Windows 멀티스레드 프로그래밍 활용

유영천

https://megayuchi.com

tw:@dgtman

멀티 스레드 프로그래밍의 목적

- 처리량 향상
- 비동기 처리

데모

- 메모리 카피 테스트
- 이미지 프로세싱 테스트
- 라이트맵 계산 테스트
- voxelization

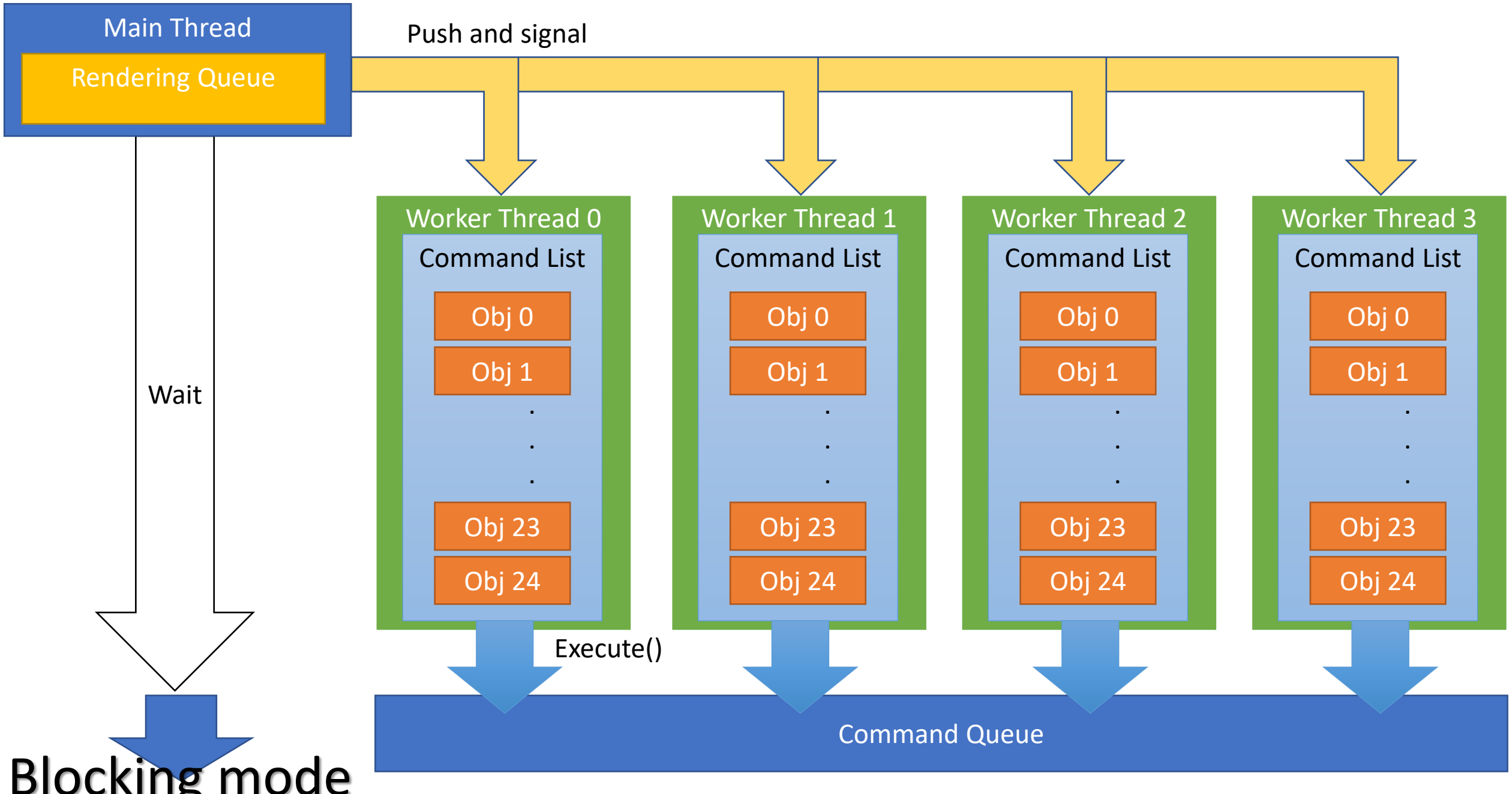
용도별 패턴

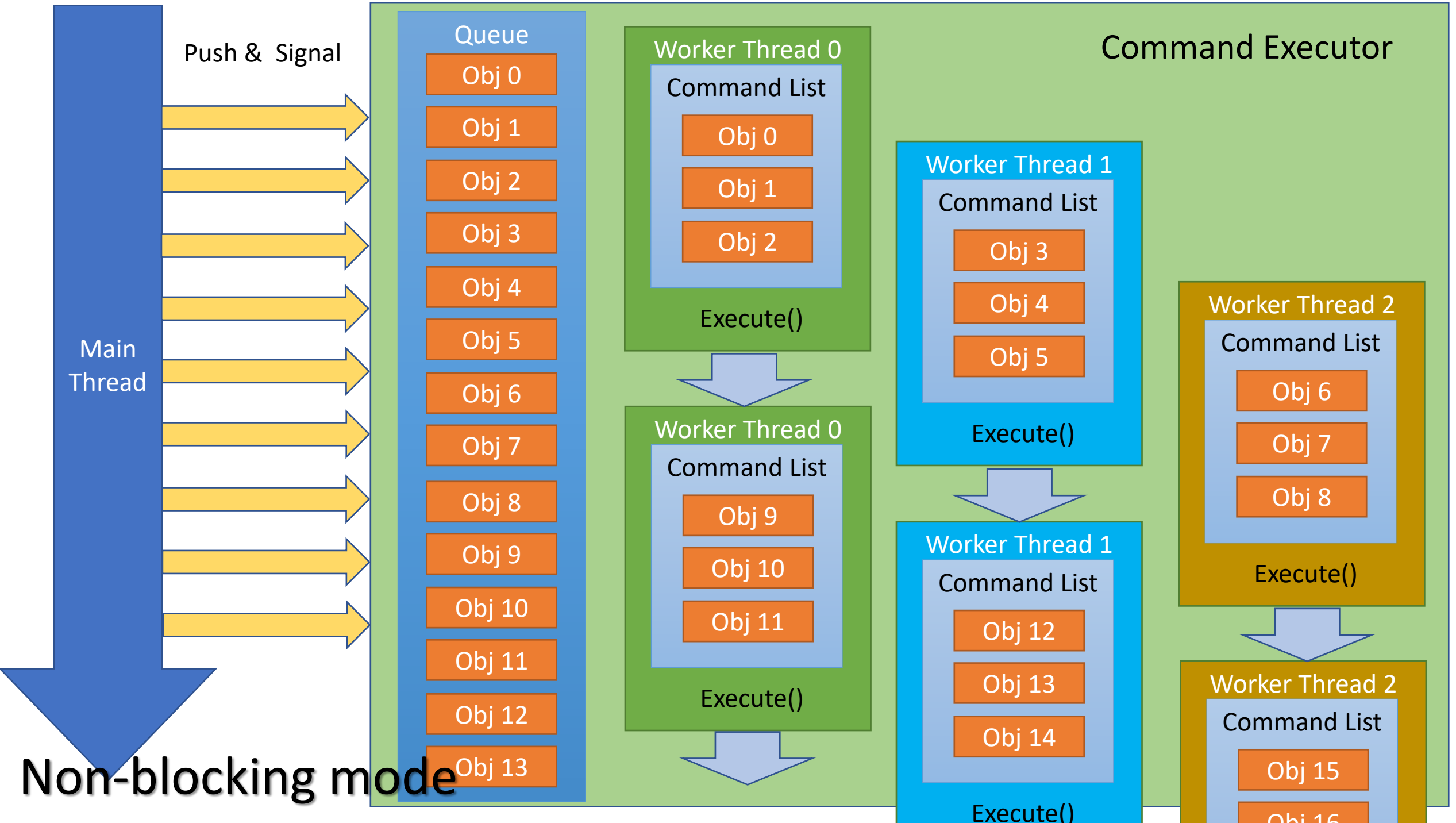
용도별 패턴

- 처리량 향상
  - 응답시간이 중요하지 않을때(or 처리량 부하 >>> 응답성 저하)
    - 이미지 프로세싱 – 동기화가 거의 필요하지 않음.
    - Lightmap baking등 각종 baking – 동기화가 거의 필요하지 않음. Or 아주 약한 동기화.
    - Voxelization – 동기화가 거의 필요하지 않음.
    - 서버에서의 3D오브젝트 충돌처리/picking – 동기화가 다소 필요함.
  - 응답시간이 중요할때 (or처리량 부하 >= 응답성 저하)
    - D3D12 멀티 스레드 렌더링 – 동기화가 다소 필요함.
    - IOCP 워커 스레드 – 동기화가 필요함.
- Blocking 모드 API를 non-block모드로 사용하고 싶을때
  - 소켓 accept, connect – 동기화가 약간 필요함
  - DB Query – 동기화가 약간 필요함.

D3D12 멀티 스레드 렌더링

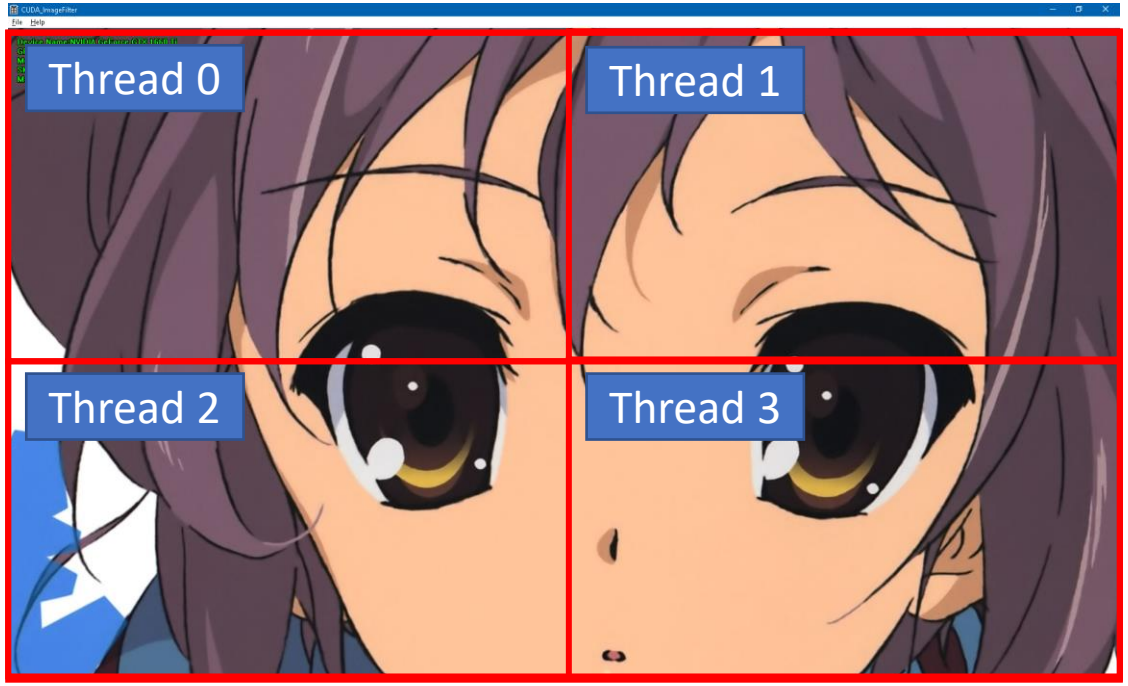
- 멀티 스레드를 사용하지 않으면 일단 GPU가 무조건 논다.
- 그렇지만 처리량을 극대화 시키려다 보면 응답성이 떨어진다.

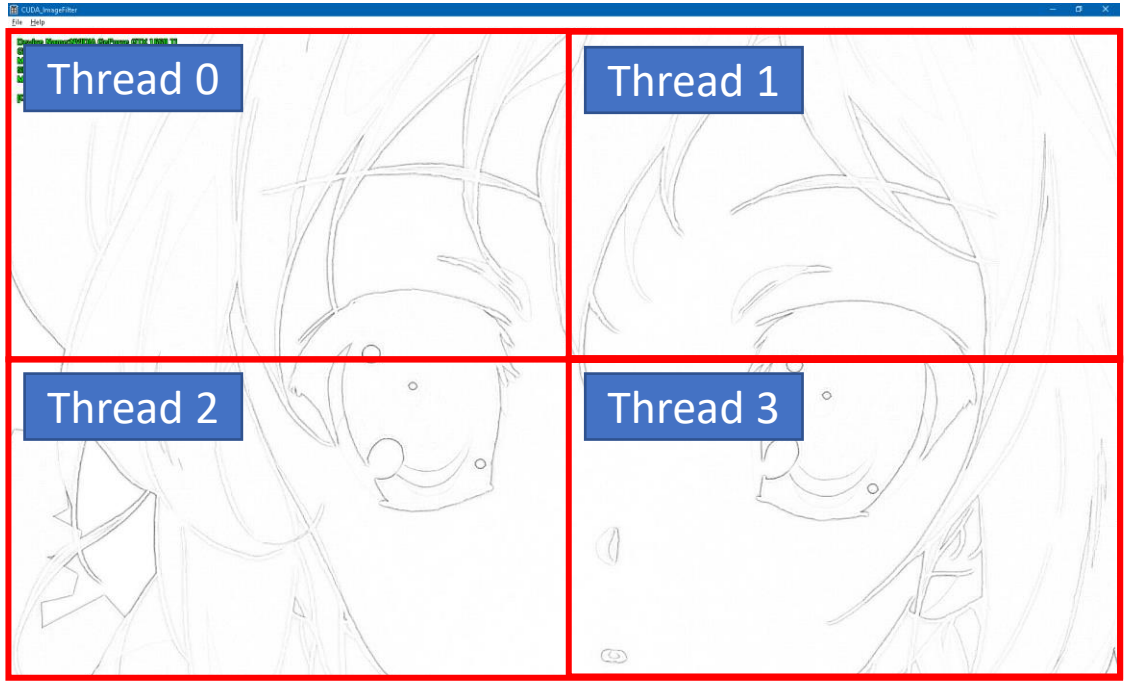

Main Thread
Rendering Queue
Push and signal
Wait
Worker Thread 0
Command List
Obj 0
Obj 1
Obj 23
Obj 24
Worker Thread 1
Command List
Obj 0
Obj 1
Obj 23
Obj 24
Worker Thread 2
Command List
Obj 0
Obj 1
Obj 23
Obj 24
Worker Thread 3
Command List
Obj 0
Obj 1
Obj 23
Obj 24
Execute()
Command Queue
Blocking mode


Main Thread
Push & Signal
Queue
Obj 0
Obj 1
Obj 2
Obj 3
Obj 4
Obj 5
Obj 6
Obj 7
Obj 8
Obj 9
Obj 10
Obj 11
Obj 12
Obj 13
Command Executor
Worker Thread 0
Command List
Obj 0
Obj 1
Obj 2
Execute()
Worker Thread 0
Command List
Obj 9
Obj 10
Obj 11
Execute()
Worker Thread 1
Command List
Obj 3
Obj 4
Obj 5
Execute()
Worker Thread 1
Command List
Obj 12
Obj 13
Obj 14
Execute()
Worker Thread 2
Command List
Obj 6
Obj 7
Obj 8
Execute()
Worker Thread 2
Command List
Obj 15
Obj 16
Non-blocking mode

이미지 프로세싱

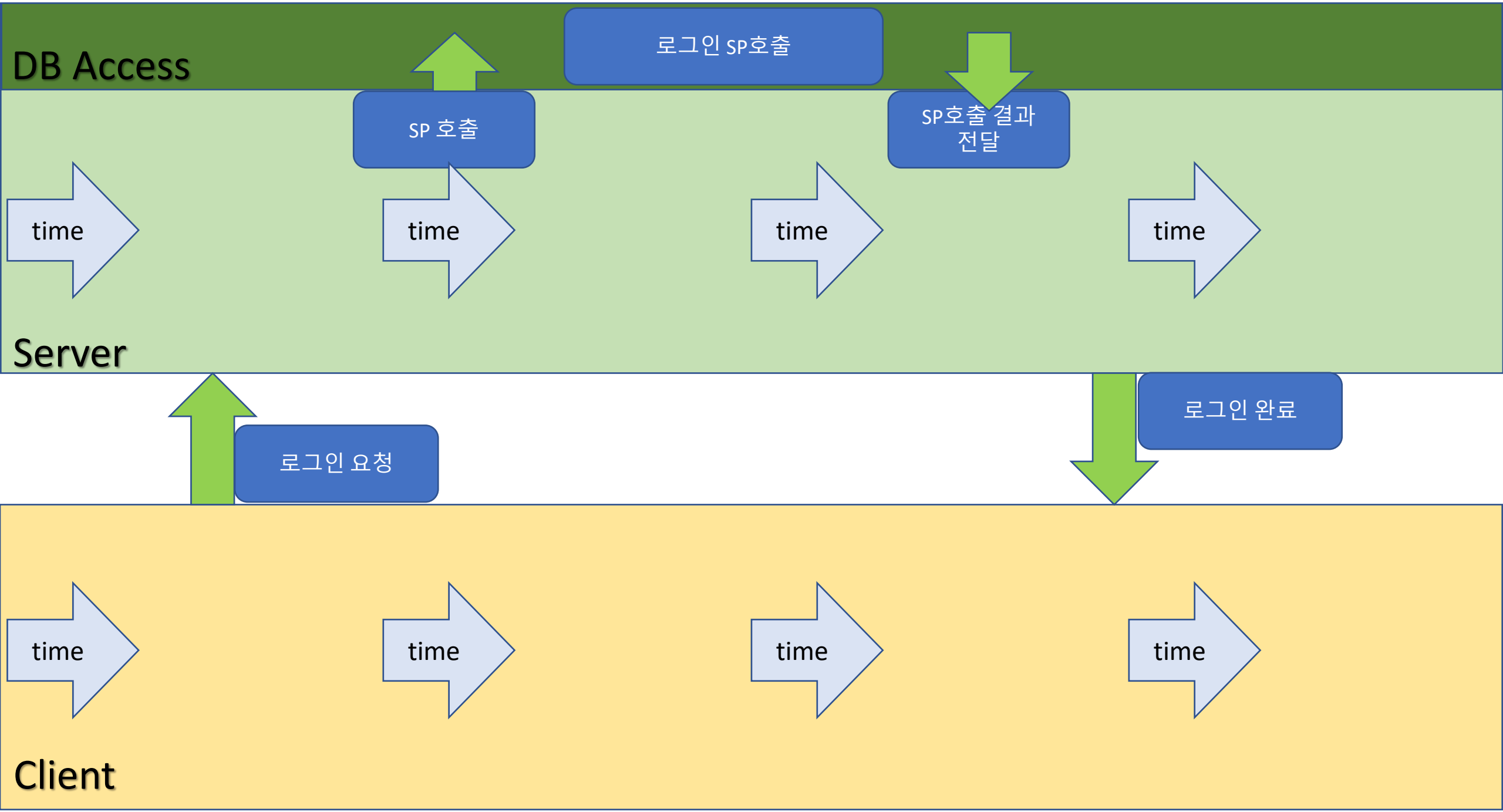
- 멀티 스레드로 가장 확실한 성능 향상을 볼 수 있는 예
- 이미지를 스레드 개수만큼 분할해서 처리한다.
- 정적 이미지, 동영상 모두 같은 방식으로 적용 가능
- 하지만 CUDA가 출동하면 어떨까?


Thread 0
Thread 1
Thread 2
Thread 3


Thread 0
Thread 1
Thread 2
Thread 3

비동기 DB쿼리

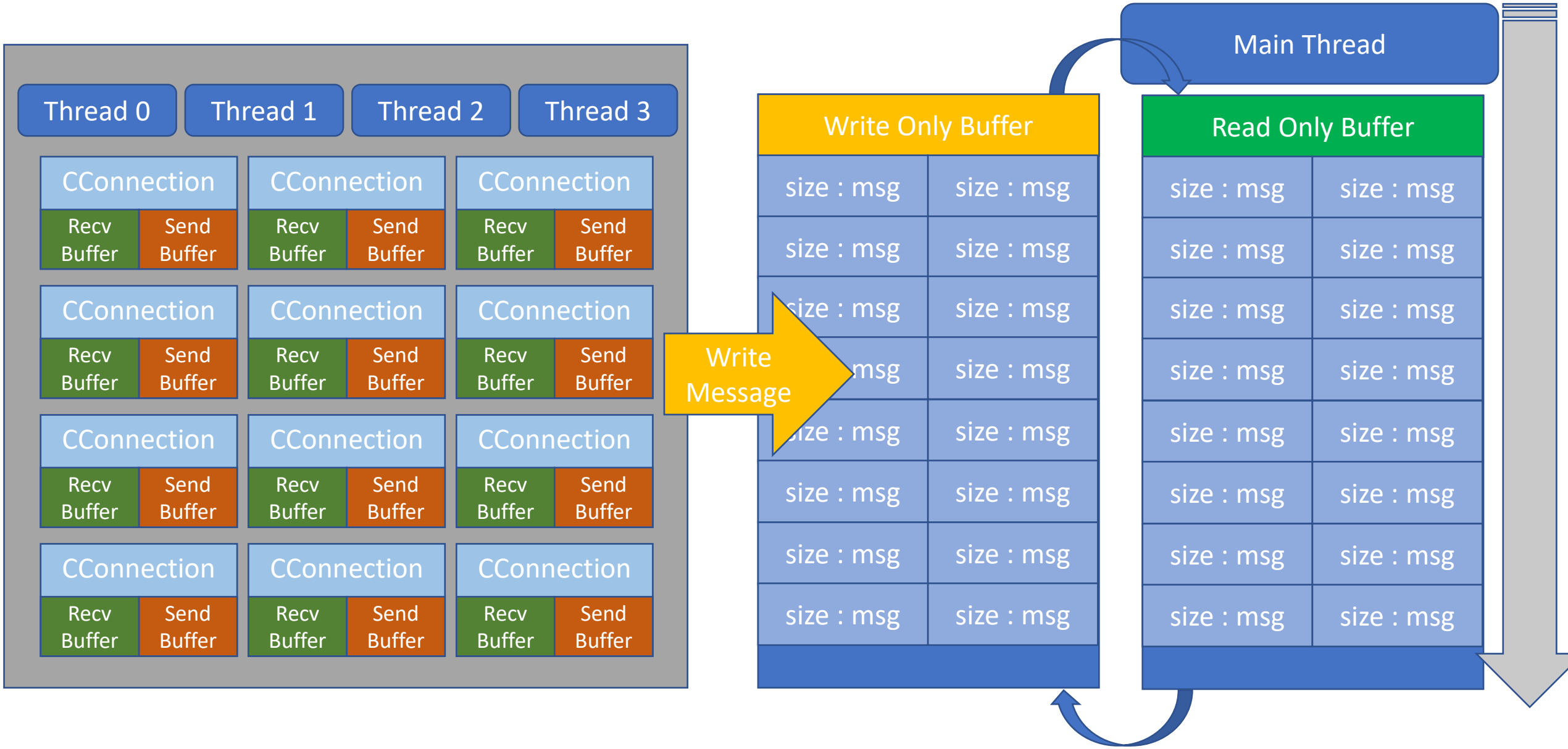
- DB에 쿼리 후 응답 수신 후 메모리에 업데이트
  - 로그인, 아이템 획득 등
- 서버의 메모리 업데이트 후 DB에 쿼리(저장)
  - 총알 소모, 캐릭터 데이터 세이브, 기타 등등
- 어느쪽이든 비동기 처리


DB Access
로그인 SP호출
SP 호출
SP호출 결과
전달
time
time
time
time
Server
로그인 완료
로그인 요청
time
time
time
time
Client

패킷 수신 -> 메시지 처리

- 최소 패킷 구조 = size(4 bytes) + body(N bytes)
- I/O 워커 스레드의 메시지 수집과 메인 스레드의 경쟁 상태를 줄인다.
- Double buffering
  - 하나 이상의 패킷이 수집되면 Network측 Worker thread가 쓰기 버퍼에 수집된 패킷을 써넣는다.
  - Main Thread는 패킷 수신이 통보되면 쓰기 버퍼와 읽기 버퍼의 포인터를 swap한다(가벼운 lock사용).
  - Main Thread는 읽기 버퍼의 쌓인 패킷을 처리한다.
  - 처리가 완료되면 쓰기 버퍼와 읽기 버퍼의 포인터를 swap한다.

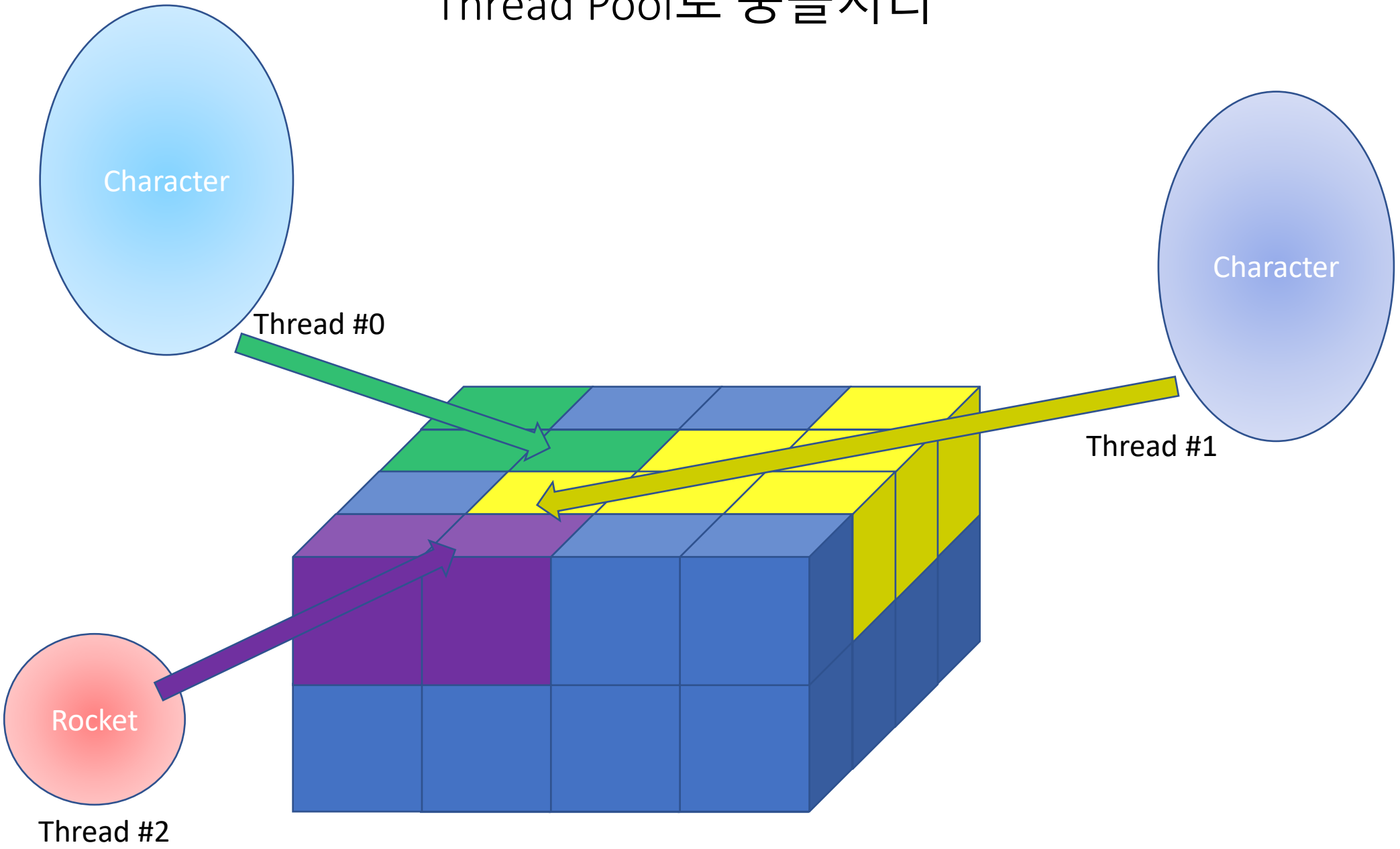
패킷 수신 -> 메시지 처리


Thread 0
Thread 1
Thread 2
Thread 3
CConnection
Recv Buffer
Send Buffer
Write Message
Write Only Buffer
Read Only Buffer
size : msg
Main Thread

서버에서의 이동(충돌)처리

- 클라이언트와 마찬가지로 30fps or 60fps로 처리.
- 키 입력에 대한 순서가 보장되어야 한다.
- 플레이어간 입력 순서가 보장되어야 한다.
- 따라서 완전 동기식으로 처리하되 개별 이동처리 시간을 줄이는 수밖에 없다.
- 처리해야할 캐릭터 수에 비례해서 성능 하락.
- 처리량이 늘어서 응답성이 떨어지는 경우이므로 Thread Pool을 이용하여 병렬처리 한다.

Thread Pool로 충돌처리



스레드간 동기화

동기화 객체

- Event
- SRWLOCK
- Critical Section
- Custom Spin Lock

Event

- WaitFor…() – SetEvent()
- Kernel object
- 대기 시간 길어짐-응답성 떨어짐
- CPU자원의 낭비 적음

Critical Section

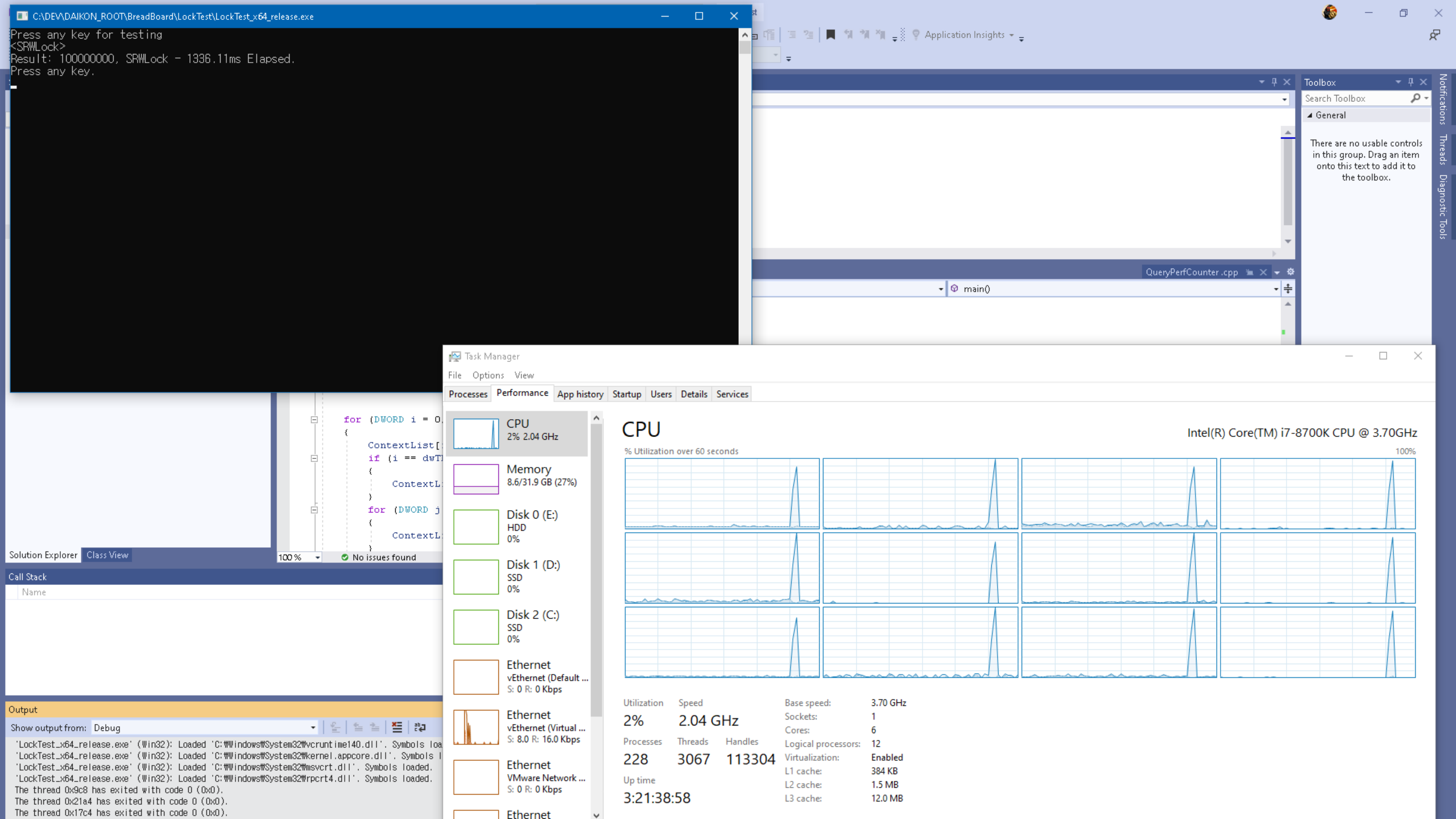
- 동기화가 필요한 코드블럭을 감싸는 형태
- Kernel Object보단 응답성이 빠르다고 알려져있음.
- 재진입 가능
- 진입 시도 실패시 wait상태로 진입
- Spin lock을 일부 도입한 형태로 사용 가능

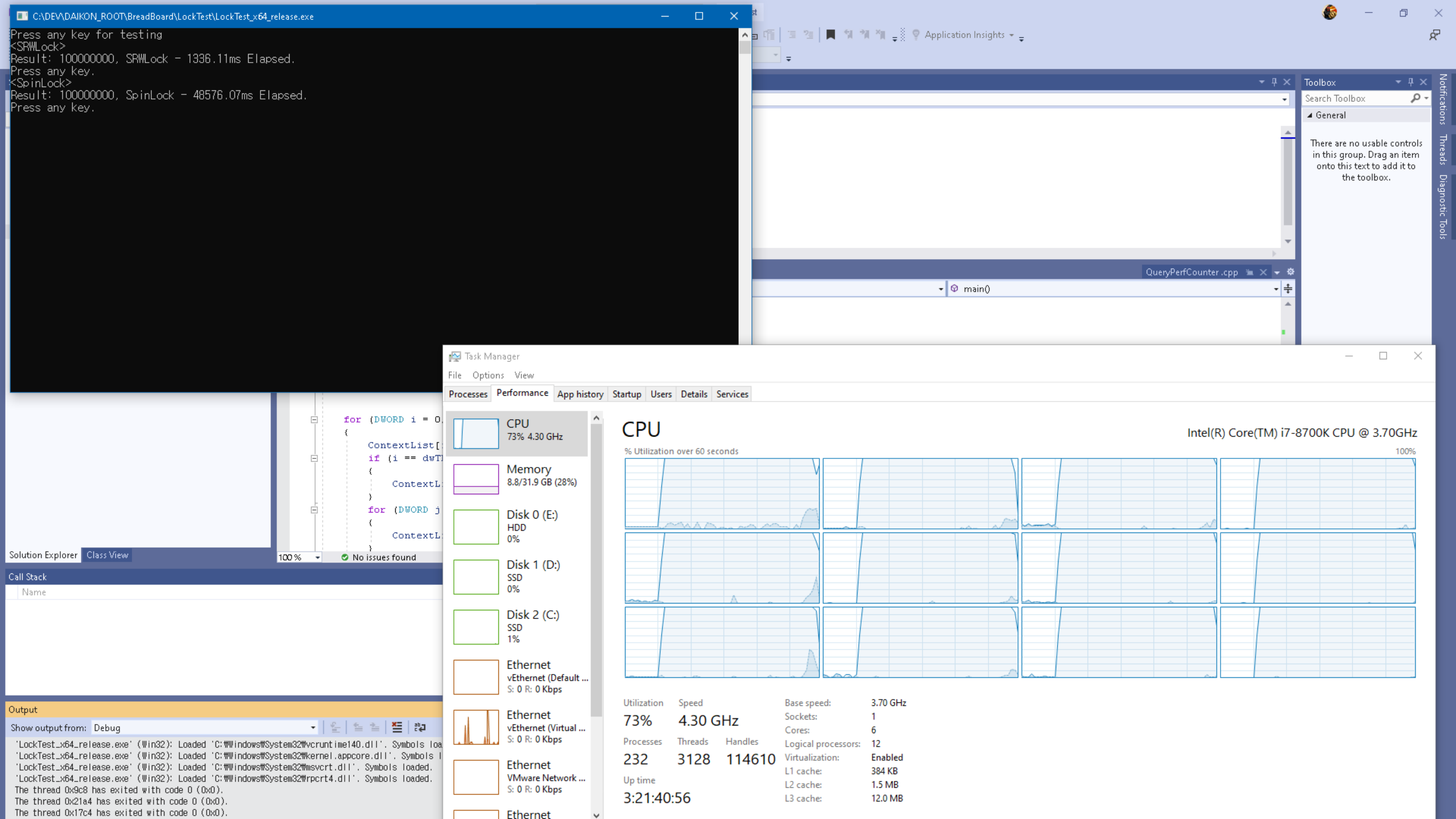
SRWLOCK

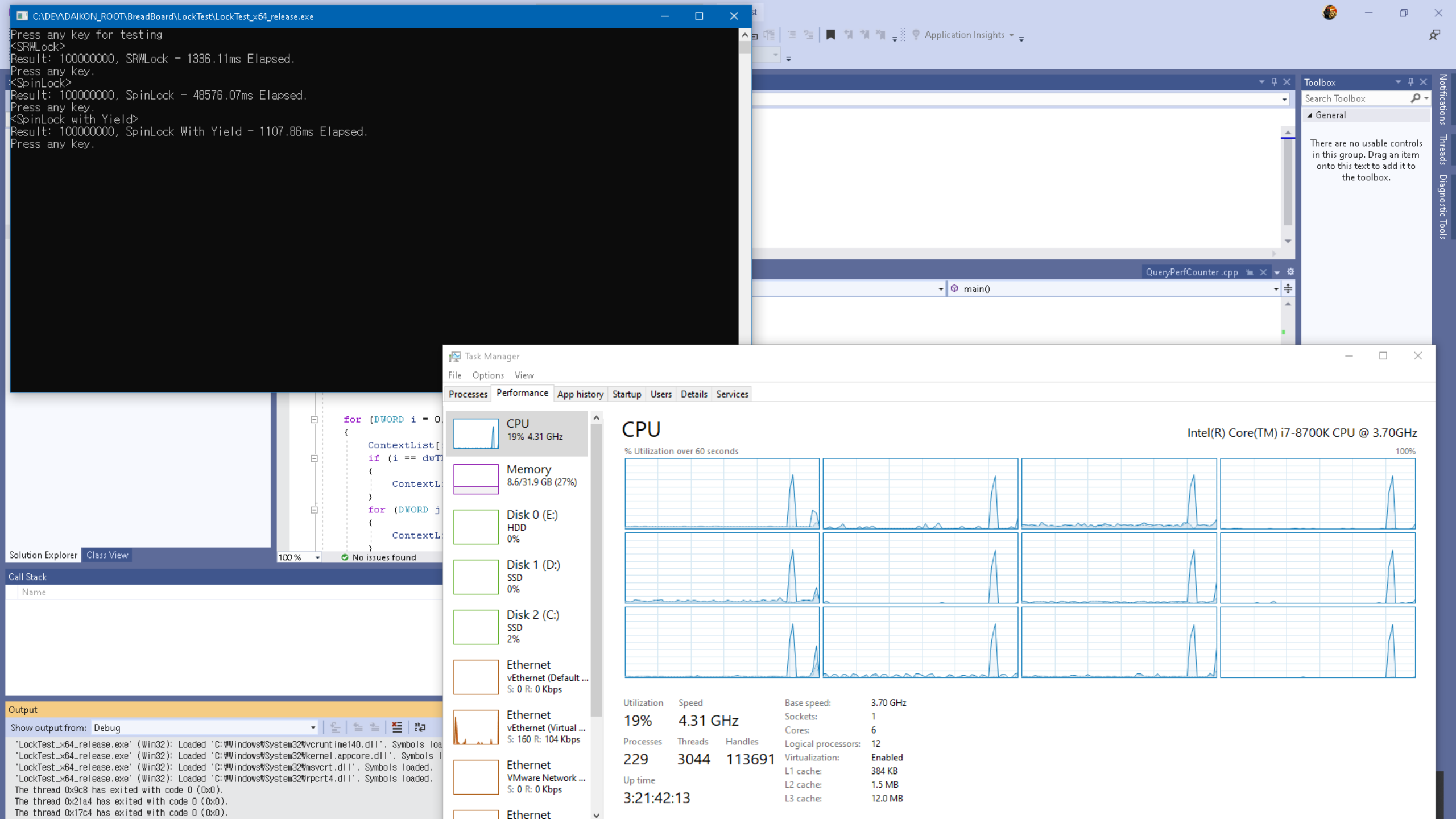
- 접근하는 스레드가 모두 Read모드인 경우 비용0로 억세스
- 접근하는 스레드가 read/ write 이거나 write /write인 경우 비용 발생
- Spin lock을 돌다가 일정 회수 이상 반복하면 wait상태로 진입
- 재진입 불가
- 재진입이 필요치 않다면 Critical Section을 완전히 대체 가능.

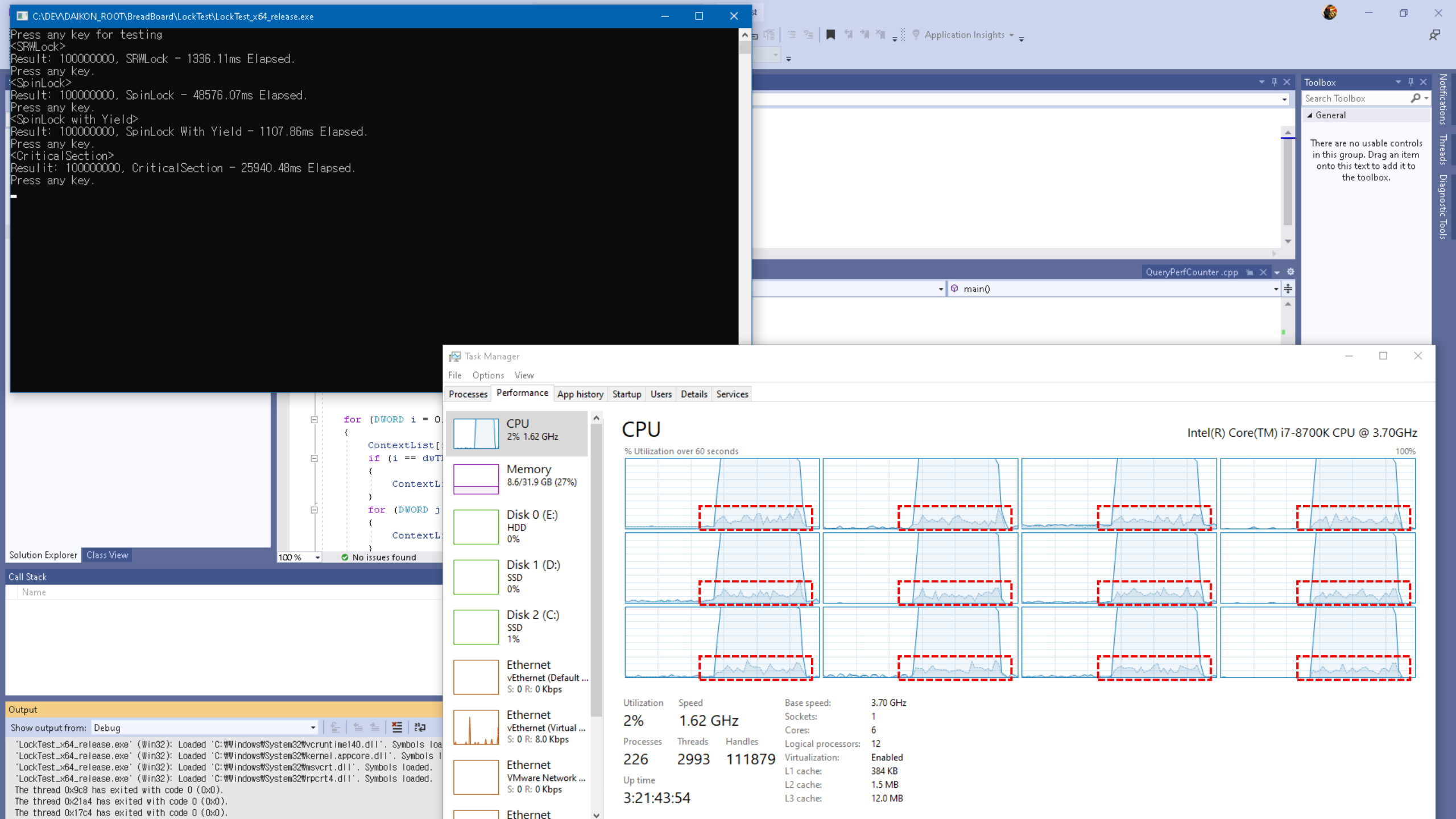
Spin lock

- Lock 접두어를 사용해서 간단히 만들 수 있음.
- Wait를 절대 하지 않을 경우 사용.
- 스레드간 경쟁이 긴 시간 발생할 경우 전체적인 성능을 떨어뜨릴 가능성이 있음.
- 짧은 시간동안의 lock이 필요할 경우 가장 빠르다.


C:\DEV\DAIKON_ROOT\BreadBoard\LockTest\LockTest_x64_release.exe
Press any key for testing
<SRWLock>
Result: 100000000, SRWLock - 1336.11ms Elapsed.
Press any key.
Application Insights
Toolbox
Search Toolbox
General
There are no usable controls in this group. Drag an item onto this text to add it to the toolbox.
QueryPerfCounter.cpp
main()
for (DWORD i = 0,
{
ContextList[
if (i == dwT
{
ContextL
}
for (DWORD j
{
ContextL
}
Solution Explorer
Class View
100 %
No issues found
Call Stack
Name
Output
Show output from: Debug
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\vcruntime140.dll'. Symbols loa
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\kernel.appcore.dll'. Symbols l
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\msvcrt.dll'. Symbols loaded.
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\rpcrt4.dll'. Symbols loaded.
The thread 0x9c8 has exited with code 0 (0x0).
The thread 0x21a4 has exited with code 0 (0x0).
The thread 0x17c4 has exited with code 0 (0x0).
Task Manager
File
Options
View
Processes
Performance
App history
Startup
Users
Details
Services
CPU
2% 2.04 GHz
Memory
8.6/31.9 GB (27%)
Disk 0 (E:)
HDD
0%
Disk 1 (D:)
SSD
0%
Disk 2 (C:)
SSD
0%
Ethernet
vEthernet (Default ...
S: 0 R: 0 Kbps
Ethernet
vEthernet (Virtual ...
S: 8.0 R: 16.0 Kbps
Ethernet
VMware Network ...
S: 0 R: 0 Kbps
Ethernet
CPU
Intel(R) Core(TM) i7-8700K CPU @ 3.70GHz
% Utilization over 60 seconds
100%
Utilization
2%
Speed
2.04 GHz
Processes
228
Threads
3067
Handles
113304
Up time
3:21:38:58
Base speed: 3.70 GHz
Sockets: 1
Cores: 6
Logical processors: 12
Virtualization: Enabled
L1 cache: 384 KB
L2 cache: 1.5 MB
L3 cache: 12.0 MB


C:\DEV\DAIKON_ROOT\BreadBoard\LockTest\LockTest_x64_release.exe
Press any key for testing
<SRWLock>
Result: 100000000, SRWLock - 1336.11ms Elapsed.
Press any key.
<SpinLock>
Result: 100000000, SpinLock - 48576.07ms Elapsed.
Press any key.
Application Insights
Toolbox
Search Toolbox
General
There are no usable controls in this group. Drag an item onto this text to add it to the toolbox.
QueryPerfCounter.cpp
main()
Task Manager
File Options View
Processes Performance App history Startup Users Details Services
CPU 73% 4.30 GHz
Memory 8.8/31.9 GB (28%)
Disk 0 (E:) HDD 0%
Disk 1 (D:) SSD 0%
Disk 2 (C:) SSD 1%
Ethernet vEthernet (Default ... S: 0 R: 0 Kbps
Ethernet vEthernet (Virtual ... S: 0 R: 0 Kbps
Ethernet VMware Network ... S: 0 R: 0 Kbps
CPU
Intel(R) Core(TM) i7-8700K CPU @ 3.70GHz
% Utilization over 60 seconds
100%
Utilization 73%
Speed 4.30 GHz
Processes 232
Threads 3128
Handles 114610
Up time 3:21:40:56
Base speed: 3.70 GHz
Sockets: 1
Cores: 6
Logical processors: 12
Virtualization: Enabled
L1 cache: 384 KB
L2 cache: 1.5 MB
L3 cache: 12.0 MB
Solution Explorer
Class View
No issues found
Call Stack
Name
Output
Show output from: Debug
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\vcruntime140.dll'. Symbols loa
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\kernel.appcore.dll'. Symbols l
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\msvcrt.dll'. Symbols loaded.
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\rpcrt4.dll'. Symbols loaded.
The thread 0x9c8 has exited with code 0 (0x0).
The thread 0x21a4 has exited with code 0 (0x0).
The thread 0x17c4 has exited with code 0 (0x0).


C:\DEV\DAIKON_ROOT\BreadBoard\LockTest\LockTest_x64_release.exe
Press any key for testing
<SRWLock>
Result: 100000000, SRWLock - 1336.11ms Elapsed.
Press any key.
<SpinLock>
Result: 100000000, SpinLock - 48576.07ms Elapsed.
Press any key.
<SpinLock with Yield>
Result: 100000000, SpinLock With Yield - 1107.86ms Elapsed.
Press any key.
Application Insights
Toolbox
Search Toolbox
General
There are no usable controls in this group. Drag an item onto this text to add it to the toolbox.
QueryPerfCounter.cpp
main()
Notifications
Threads
Diagnostic Tools
for (DWORD i = 0,
{
ContextList[
if (i == dwT
{
ContextL
}
for (DWORD j
{
ContextL
}
Solution Explorer
Class View
100 %
No issues found
Call Stack
Name
Output
Show output from: Debug
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\vcruntime140.dll'. Symbols loa
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\kernel.appcore.dll'. Symbols l
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\msvcrt.dll'. Symbols loaded.
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\rpcrt4.dll'. Symbols loaded.
The thread 0x9c8 has exited with code 0 (0x0).
The thread 0x21a4 has exited with code 0 (0x0).
The thread 0x17c4 has exited with code 0 (0x0).
Task Manager
File
Options
View
Processes
Performance
App history
Startup
Users
Details
Services
CPU
19% 4.31 GHz
Memory
8.6/31.9 GB (27%)
Disk 0 (E:)
HDD
0%
Disk 1 (D:)
SSD
0%
Disk 2 (C:)
SSD
2%
Ethernet
vEthernet (Default ...
S: 0 R: 0 Kbps
Ethernet
vEthernet (Virtual ...
S: 160 R: 104 Kbps
Ethernet
VMware Network ...
S: 0 R: 0 Kbps
Ethernet
CPU
Intel(R) Core(TM) i7-8700K CPU @ 3.70GHz
% Utilization over 60 seconds
100%
Utilization
19%
Speed
4.31 GHz
Processes
229
Threads
3044
Handles
113691
Up time
3:21:42:13
Base speed: 3.70 GHz
Sockets: 1
Cores: 6
Logical processors: 12
Virtualization: Enabled
L1 cache: 384 KB
L2 cache: 1.5 MB
L3 cache: 12.0 MB


C:\DEV\DAIKON_ROOT\BreadBoard\LockTest\LockTest_x64_release.exe
Press any key for testing
<SRWLock>
Result: 100000000, SRWLock - 1336.11ms Elapsed.
Press any key.
<SpinLock>
Result: 100000000, SpinLock - 48576.07ms Elapsed.
Press any key.
<SpinLock with Yield>
Result: 100000000, SpinLock With Yield - 1107.86ms Elapsed.
Press any key.
<CriticalSection>
Result: 100000000, CriticalSection - 25940.48ms Elapsed.
Press any key.
Application Insights
Toolbox
Search Toolbox
General
There are no usable controls in this group. Drag an item onto this text to add it to the toolbox.
QueryPerfCounter.cpp
main()
Task Manager
File Options View
Processes Performance App history Startup Users Details Services
CPU 2% 1.62 GHz
Memory 8.6/31.9 GB (27%)
Disk 0 (E:) HDD 0%
Disk 1 (D:) SSD 0%
Disk 2 (C:) SSD 1%
Ethernet vEthernet (Default ... S: 0 R: 0 Kbps
Ethernet vEthernet (Virtual ... S: 0 R: 8.0 Kbps
Ethernet VMware Network ... S: 0 R: 0 Kbps
CPU
Intel(R) Core(TM) i7-8700K CPU @ 3.70GHz
% Utilization over 60 seconds
100%
Utilization 2%
Speed 1.62 GHz
Processes 226
Threads 2993
Handles 111879
Up time 3:21:43:54
Base speed: 3.70 GHz
Sockets: 1
Cores: 6
Logical processors: 12
Virtualization: Enabled
L1 cache: 384 KB
L2 cache: 1.5 MB
L3 cache: 12.0 MB
Solution Explorer
Class View
No issues found
Call Stack
Name
Output
Show output from: Debug
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\vcruntime140.dll'. Symbols loa
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\kernel.appcore.dll'. Symbols l
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\msvcrt.dll'. Symbols loaded.
'LockTest_x64_release.exe' (Win32): Loaded 'C:\Windows\System32\rpcrt4.dll'. Symbols loaded.
The thread 0x9c8 has exited with code 0 (0x0).
The thread 0x21a4 has exited with code 0 (0x0).
The thread 0x17c4 has exited with code 0 (0x0).

동기화 tip

Lock으로 낭비되는 시간 줄이기

- Lock을 안걸면 가장 좋다.
- 써넣기할때 버퍼 전체의 lock을 거는 대신 써넣을 주소를 얻을때만 lock을 건다.
- 고정 사이즈 memory pool을 사용한다.
- Linked list와 spin lock을 사용한다.
- CRT Heap은 thread safe하지만 여러 스레드가 동시 진입할 경우 성능이 떨어질 수 있다. 여러 스레드가 CRT heap을 동시 접근할 일이 아예 없도록 할것. – 미리 할당/ 스레드별로 다른 heap사용