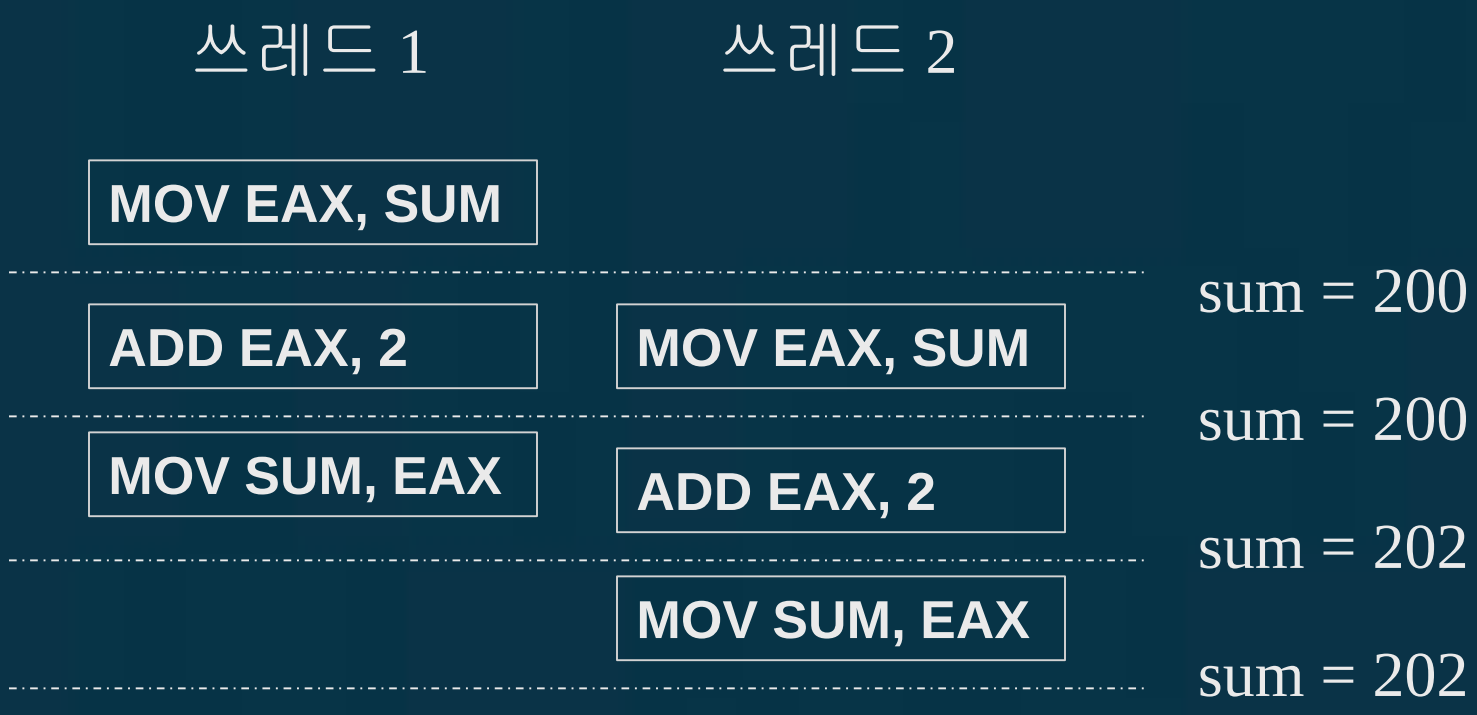
- 다중 쓰레드 - 결과





멀티쓰레드

- 왜 틀린 결과가 나왔을까?
  - "sum+=2"가 문제이다.



멀티 쓰레드

- 틀리게 나오는 이유
  - Data Race 때문
- Data Race란?
  - 같은 메모리를 한 개 이상의 쓰레드가 동시에 읽고 쓰는 경우
  - 그 중 적어도 한 개는 반드시 쓰기 일것

멀티 쓰레드

- Data Race 해결
  - Data Race 없애기 : 한번에 하나만 수행할 수 있도록 한다.
  - Lock (L) : L을 다른 쓰레드에서 사용하고 있으면 대기, 없으면 사용 중 표시
  - Unlock(L) : 사용 중 표시를 지움

쓰레드 1	쓰레드 2
Lock (LA) **A+=2;** **Unlock (LA);**	**Lock (LA)** **A+=2;** **Unlock (LA);**

결과는 항상 **A = 4**

멀티 쓰레드 프로그래밍

- Lock과 Unlock
  - C++11 표준에 존재
  - Mutex 클래스의 객체 생성 후 lock(), unlock() 메소드 호출

```
#include <mutex>

using namespace std;
mutex mylock;

…
    mylock.lock();
    // Critical Section
    mylock.unlock();
```

멀티 쓰레드 프로그래밍

- Why

```
mylock.lock();
```

- Not

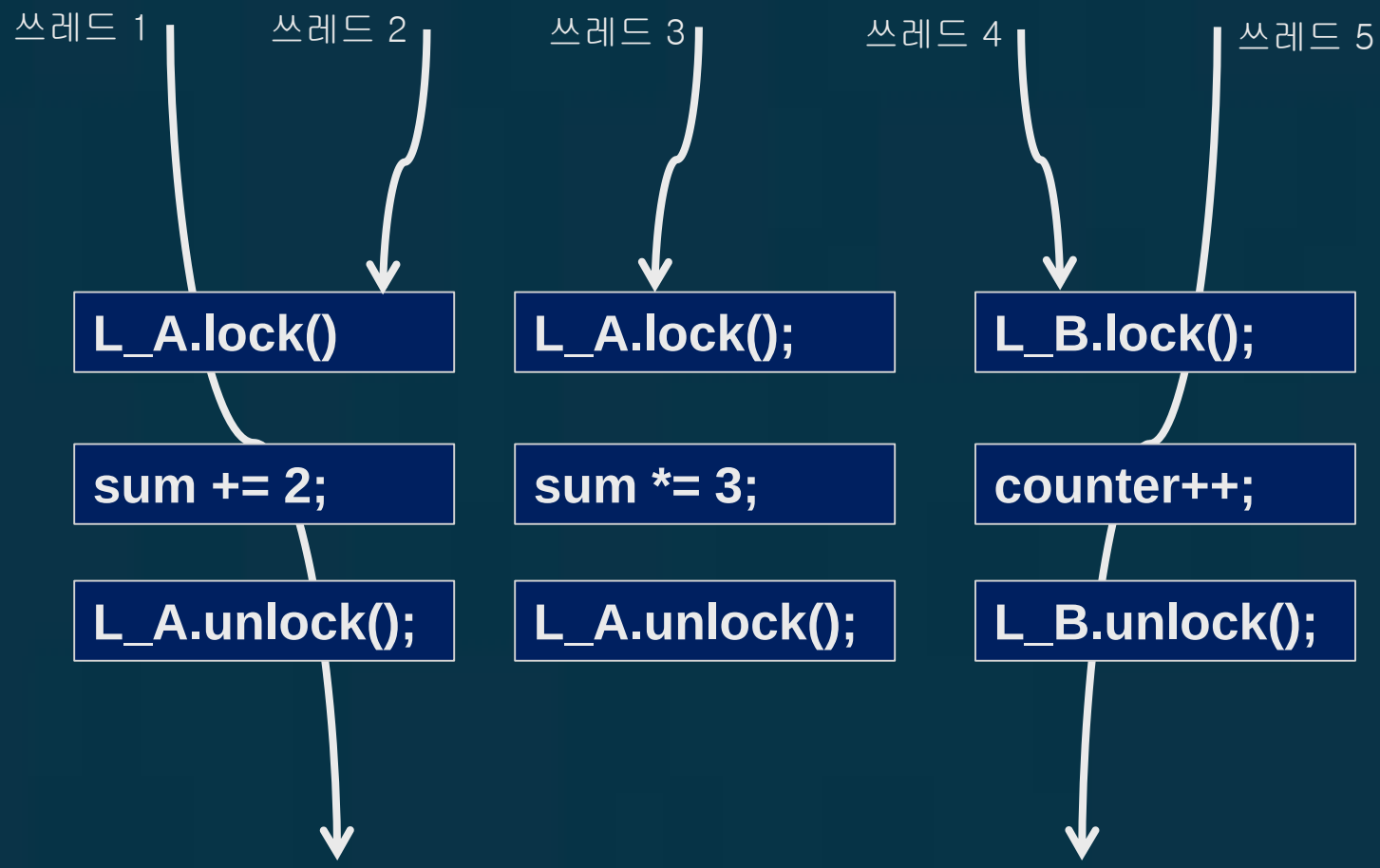
```
lock();
```

멀티 쓰레드 프로그래밍

- Lock과 Unlock : 주의점
  - Mutex객체는 전역 변수로.
  - 같은 객체 사이에서만 Lock/Unlock이 동작.
    - 다른 mutex객체는 상대방을 모름.
  - 서로 동시에 실행돼도 괜찮은 critical section이 있다면 다른 mutex객체로 보호하는 것이 성능이 좋음
    - 같은 mutex객체로 보호하면 동시에 실행이 안됨

멀티 쓰레드 프로그래밍

- Mutex 객체가 필요한 이유.



멀티 쓰레드 프로그래밍 (실습)

- Thread 2개를 만드는 프로그램 작성
  - 전역변수 sum
  - 쓰레드가 하는 일은 “sum += 2” 오천만 / 2 번 수행
    - 쓰레드 종료 후 sum 출력
  - 맞는 결과가 나오도록 프로그램 수정

```
mutex mylock;

mylock.lock();
mylock.unlock();
```

멀티 쓰레드 프로그래밍 (실습)

- Lock을 사용한 멀티 쓰레드
  - 결과는 맞는가?
  - 수행 시간은?

멀티 쓰레드

- Lock 사용시 주의점
  - Lock의 부하
    - lock 호출 자체가 상당한 부하를 유발한다.
    - 호출한 코어 뿐만 아니라 다른 코어와 다른 CPU에도 Delay를 발생시킨다.
  - Lock의 크기 (임계영역의 크기)
    - 의미 : 하나의 Lock으로 보호 받는 변수의 크기 또는 프로그램의 길이
    - 너무 작다 : lock이 자주 호출되어 성능 저하가 심해진다.
    - 너무 크다 : lock을 얻지 못해 오랫동안 대기하는 쓰레드로 인한 성능 감소가 커진다. 병렬성이 떨어진다.

멀티 쓰레드 프로그래밍 (실습)

- Thread 2개를 만드는 프로그램 작성
  - 맞는 결과가 나오도록 프로그램 수정
  - Lock을 최소한 사용하여 성능 개선

멀티 쓰레드 프로그래밍 (실습)

- 쿼드 코어(with Hyperthread)에서의 결과

```
void optimal_thread_func(int num_threads)
{
    volatile int local_sum = 0;
    for (auto i = 0; i < 50000000 / num_threads; ++i) local_sum += 2;
    mylock.lock();
    sum += local_sum;
    mylock.unlock();
}

int main()
{
    vector<thread*> threads;
    for (auto i = 1; i <= MAX_THREAD
    {
        sum = 0;
        threads.clear();
        auto start = high_resolution
        for (auto j = 0; j < i; ++j)
        for (auto tmp : threads) tmp
        auto duration = high_resolut
        cout << i << " Threads" << "
        cout << "  Duration = " << d
    }
```

```
C:₩Windows₩system32₩cmd.exe
1 Threads   Sum = 100000000  Duration = 116 milliseconds
2 Threads   Sum = 100000000  Duration = 58 milliseconds
4 Threads   Sum = 100000000  Duration = 30 milliseconds
8 Threads   Sum = 100000000  Duration = 32 milliseconds
16 Threads   Sum = 100000000  Duration = 30 milliseconds
32 Threads   Sum = 100000000  Duration = 28 milliseconds
64 Threads   Sum = 100000000  Duration = 23 milliseconds
계속하려면 아무 키나 누르십시오 . . .
```

멀티 쓰레드 프로그래밍 (실습)

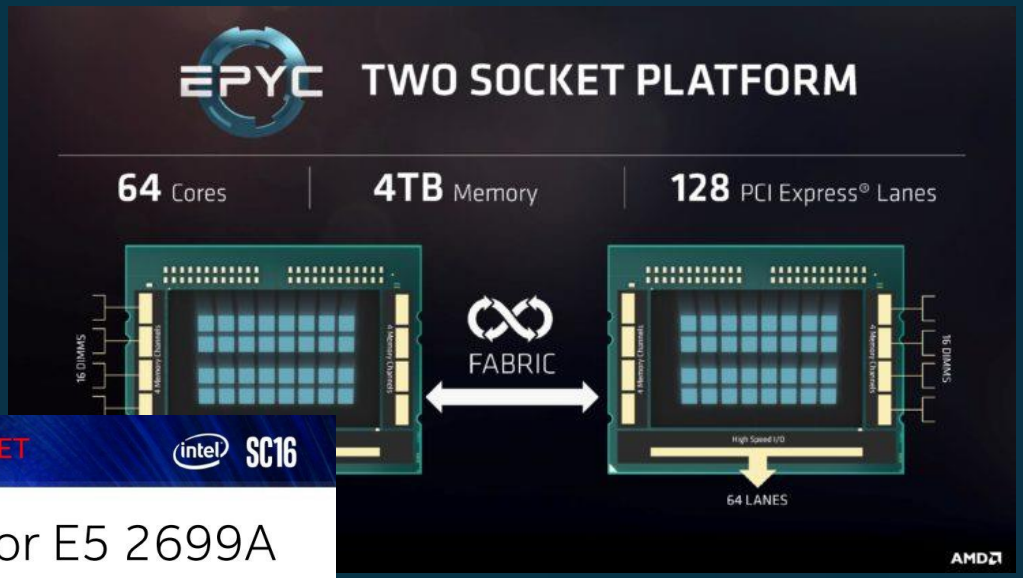
- 수행시간 비교
  - 싱글 쓰레드 수행시간
  - 멀티 쓰레드 수행시간
  - 멀티 쓰레드 + lock수행시간
  - (성능개선) 멀티 쓰레드 + local 계산 후 합산

정리

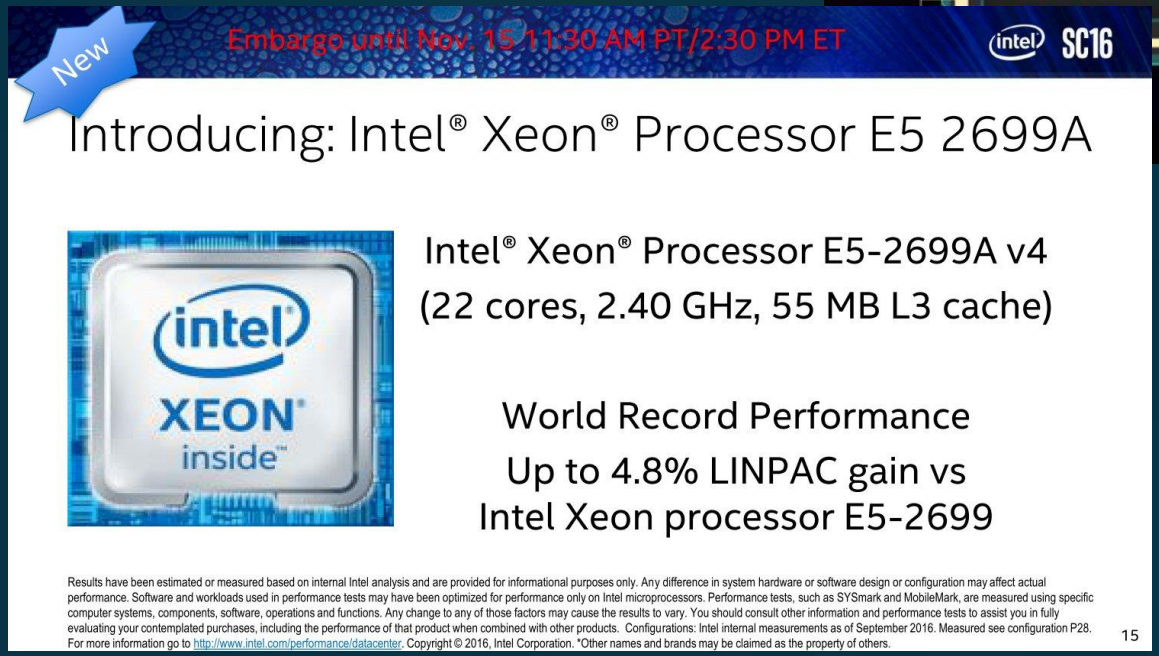
- 게임서버의 성능향상을 위해서는 멀티스레드 프로그래밍이 필수이다.
- 멀티 코어환경에서는 메모리 공유에 주의해야 한다. (Data Race)
- Lock은 성능저하를 초래한다.
- Lock을 최소한도로 사용하도록 프로그램을 작성해야 한다.

현재

- 서버용 CPU



AMD 32 core EPYC



현재

- 멀티 CPU 컴퓨터

Products ▸ Systems ▸ FatTwin ▸ [F627G2-F73PT+]

Integrated Board

Super X9DRFF-7TG+

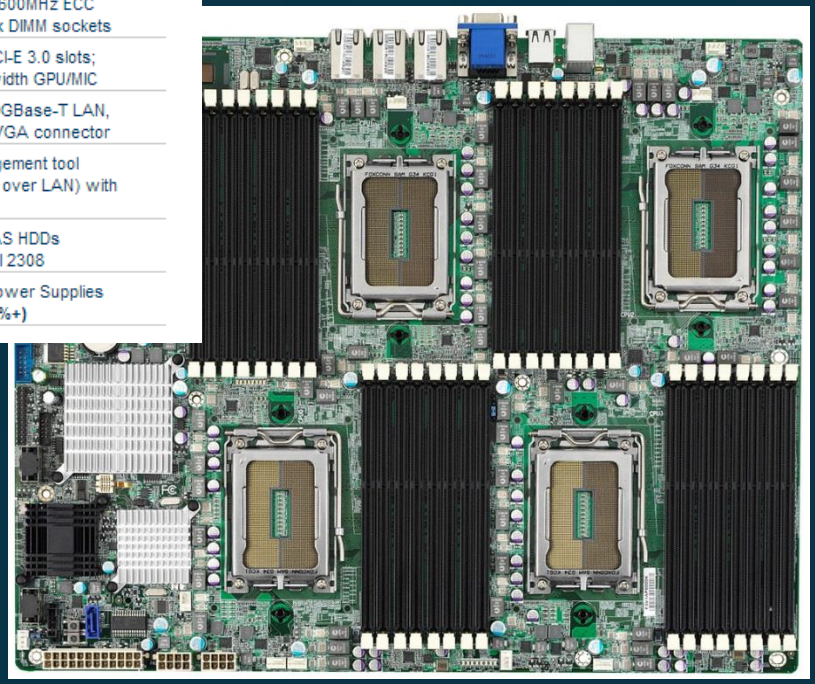
Available Colors: Black

▸ Drivers & Utilities ▸ BIOS ▸ IPMI ▸ Tested HDD

Key Features

4 Hot-plug System Nodes in 4U Front I/O. Each node supports:

1. Intel® Xeon® processor E5-2600 family; QPI up to 8GT/s
2. Up to 512GB DDR3 1600MHz ECC Registered DIMM; 16x DIMM sockets
3. 3 (x16) and 2 (x8) PCI-E 3.0 slots; Support 3x Double-width GPU/MIC
4. Front I/O ports: 2x 10GBase-T LAN, 2x USB 2.0, and 1x VGA connector
5. Built-in Server management tool (IPMI 2.0, KVM/media over LAN) with dedicated LAN port
6. 6x 2.5" Hot-swap SAS HDDs SAS2 support via LSI 2308
7. 1620W Redundant Power Supplies **Platinum Level (94%+)**



미래 전망

- Core의 개수는 계속 증가한다.
  - 현재 32 core를 갖는 서버 CPU가 등장
- 새로운 개념이 사용될 것이다.
  - Transactional Memory
- 64개 이상의 core에서는 C++가 아닌 다른 프로그래밍언어가 필요하다.
  - Haskell, Erlang

다음시간

- IOCP

끝내기 전에

- 지금 까지 이야기한 멀티쓰레드 프로그래밍은 단지 맛보기
- 진정한 멀티쓰레드프로그래밍은 IOCP 끝나고 한 시간 더
- 멀티쓰레드 프로그래머의 필독서

Intel® 64 and IA-32 Architectures
Software Developer's Manual
Volume 3A:
System Programming Guide, Part 1