YesKiSTi
www.yeskisti.net

KISTI TACHYON
사용자 지침서

Ver. 1.1

2008년 8월

슈퍼컴퓨팅센터

KiSTi www.kisti.re.kr
한국과학기술정보연구원
Korea Institute of Science and Technology Information

목 차

1. 시스템 사양 및 구성
    가. 계산 노드
    나. Interconnection 네트워크
    다. 스토리지

2. 기본 사용자 환경
    가. 로그인
    나. 사용자 쉘 변경
    다. 패스워드 변경
    라. 사용자 계정 SRU Time 사용량 확인
    마. 작업 수행시 유의 사항
    바. 작업 디렉토리
    사. SAM-QFS(데이터 아카이빙)

3. 사용자 프로그래밍 환경
    가. 프로그래밍 도구 설치 현황
    나. 프로그램 컴파일 및 디버깅
    다. 프로그램 프로파일링

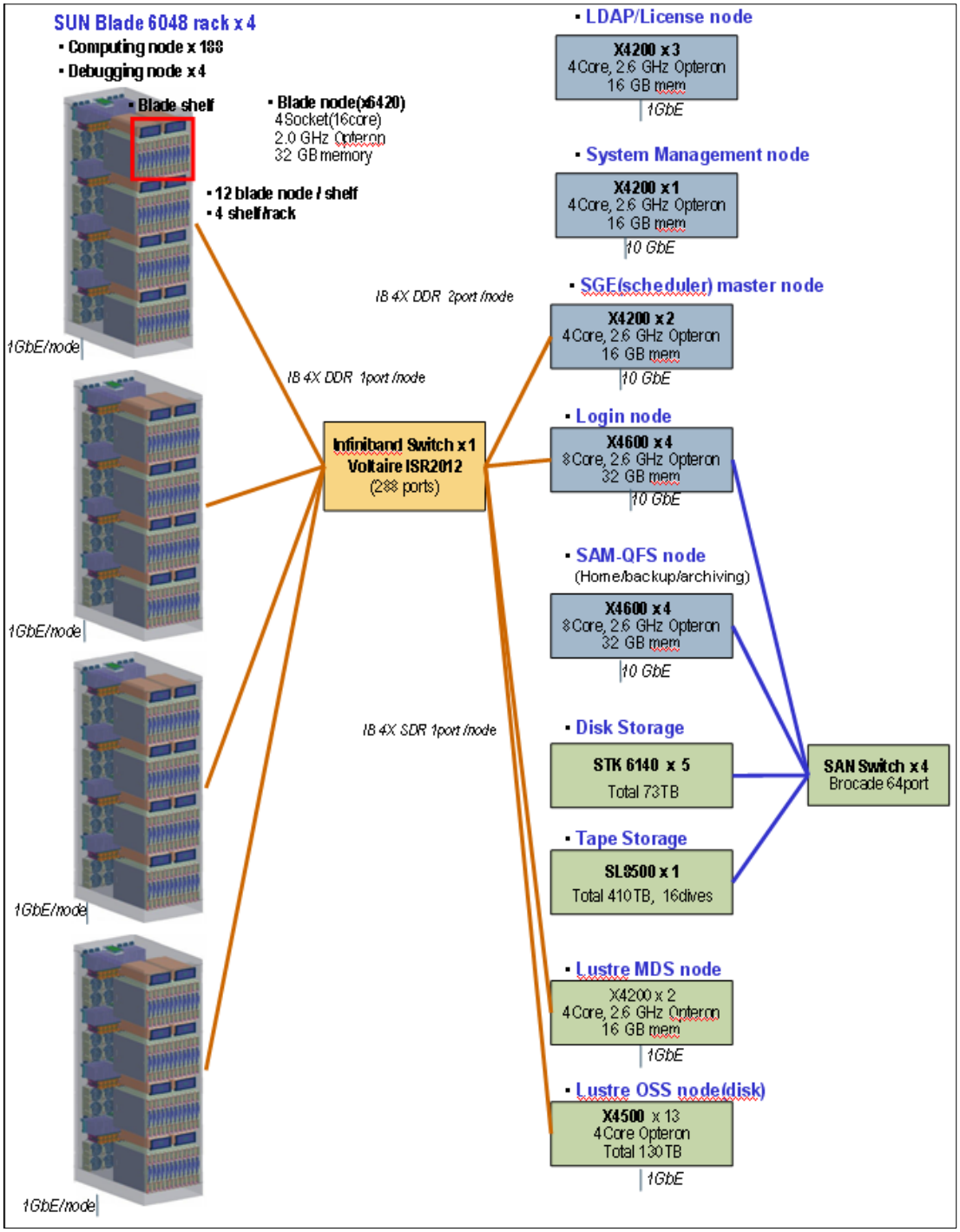
4. 계산노드에서의 Batch 작업 실행
    가. 큐 구성
    나. 작업 제출 및 모니터링
    다. 작업 제어

1. 시스템 사양 및 구성

슈퍼컴퓨터 4호기 초병렬 컴퓨팅 시스템의 1차 시스템인 TACHYON(타키온)은 SUN의 Blade 6048 시스템을 기반으로 구성되었으며, 이론최고성능(Rpeak) 24TFlops를 보이고 있다. 이는 2008년 6월에 발표된 세계 슈퍼컴퓨터의 Linpack 성능 순위 (www.top.org)에서 130위에 해당된다. 2007년 말에 기반공사를 마무리하고 2008년 초부터 본격적으로 설치작업에 돌입한 Tachyon 시스템은 1월에 시스템의 하드웨어 설치 및 구성, 2월부터 약 두 달간에 걸쳐 소프트웨어 설치 및 벤치마크, 4월부터 약 두 달간에 걸친 내부 사용자 안정화 테스트 및 사용자/요금 정책 결정, 6월부터 한 달 일정으로 진행된 10명 내외의 주요 외부 사용자를 대상으로 한 안정화 테스트, 7월 한 달 기간의 일반 사용자를 대상으로 한 베타 테스트를 거쳐 8월경에는 정식 서비스 오픈을 준비하고 있다.

구 분	내 용	비 고
제조사 및 모델	SUN Blade 6048	
아키텍처	클러스터	블레이드 타입
프로세서	AMD Opteron 2.0GHz(Barcelona)	시스템 버스 : HyperTransport (6.4GB/sec) L1/L2/L3 : 64KB/4*512KB/2MB on-die
노드수	**컴퓨팅 노드 188개**	로그인 노드 4개(X4600) 디버깅 노드 4개(Blade 6048)
CPU 코어수	**3,008개**	**16개/노드**
이론최고성능(Rpeak)	**24.58 TFlops**	**Rmax 16.99 TFlops**
메모리	DDR2/667MHz 6TB	32GB/노드, **2GB/코어**
디스크 스토리지	SUN X4500/STK6140	207TB
테이프 스토리지	SUN SL8500	422TB
Interconnection 네트워크	Infiniband 4X DDR	Voltaire ISR 2012 스위치
쿨링 방식	수냉식	Libert XDP/XDH
운영체제	**CentOS 4.6**	Kernel 2.6.9-67.0.4.ELsmp
파일시스템	Lustre 1.6.5.1	스크래치 디렉터리 홈 디렉터리
아카이빙 프로그램	SAM-QFS 4.6	
작업 관리 프로그램	SGE 6.1	

[Tachyon 시스템 사양]

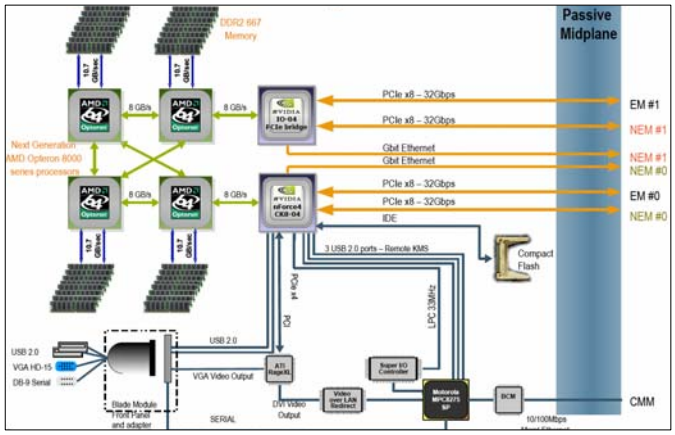


[TACHYON 시스템 구성도]

가. 계산 노드

188개의 계산 노드들은 높은 집적도를 가진 4개의 Sun Blade 6048 랙에 장착되어 있다. 각각의 Sun Blade 6048 랙은 4개의 Shelf로 구성되며, 각각의 shelf에는 12개의 x6420 블레이드 노드가 블레이드 노드가 위치한다. 각각의 x6420 블레이드는 AMD사의 NUMA기반 최신 서버 프로세서인 쿼드코어 2.0GHz CPU(Barcelona) 4개와 32GB 메모리, 그리고 HDD 대용의 8GB CF Memory drive와 2개의 x8 PCI-e bridge를 가지고 있다.

[SUN Blade 6048]

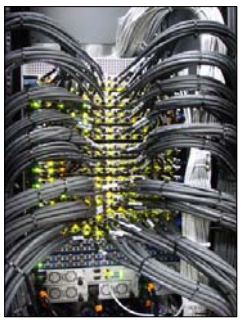


[x6420 블레이드 노드 블록 다이어그램]

나. Interconnection 네트워크

노드 간 계산 네트워크 및 파일 I/O 통신을 위한 백본 네트워크로 Infiniband를 사용하고 있다. 4x IB DDR을 사용하여 non-blocking IB 네트워크로 구축하였으며, 이를 위해 1대의 288 port voltaire ISR 2012 IB 스위치에 모든 계산 노드와 로그인 노드와 파일 서비스 노드를 비롯한 주요 인프라 노드들을 채널 당 2.5GB/sec(20Gbps)의 대역폭을 제공하는 4x IB로 연결하였다.

[Voltaire ISR2012 IB 스위치]



[IB 스위치 후면]

다. 스토리지

TACHYON의 스크래치와 홈 파일 시스템을 위해 19대의 SUN X4500 서버를 연동하여 스토리지 시스템을 구성하였다. 이를 통해 11TB 용량의 홈 디렉토리(/home01)와 두 개의 글로벌 스크래치 디렉토리(54TB의 /work01, 40TB의 /work02)를 제공하고 있다. 스크래치 및 홈 디렉토리는 Lustre 파일시스템을 통해 계산노드를 비롯한 모든 노드에 서비스 되고 있으며 Veritas NetBackup 솔루션을 통해 홈 디렉토리를 주기적으로 테이

프 라이브러리에 백업하고 있다. 사용자의 대용량 데이터에 대한 아카이빙을 지원하기 위해 SAN용 디스크 스토리지(STK6140)와 테이프 라이브러리를 통해 2 단계의 실시간 아카이빙을 지원하고 있다. 아카이빙은 로그인 노드에서 사용자가 FTP를 통해 저장하고자 하는 데이터를 아카이빙 서버로 전송하면 자동으로 저장되는 방식으로 서비스된다.

[SUN X4500 디스크 및 X4600 서버]

[SUN STK 6140 SAN 디스크]

2. 기본 사용자 환경

가. 로그인

- 사용자의 초기 접속은 대표 호스트 네임인 tachyon.ksc.re.kr와 4개의 로그인 노드의 호스트 네임인 tachyon[a-c].ksc.re.kr을 통하여 접근할 수 있다.
- 시스템에 대한 액세스는 ssh, sftp, ftp, X11 만이 허용된다.

① 유닉스 혹은 리눅스에서

```
$ ssh -l 사용자ID  hostname
     또는
$ ssh -l 사용자ID IP address
```

② 윈도우즈에서

- putty 나 SSH Secure Shell Client 등의 ssh 접속 유틸리티를 이용한다
- 프로그램은 인터넷을 통해 무료로 다운 받을 수 있다

③ 노드 구성

비고	호스트 이름	IP 주소	CPU Limit (Interactive Process)
로그인 노드 (3노드)	tachyon.ksc.re.kr	DNS 대표 호스트 네임	10분
	tachyona.ksc.re.kr	150.183.147.213	
	tachyonb.ksc.re.kr	150.183.147.214	
	tachyonc.ksc.re.kr	150.183.147.215	
디버깅 노드 (4노드)	tachyon189	● 로그인 노드를 통해서 접근 가능 (eg. ssh tachyon189)	● 컴파일 및 디버깅용 ● 컴퓨팅 노드와 동일한 스펙임 ● 30분간 어플리케이션 수행 가능
	tachyon190		
	tachyon191		
	tachyon192		
컴퓨팅 노드 (188노드)	tachyon001-188	● SGE(배치 스케줄러)를 통해서만 작업 실행 가능함	일반 사용자는 모니터링을 위해 1분간 접근 허용

나. 사용자 쉘 변경

기본으로 설정되는 bash에서 다른 shell로 변경하고자 할 경우 ldapchsh 명령어를 사용한다. 사용자의 홈디렉터리에 있는 해당 환경설정 파일을 적절히 수정하여 사용하고, 환경 설정 파일의 원본이 필요한 경우 사용자가 직접 /applic/shell 디렉터리에서 필요한 쉘의 환경 설정 파일을 자신의 홈 디렉터리로 복사하여 적절히 수정하여 사용한다.

```
$ ldapchsh
```

다. 패스워드 변경

사용자 패스워드를 변경하기 위해서는 passwd 명령을 사용한다.

```
$ passwd
```

※ 패스워드 관련 보안 정책

① 사용자 password 길이를 8 character 이상 설정

② 사용자 password 변경 기간을 2개월로 설정

③ 새로운 패스워드는 이전 패스워드와 비교하여 2문자 이상 달라야 한다.

④ 최대 허용 로그인 재시도 회수 :10회

⑤ 사용자가 password 변경 시 새로운 password가 사용자가 계정을 갖고 있는 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터의 GAIA등 다른 시스템에도 그대로 적용된다.

라. 사용자 계정 SRU Time 사용량 확인

통합 슈퍼컴퓨터 계정 관리 시스템(ISAM)에 접속하여 사용자 계약정보, 배치 작업 사용 상세내역, 총 SRU Time 사용량 등을 확인할 수 있다.

```
$ isam
```

마. 작업 수행 시 유의 사항

- 로그인 노드에서는 CPU time을 10분으로 제한하고 있기 때문에 프로그램 수정, 디버깅 및 배치 작업 제출 등의 기본적인 작업만 수행한다.
- CPU time으로 10분 이상 소요되는 디버깅 및 기타 인터랙티브 작업은 디버깅 노드에서 수행해야 한다.
- 홈 디렉터리는 용량 및 I/O 성능이 제한되어 있기 때문에, 모든 계산 작업은 /work01 혹은 /work02 스크래치 디렉터리의 사용자 작업 공간에서 이루어져야 한다.
- 사용자 작업 디렉토리는 용도에 따라 다른 정책을 적용받는다. 사용자의 쿼터는

홈디렉토리의 경우 6GB로 제한되나 스크래치 디렉토리의 경우 1TB까지 허용하여 대용량 I/O작업도 가능하도록 지원하고 있다.

- 스크래치 디렉토리의 경우 데이터가 한없이 누적되는 것을 막기 위해 4일간 사용하지 않은 데이터는 자동 삭제되도록 설정되어 있다.
- /applic 공유 디렉토리는 사용자가 사용하는 작업 관련 주요 명령어들과 컴파일러 그리고 라이브러리들을 제공한다.

바. 작업 디렉터리

구분	내용	용량 제한	파일 삭제 정책	파일시스템 종류	백업 유무	디렉터리 마운트 여부		
						로그인 노드	컴퓨팅 노드	디버깅 노드
홈 디렉터리	/home01	구좌 당 6GB	-	Lustre	○	○	○	○
스크래치 디렉터리	/work01 /work02	사용자 당 1TB	4일 이상 액세스 하지 않은 파일 자동 삭제		×	○	○	○
애플리케이션 디렉터리	/applic	-	-		○	○	○	○

■ 홈 및 스크래치 디렉터리 용량 제한 및 사용량 확인

```
$ quotaprint

          [ USER DISK USAGE IN THE HOME & SCRATCH DIR ]

================================================================
 ID/GROUP       DIR   QUOTA_LIMIT     USED_DISK    AVAIL_DISK
================================================================
   in1000   /home01       12573MB       10937MB        1636MB
     test   /work01     1073740MB       54905MB     1018835MB
     test   /work02     1073740MB           0MB     1073740MB
================================================================
```

사. SAM-QFS(데이터 아카이빙)

홈 디렉터리의 용량을 초과한 사용자 데이터를 보관하기 위해서 SAM-QFS 기반의 데이터 아카이빙을 지원한다. SAM-QFS 사용법은 별도의 「SAM-QFS 사용자 지침서」를 참조한다.

3. 사용자 프로그래밍 환경

Tachyon 시스템에는 PGI를 비롯하여 GNU GCC와 Intel 컴파일러를 제공하고 있으며 MPI(Message Passing Interface)로 mvapich1과 OpenMPI를 제공하고 있다. 수학 라이브러리를 비롯하여 여러 어플리케이션 라이브러리를 컴파일러 및 MPI별로 제공하고 있으나 사용자는 필요한 경우 사용자의 홈 디렉토리 등에 라이브러리를 설치하여 사용할 수 있다. 컴파일러 및 MPI 라이브러리 환경은 select-mpi-[bash|csh]을 통해 쉽게 다른 환경으로 변경하여 사용할 수 있다.

가. 프로그래밍 도구 설치 현황 (/applic 디렉터리 참조)

구분	항목
컴파일러 (/applic/compilers)	● PGI CDK 7.1 ● Intel Compiler 10.1 ● gcc 3.4.6.9 (/usr)
프로파일러 (/applic/lib.{compiler}/TAU)	● TAU cvs version for Barcelona
디버거 (/applic/debuggers)	● TotalView 8.3
MPI 라이브러리 (/applic/mpi)	● MVAPICH 1.0 ● OpenMPI 1.2.5 ※ 향후 MVAPICH2 지원 예정
수학 라이브러리 (/applic/lib.{compiler})	● Aztec 2.1 ● ACML 4.0.1 ● ATLAS 3.6 ● BLAS ● BLACS ● FFTW 3.1.2 ● GotoBLAS 1.23 ● LAPACK ● Scalapack 1.8 ● Petsc 2.3.3
기타 라이브러리 (/applic/lib.{compiler})	● HDF4 4.2 ● HDF5 1.8 ● NCAR 5.0.0-9 ● NetCDF 3.6.2-4 ● VTK 5.0.4
상용 소프트웨어 (/applic/Applications)	● Gaussian 03 ※ http://www.ksc.re.kr 보유자원-S/W 정보 참조

나. 프로그램 컴파일 및 디버깅

본 시스템에서는 GNU 컴파일러 이외에 Portland Group(PGI) 컴파일러, Intel 컴파일러를 지원한다.

또한 이들 컴파일러를 사용하여 사전에 컴파일 한 MPI 라이브러리를 사용자에게 제공한다. 모든 프로그램은 PGI, Intel, GNU 컴파일러를 사용하여 컴파일 가능하며 MPI 환경을 이용한 컴파일도 가능하다(예: gcc, pgcc, icc, mpicc). 컴파일러에서 사용한 옵션은 MPI 환경에서도 사용할 수 있다.

병렬프로그래밍 환경의 지원을 위해서, 본 시스템에는 MVAPICH, OpenMPI를 지원한다.

컴파일러	위치
PGI	/applic/compilers/pgi
Intel	/applic/compilers/intel
GCC	/usr

각 컴파일러에 대한 자세한 내용은 다음 웹 링크를 참조한다.

- GCC : http://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc-3.4.6/gcc.pdf
- PGI : http://www.pgroup.com/doc/pgiug.pdf
- Intel : http://www.intel.com/cd/software/products/asmo-na/eng/346158.htm

본 시스템에는 컴파일에 필요한 수치 계산 및 기타 라이브러리들을 별도의 디렉터리에 제공 하고 있는데, 이러한 라이브러리들 각각은 컴파일러의 이름에 따라 /applic/lib.[compiler]에 설치되어 있다.

구분	내용
/applic/lib.pgi	pgi로 컴파일된 라이브러리들
/applic/lib.intel	intel로 컴파일된 라이브러리들
/applic/lib.gcc	gcc로 컴파일된 라이브러리들

또한 MPI를 사용하는 라이브러리들의 경우 각 MPI Library 별로 컴파일 되어 있다. 예를 들어 gcc로 컴파일된 BLACS의 경우 MPI 이름에 따라 다음과 같이 세 하위 디렉터리를 갖게 된다.

구분	내용
/applic/lib.gcc/BLACS/mvapich	mvapich로 컴파일된 BLACS
/applic/lib.gcc/BLACS/openmpi	openmpi로 컴파일된 BLACS

1) 컴파일러 환경변수

각 컴파일러에 맞는 환경변수의 자동 설정을 위해 .bashrc와 .bashrc-[mpi]-[compiler] 파일을 제공한다. 예를 들어, pgi 컴파일러와 mvapich를 사용하기 위해서는 .bashrc-mvapich-pgi를 사용해야 한다.

각 컴파일러별 .bashrc_[mpi]_[compiler]에는 PATH, MANPATH, LD_LIBRARY_PATH, LICENSE_FILE 등이 해당 컴파일러 환경에 맞게 지정되어 있고, 사용자는 이 파일들 중 자신이 사용하고자 하는 MPI나 컴파일러에 따라 한 가지만을 사용하면 된다. 이 파일은 라이브러리 패키지에 포함된 실행 바이너리들의 PATH를 export 해주는 .bashrc-binpath 파일과 이 라이브러리들의 위치를 LD_LIBRARY_PATH에 기록해주는 .bashrc-libpath 파일을 실행하게 된다.

Tachyon 시스템에 새로운 라이브러리가 설치되면 /applic/shell 디렉터리 아래의 .bashrc-binpath와 .bashrc-libpath 파일이 업데이트된다. 이 파일들은 사용자 디렉토리로 자동 복사되지 않으므로 새로 설치된 라이브러리를 편리하게 사용하고자 하는 사용자는 /applic/shell 디렉터리에 있는 파일을 자신의 home 디렉토리에 주기적으로 복사해 주는 것이 좋다.

이러한 환경설정은 select-mpi-[bash|csh] 명령어를 통해 쉽게 다른 컴파일러 환경으로 변경하여 사용할 수 있다. 한번 이 명령어를 사용하고 나면 설정된 MPI와 compiler를 사용하도록 이후에도 계속 유지되므로, 시스템 접속 시 매번 사용할 필요는 없다.

select-mpi-bash을 이용한 컴파일러 및 MPI 지정 (다음 로그인부터 적용)	
사용법	**select-mpi-bash [MPI] [Compiler]**
예제	**$ select-mpi-bash mvapich pgi**
선택 가능한 MPI	mvapich, openmpi
선택 가능한 Compiler	gnu, intel, pgi

이 명령어를 사용하고 나서 로그 아웃 후 다시 접속해야 새로운 환경 설정을 사용할 수 있다.

2) 순차 프로그램 컴파일

순차 프로그램은 병렬 프로그램 환경을 고려하지 않은 프로그램을 말한다. 즉, MPI와 같은 병렬 프로그램 인터페이스를 사용하지 않는 프로그램으로써, 한 개의 노드에서만 동작할 수 있는 프로그램이다. 순차 프로그램 컴파일시 사용되는 컴파일러별 옵션은 병렬 프로그램을 컴파일할 때도 그대로 사용되므로, 순차 프로그램에 관심이 없다 하더라도 참조하는 것이 좋다.

벤더	컴파일러 명령	프로그램	소스 확장자
PGI	pgcc	C	.c
	pgcpp	C++	.c, .C, .cc, .cpp
	pgf77	F77	.f, .for, .fpp, .F, .FOR
	pgf90/pgf95	F90/95	.f, .for, .f90, .f95, .fpp, .F, .FOR, .F90, .F95
Intel	icc	C	.c
	icc	C++	.c, .C, .cc, .cpp, .cxx,.c++
	ifort	F90	.f, .for, .ftn, .f90, .fpp, .F, .FOR, .FTN, .FPP, .F90
GCC	gcc	C	.c
	g++	C++	.C, .cc, .cpp, .cxx

■ 컴파일러 별 주요 옵션

최적화 컴파일을 위해 다음의 옵션을 부여할 수 있다.

① GNU 컴파일러

컴파일러 옵션	설명
-O[1|2|3]	오브젝트 최적화. 숫자는 최적화 레벨
-funroll-all-loops	모든 루프를 unrolling함
-ffast-math	fast floating point model 사용
-minline-all-stringops	더 많은 inlining 허용
-g	디버깅 정보를 생성
--help	옵션 목록 출력

※ 권장 옵션 : -O3 -axT -xW -m64 -fPIC -i_dynamic

② Intel 컴파일러

컴파일러 옵션	설명
-O[1|2|3]	오브젝트 최적화. 숫자는 최적화 레벨
-ip, -ipo	프로시저 간 최적화
-vec_report[0|1|2|3|4]	벡터 진단 정보의 양을 조절
-xW	타겟 아키텍처 : SSE, SSE2 인스트럭션을 위한 코드를 포함
-fast	-xT -O3 -ipo -no-prec-div -static의 매크로
-static	공유 라이브러리를 링크하지 못하게 함
-g -fp	디버깅 정보를 생성
-openmp	OpenMP 기반의 multi-thread 코드 사용
-openmp_report[0|1|2]	OpenMP 병렬화 진단 레벨 조절
-help	옵션 목록 출력

※ 권장 옵션 : -O2 -xW -m64

③ PGI 컴파일러

컴파일러 옵션	설명
-O[0|1|2|3|4]	오브젝트 최적화. 숫자는 최적화 레벨
-Mipa=fast	프로시저 간 최적화
-fast	-O2 -Munroll=c:1 -Mnoframe -Mlre -Mautoinline 의 매크로
-fastsse	SSE, SSE2를 지원하는 최적화
-g, -gopt	디버깅 정보를 생성
-mp	OpenMP 기반의 multi-thread 코드 사용
-Minfo=mp, ipa	OpenMP관련 정보, 프로시저 간 최적화
-help	옵션 목록 출력

※ 권장 옵션 : -fast -tp barcelona-64

■ 컴파일러 사용 예제

컴파일러	예제
GNU	gcc -o test.exe -O3 test.c
PGI	pgcc/pgcpp/pgf95 -o test.exe -fast test.c/cc/f90
Intel	icc/ifort -o test.exe -O3 -xW test.c/cc/f90

3) MPI 병렬 프로그램 컴파일

사용자는 다음 표의 MPI 명령을 실행할 수 있는데, 이 명령은 일종의 wrapper로써 .bashrc를 통해 지정된 컴파일러가 소스를 컴파일하게 된다.

컴파일러	프로그램	소스 확장자
mpicc	C	.c
mpicxx/mpiCC	C++	.cc, .c, .cpp, .cxx
mpif90	F77/F90	.f, .for, .ftn, .f90, .f95, .fpp

mpicc로 컴파일을 하더라도, 옵션은 wrapping되는 본래의 컴파일러에 해당하는 옵션을 사용해야 한다.

※ 사용 예제
intel컴파일러 사용시 : mpicc/mpif90 -o test.exe -O2 -xW test.cc/f90
pgi 컴파일러 사용시 : mpicc/mpif90 -o test.exe -fast test.f90

4) 프로그램 디버깅

tachyon 시스템에서의 디버깅 작업은 디버깅 노드(tachyon189-192)에서 수행해야 하고, 디버깅을 수행할 프로그램은 컴파일 옵션에 -g를 사용하여 빌드된 것이어야 한다. 병렬 프로그램에 대한 디버깅도 이 디버깅 노그에서 수행해야 하므로, -machinefile 옵션에 디버깅 노드들을 기재해 주는 것에 유념해야 한다.

tachyon에서는 GUI base 디버깅 도구인 totalview를 제공하고 있다. totalview는 순차 작업의 디버깅 뿐만 아니라 병렬 작업의 디버깅 또한 가능하다.

■ 순차 작업의 디버깅

디버깅 정보를 바이너리에 넣어두기 위해서, 컴파일 시 -g 옵션을 추가한다.

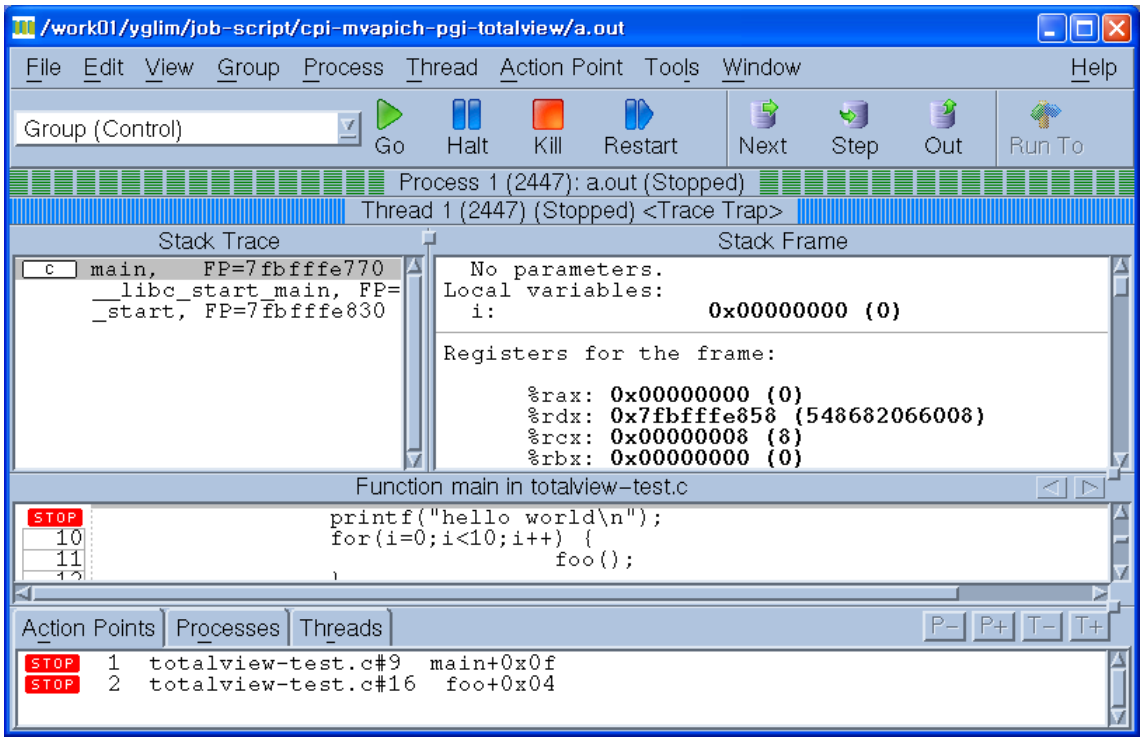
```
$ pgcc -g -o simple simple.c
```

다음의 형식으로 Totalview를 실행시켜 디버깅을 수행한다. 실행파일은 절대경로를 입력해야한다.

```
$ totalview [executable_file] -a [command_line_args]
```

위와 같이 입력하면 아래의 totalview GUI가 사용자 화면에 보이게 된다. 이 화면에서 디버깅 작업을 수행할 수 있는데, 자세한 사항은 다음의 totalview 사용자 가이드를 참조한다.

- http://www.totalviewtech.com/Documentation/latest/pdf/User_Guide.pdf



■ 병렬 작업의 디버깅

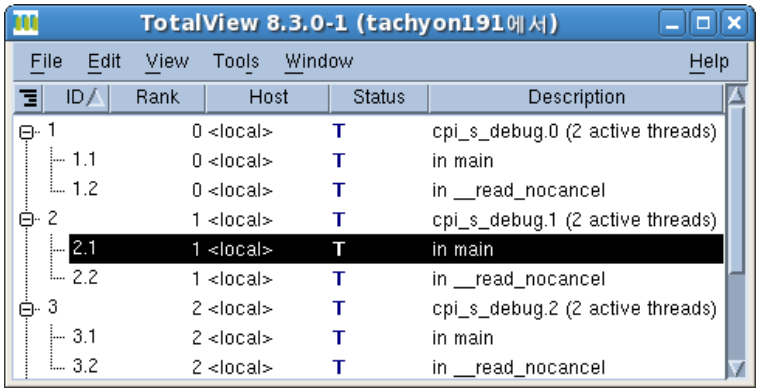
병렬 작업의 디버깅을 위해 병렬 작업을 수행시킬 때와 마찬가지로 로그인 노드에서 작업 실행에 필요한 파일들을 스크래치 디렉터리로 복사하고 디버깅 노드에 로그인 해야 한다. 작업에 필요한 실행파일을 만들 때에 -g 옵션을 반드시 넣어야 한다.

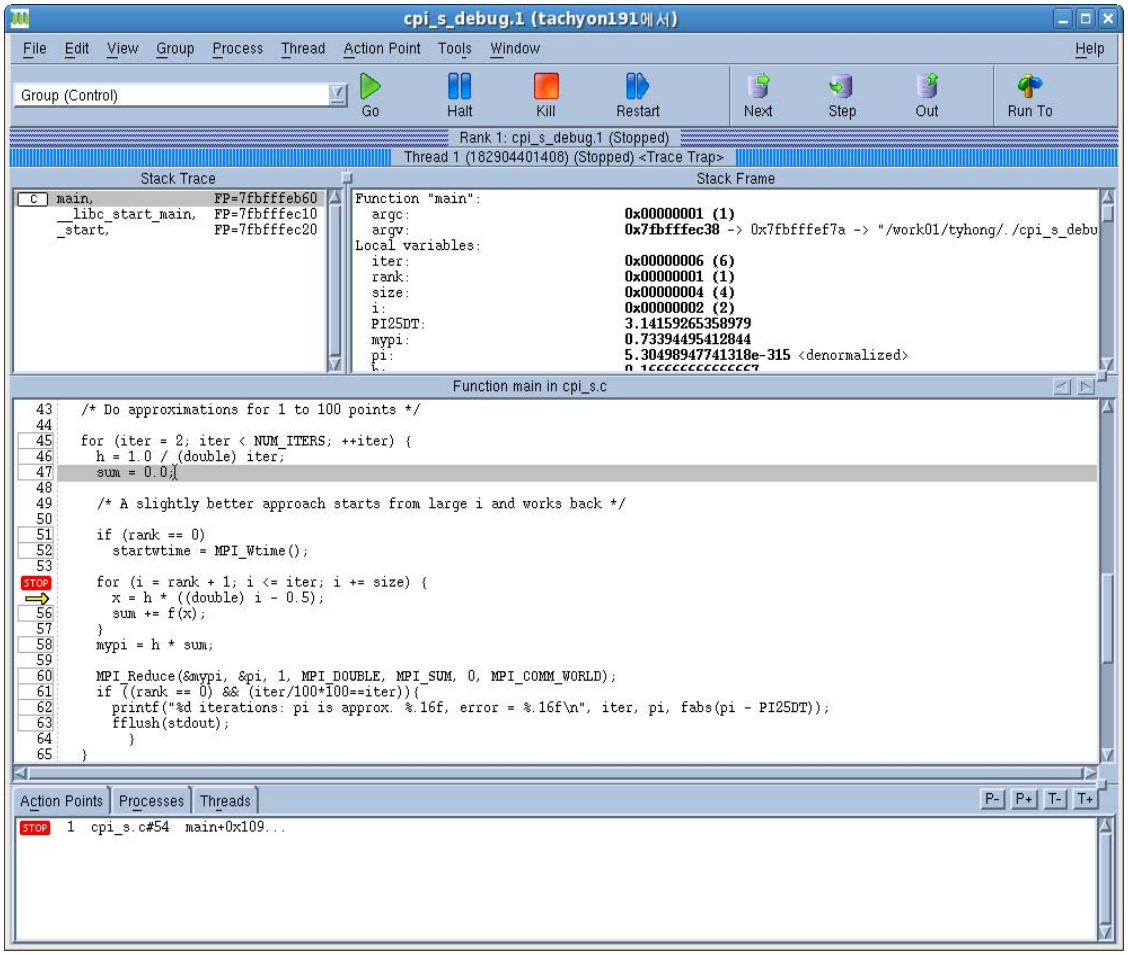
MPI 프로그램의 실행은 MPI 종류와 관계없이 mpirun 명령을 사용한다. -n 또는 -np 옵션으로 프로세스의 수를 지정하고 -machinefile {filename} 옵션으로 실행에 참여할 호스트를 결정한다. {filename} 파일에는 아래와 같이 실행할 MPI 프로세스의 수만큼 디버깅 노드의 호스트 이름을 써넣어준다.

```
[testuser01@tachyon191  /lustre1/testuser01]# cat mf
tachyon189
tachyon190
tachyon191
tachyon192
tachyon189
tachyon190
tachyon191
tachyon192
```

```
[testuser01@tachyon191 /lustre1/testuser01]# mpirun -tv -dbg=totalview -np 4 -machinefile mf ./mpi_pi
```

위의 mpirun 명령을 실행하면 아래와 같이 totalview관련 UI가 화면에 나타나게 된다. UI의 Go 버튼을 클릭하면 생성된 MPI task별 작업 현황을 파악할 수 있다.





이 화면에서 디버깅 작업을 수행할 수 있는데, 자세한 사항은 다음의 totalview 사용자 가이드를 참조한다.

- http://www.totalviewtech.com/Documentation/latest/pdf/User_Guide.pdf

다. 프로그램 프로파일링

Tachyon시스템은 MPI 프로그램 프로파일링을 위해 TAU를 지원한다. TAU는 Tuning / Analysis Utility의 약자로써 프로그램 내부 function 단위의 실행시간, call 횟수, 총 실행시간 중 차지하는 비율 등을 알아낼 수 있고, 시스템 이벤트별 Multi count를 지원하는 프로파일링 도구이다. 기본적으로 프로그램을 실행한 이후 프로그램의 동작 과정을 Tracing하고 되는데, 이를 위해 프로그램 바이너리에 instrument 코드가 삽입되어야 하고, 그 일은 TAU compiler가 수행해 준다. 현재 MPI 환경을 지원하는 TAU가 설치되어 있어, 사용자는 사용자 프로그램의 동작 결과를 노드별로 파악할 수 있고, 전체적으로 동작한 Summary도 제공받을 수 있다.

TAU에 대한 보다 상세한 사용방법은 http://www.cs.uoregon.edu/research/tau/docs/tutorial/index.html을 참조한다.

■ TAU의 기본적인 사용법

1. tau compiler를 통해 instrumented 바이너리를 생성
2. 위의 과정을 통해 만들어진 바이너리를 실행
3. 작업이 종료 후 만들어진 performance file(profile.*.*.*)을 확인
4. 위의 단계에서 만들어진 performance file를 visualization등을 통해 분석

```
$ pprof // text-based
$ paraprof // GUI-based
```

■ TAU 사용 예 (디버깅 노드에서)

① select-mpi-[shell] 명령어를 이용하여 job 실행환경 선택 (현재 mvapich+pgi만 지원)

```
$ select-mpi-bash mvapich pgi
$ exit
디버깅 노드 재 로그인
```

② 환경 설정 파일 복사 (옵션)

사용자가 /applic/shell에 있는 최신의 쉘 환경 설정파일을 이미 사용하고 있다면, 이부분은 넘어가도 좋다. 사용자의 home디렉토리에 존재하는 .bashrc-binpath, .bashrc-libpath, .bashrc 등의 파일이 최신인지 확인하고 그렇지 않다면 /applic/shell 디렉토리에서 home디렉토리로 복사한다. 사용자가 사용하는 쉘과 관련된 파일을 복사하면 된다. 복사된 환경설정 파일이 적용되려면 재로그인해야한다.

```
$ cp -a /applic/shell/.bash* ~
or
$ cp -a /applic/shell/.cshrc* ~
or
$ cp -a /applic/shell/.tcshrc* ~
```

③ 소스코드가 있는 곳으로 이동하여 tau 컴파일러를 사용하여 소스코드를 빌드한다. 사용자 코드가 Makefile등으로 빌드 된다면 Makefile내의 mpicc, mpicxx, mpif90 등이 사용되는 곳을 tau_cc.sh, tau_cxx.sh, tau_f90.sh 로 치환하여 빌드한다.

```
$ tau_cc.sh -o cpi_s_tau cpi_s.c
```

④ 빌드된 소스코드를 interactive mode로 실행한다.

```
$ mpirun -np 4 -machinefile hosts ./cpi_s_tau
```

⑤ 실행이 완료되면 실행파일이 존재하는 디렉토리에 다음과 같은 디렉토리가 생성된다.

```
$ ls
cpi_s_tau          # 실행파일
hosts              # machinefile
MULTI__GET_TIME_OF_DAY/
MULTI__PAPI_FP_INS/
MULTI__PAPI_TOT_CYC/
```

Tachyon에 설치된 TAU는 MultiCounter를 지원한다. 현재 Event Counter를 GET_TIME_OF_DAY, PAPI_FP_INS, PAPI_TOT_CYC 등 3개를 사용하도록 .bashrc에 지정되어 있기 때문에 3개의 디렉토리가 생성된다. 각각의 디렉토리 내에는 다음과 같은 파일들이 존재한다. 본 예제에서 4개의 debugging노드에서 MPI프로그램을 실행시켰으므로 4개의 profile.*.0.0 파일이 나온다.

```
$ ls MULTI__GET_TIME_OF_DAY/
profile.0.0.0   profile.1.0.0   profile.2.0.0   profile.3.0.0
```

다른 카운터도 사용하고 싶다면 http://www.cs.uoregon.edu/research/tau/docs/newguide/ch03s06.html#PAPI_TABLE 문서를 참조하여 .bashrc파일을 수정하여 카운터를 추가할 수 있다. Event counter는 최대 25개까지 사용할 수 있다.

⑥ pprof를 통한 분석

```
$ cd MULTI__GET_TIME_OF_DAY
$ pprof
Reading Profile files in profile.*

NODE 0;CONTEXT 0;THREAD 0:
---------------------------------------------------------------------------------------
%Time    Exclusive    Inclusive       #Call      #Subrs  Count/Call    Name
              counts  total counts
---------------------------------------------------------------------------------------
100.0     3.274E+07     7.879E+07           1  1.0676E+07    78792781 int main(int, char **) C
 53.9     4.248E+07     4.248E+07  1.0668E+07           0           4 double f(double) C
  2.9     2.297E+06     2.297E+06        7998           0         287 MPI_Reduce()
  1.6     1.113E+06     1.273E+06           1          45     1272652 MPI_Init()
  0.2     1.569E+05     1.569E+05           1           0      156885 MPI_Allgather()
  0.0          3950          4043           1           5        4043 MPI_Finalize()
  0.0          1177          1177           2           0         588 MPI_Allreduce()
  0.0           408           450           2           6         225 MPI_Comm_create()
  0.0           277           299           1           3         299 MPI_Comm_split()
  0.0           181           181           2           0          90 MPI_Bcast()
  0.0           112           112          13           0           9 MPI_Errhandler_set()
  0.0            94            94           5           0          19 MPI_Type_struct()
  0.0            93            93           6           0          16 MPI_Type_contiguous()
  0.0            91            91          11           0           8 MPI_Type_commit()
  0.0            81            81           3           0          27 MPI_Comm_free()
  0.0            55            55           4           0          14 MPI_Attr_put()
  0.0            52            52           2           0          26 MPI_Group_incl()
  0.0            35            35           4           0           9 MPI_Comm_rank()
  0.0            31            31           3           0          10 MPI_Group_free()
  0.0            21            21           1           0          21 MPI_Comm_size()
  0.0            20            20           1           0          20 MPI_Comm_group()
  0.0            17            17           1           0          17 MPI_Get_processor_name()
---------------------------------------------------------------------------------------

...
```

한 개의 디렉토리를 선택하여 그 디렉토리에서 pprof를 실행시키면 profile.*.0.0등의 파일을 읽어들여 결과를 분석해준다.

4. 계산노드에서의 Batch 작업 실행

클러스터의 Batch 작업 스케쥴러로 Sun Grid Engine (이하 SGE)을 사용하고 있다. 사용자가 작업 제출시 사용할 수 있는 큐는 작업에 사용하는 CPU수와 실행시간에 따라 적절히 선택되어야 한다. 사용자별 최대 제출할 수 있는 작업의 수는 10개로 제한되나 이 값은 시스템의 부하 정도에 따라 변동될 수 있다. 사용자 작업의 스케쥴링은 해당 큐의 Priority와 Fair-Share 정책에 따라 자동으로 결정된다.

가. 큐 구성

큐이름	Wall Clock Limit (시간)	작업 실행 노드	작업별 CPU수	Priority	SU Charge Rate	비고
normal	48	tachyon001-188	17-1536	normal	1	
long	168	tachyon001-188	1-128	Low	1	Long running 작업
strategy	TBD	tachyon001-188	32-3008	High	1	Grand Challenge 작업
special	12	tachyon001-188	1537-3008	-	2	대규모 자원 전용 (사전 예약)

※ 사용자별 최대 Runinng 작업수 : 10개 (작업 부하에 따라 수시로 조정될 수 있음)

베타테스트 기간 중에 사용했던 small 큐는 더 이상 존재하지 않으므로 대신 long 큐를 사용해야 함

■ 큐 구성 정보 확인하기

```
$ showq
```

나. 작업 제출 및 모니터링

1) 작업 제출

SGE를 사용하여 배치 작업을 제출하기 위해서는 job script 파일을 작성하여 qsub 명령을 사용해야한다. 예제 job script가 /applic/shell/job_examples/job_script 에 위치하며 사용자는 필요시 복사하여 사용할 수 있다. 여기에는 serial 및 MPI 작업 그리고 OpenMP+MPI를 포함하여 여러 스크립트 예제가 제공되고 있다.

```
$ qsub job_script
```

■ Serial 프로그램(1CPU) 작업 스크립트 작성 예제(serial.sh)

```
#!/bin/bash
#$ -V                          # 작업 제출 노드의 쉘 환경변수를 컴퓨팅 노드에도 적용 (default)
#$ -cwd                        # 현재 디렉터리를 작업 디렉터리로 사용
#$ -N serial_job               # Job Name, 명시하지 않으면 job_script 이름을 가져옴
#$ -q long                     # Queue name
#$ -R yes                      # Resource Reservation
#$ -wd /work01/<user01>/serialtest # 작업 디렉터리를 설정. 현재 디렉토리(PWD)가
                                   # /work01/<user01>/serialtest가 아닌 경우 사용,
                                   # 그렇지 않으면 cwd로 충분함
#$ -l h_rt=01:00:00            # 작업 경과 시간 (hh:mm:ss) (wall clock time), 누락 시 작업 강제 종료
#$ -M myEmailAddress           # 작업 관련 메일을 보낼 사용자 메일 주소
#$ -m e                        # 작업 종료 시에 메일을 보냄
serial.exe
```

■ mpi 프로그램 작업 스크립트 작성 예제(mpi.sh)

① select-mpi-[shell] 명령어를 이용하여 job 실행환경 선택

```
$ select-mpi-bash [mvapich | openmpi] [pgi | intel | gnu]
$ exit
( exit 후 다시 로그인 해야 선택한 환경으로 설정됨)
```

② MPI task(CPU) 수 명시

```
#$  -pe mpi_fu {Total_MPI_task(CPU)}
#$  -pe mpi_fu 32
```

```
#!/bin/bash
#$ -V                        # 작업 제출 노드의 쉘 환경변수를 컴퓨팅 노드에도 적용 (default)
#$ -cwd                      # 현재 디렉터리를 작업 디렉터리로 사용
#$ -N mvapich_job            # Job Name, 명시하지 않으면 job_script 이름을 가져옴
#$ -pe mpi_fu 32             # selec-bash-mpi에서 선택한 mvapich로 실행되며 각 노드의 가용 cpu를
                             # 모두 채워서(fu : fill_up) 총 32개의 MPI task가 실행됨.
#$ -q normal                 # 큐 이름(17개 이상의 CPU를 사용하는 경우에는 normal 큐를
                             # 16개 이하 CPU를 사용하는 경우 small or long 큐 사용)
#$ -R yes                    # Resource Reservation
##$ -wd /work01/<user01>/mvapich # 작업 디렉터리를 설정. 현재 디렉토리(PWD)가
                                 # /work01/<user01>/mvapich가 아닌 경우 사용,
                                 # 그렇지 않으면 cwd 옵션으로 충분함
#$ -l h_rt=01:00:00      # 작업 경과 시간 (hh:mm:ss) (wall clock time), 누락 시 강제 작업 종료
#$ -l normal                 # normal queue에 job실행 시 다른 queue보다 높은 priority를
                             # 얻기 위해 반드시 명시, 누락 시 작업 강제 종료
##$ -M myEmailAddress        # 작업 관련 메일을 보낼 사용자 메일 주소
##$ -m e                     # 작업 종료 시에 메일을 보냄
mpirun -machinefile $TMPDIR/machines -np $NSLOTS ./mpi.exe
```

* ***이탤릭체***로 작성된 부분은 수정하지 않고 그대로 사용한다.

■ 많은 메모리를 사용하는 mpi 프로그램 작업 스크립트 작성 예제(mpi_mem.sh)

```
#!/bin/bash
#$ -V
#$ -cwd
#$ -N mvapich_job
#$ -pe mpi_fu 32
#$ -q normal
#$ -R yes
#$ -l h_rt=01:00:00
#$ -l normal
##$ -M myEmailAddress
##$ -m e

#unset existing MPI affinities
export          MV2_USE_AFFINITY=0
export      MV2_ENABLE_AFFINITY=0
export      VIADEV_USE_AFFINITY=0
export VIADEV_ENABLE_AFFINITY=0
mpirun -np $NSLOTS -machinefile $TMPDIR/machines ./numa.sh
                    # 사용자 프로그램이 아니라 아래와 같은 numa관련 shell script를 제출한다.
```

* ***이탤릭체***로 작성된 부분은 수정하지 않고 그대로 사용한다.

※ numa.sh

```
#!/bin/bash

#socket numbers in a compute node
SPN=4

#get my MPI rank
[ "x$PMI_RANK" != "x" ] && RANK=$PMI_RANK
[ "x$MPI_RANK" != "x" ] && RANK=$MPI_RANK
[ "x$MPIRUN_RANK" != "x" ] && RANK=$MPIRUN_RANK
[ "x$OMPI_MCA_ns_nds_vpid" != "x" ] && RANK=$OMPI_MCA_ns_nds_vpid
# MPI rank 별로 cpu core에 할당
socket=$(( ($RANK + 3)  % $SPN  ))
echo "myrank: $RANK, mysocket: $socket, hostname: $(hostname)"

/usr/bin/numactl --cpunodebind=$socket --membind=$socket  ./mpi.exe
                # ./mpi.exe는 사용자 실행파일
```

* ***이탤릭체***로 작성된 부분은 수정하지 않고 그대로 사용한다.

■ OpenMP 프로그램 작업 스크립트 작성 예제(openmp.sh)

```
#!/bin/bash
#$ -V                        # 작업 제출 노드의 쉘 환경변수를 컴퓨팅 노드에도 적용 (default)
#$ -cwd                      # 현재 디렉터리를 작업 디렉터리로 사용
#$ -N openmp_job             # Job Name, 명시하지 않으면 job_script 이름을 가져옴
#$ -pe openmp 4              # OpenMP thread 수
#$ -q small                  # Queue name(OpenMP 작업은 small or long 큐 사용 가능)
#$ -R yes                    # Resource Reservation
##$ -wd /work02/<user01>/openmp   # 작업 디렉터리를 설정. 현재 디렉토리(PWD)가
                                  # /lustre1/<user01>/openmp가 아닌 경우 사용,
                                  # 그렇지 않으면 cwd로 충분함. 주석처리 권장
#$ -l h_rt=01:00:00          # 작업 경과 시간 (hh:mm:ss) (wall clock time), 누락 시 작업 강제 종료
##$ -M myEmailAddress        # 작업 관련 메일을 보낼 사용자 메일 주소
##$ -m e                     # 작업 종료 시에 메일을 보냄
export OMP_NUM_THREADS=4
./omp.exe
```

■ Hybrid(MPI+OpenMP) 프로그램 작업 스크립트 작성 예제(hybrid.sh)

Hybird 작업 수행 시에는 아래와 같은 옵션 및 환경변수 설정에 유의해야 한다

① select-mpi-[shell] 명령어를 이용하여 job 실행환경 선택

```
$ select-mpi-bash [mvapich | openmpi] [pgi | intel | gnu]
$ exit
```

② 노드 MPI process수 / 전체 MPI task(CPU) 수 명시

```
#$  -pe mpi_{MPI_task(CPU)_per_node}cpu {Total_MPI_task(CPU)}
#$  -pe mpi_4cpu 16  # 노드당 4개의 MPI task를 사용하고,
                     # 전체 MPI task는 16개가 된다.
```

③ MPI 타스크 당 OpenMP 쓰레드 수를 의미하는 옵션으로 OMP_NUM_THREADS 리소스 지정

```
#$  -l OMP_NUM_THREADS={OpenMP_threads_per_MPI_task}
#$  -l OMP_NUM_THREADS=4      # total openmp thread = 16 x 4 = 64
```

④ MPI task 당 OpenMP thread 수를 OMP_NUM_THREADS 환경변수로 명시

```
export OMP_NUM_THREADS=4
```

```
#!/bin/bash
#$ -V                        # 작업 제출 노드의 쉘 환경변수를 컴퓨팅 노드에도 적용 (default)
#$ -cwd                      # 현재 디렉터리를 작업 디렉터리로 사용
#$ -N hybrid_job             # Job Name, 명시하지 않으면 job_script 이름을 가져옴
#$ -pe mpi_4cpu 16           # 전체 MPI task(CPU) 16개, 노드 당 MPI task(CPU) 4개
#$ -q normal                 # Queue name
#$ -R yes                    # Resource Reservation
##$ -wd /work02/<user01>/hybrid   # 작업 디렉터리를 설정. 현재 디렉토리(PWD)가
                                  # /lustre1/<user01>/hybrid가 아닌 경우 사용,
                                  # 그렇지 않으면 cwd로 충분함
#$ -l h_rt=01:00:00          # 작업 경과 시간 (hh:mm:ss) (wall clock time), 누락 시 강제 작업 종료
#$ -l normal                 # normal queue에 job실행 시 다른 queue보다 높은 priority를
                             # 얻기 위해 반드시 명시, 누락 시 작업 강제 종료
#$ -l OMP_NUM_THREADS=4      # MPI 타스크 당 OpenMP 쓰레드 수를 의미하며, 아래
                             # OMP_NUM_THREADS 환경변수 에서 명기한 OpenMP
                             # 쓰레드 숫자와 동일한 값 지정. 누락 시 작업 강제 종료
#$ -M myEmailAddress         # 작업 관련 메일을 보낼 사용자 메일 주소
#$ -m e                      # 작업 종료 시에 메일을 보냄
export OMP_NUM_THREADS=4
mpirun -machinefile $TMPDIR/machines -np $NSLOTS ./hybrid.exe
```

■ 작업 스크립트 옵션 리스트

옵션	Argument	기 능
-q	queue_name	작업을 수행할 queue 명시
-pe	pe_name min_proc[-max_proc]	Parallel Environment를 선택하고, min_proc-max_proc 개수만큼의 병렬 process를 수행 ● **mpi_rr : 라운드 로빈 방식으로 노드의 CPU 할당** ● **mpi_fu : 각 노드의 비어있는 CPU를 꽉 채워서 할당** ● **mpi_[1-16]cpu : 정해진(범위 : 1-16) 숫자 만큼 노드의 CPU 할당** ● **openmp : 순수한 openmp 프로그램의 쓰레드를 위한 CPU 할당** ※ mpi의 종류[mvapich,openmpi]는 select-mpi-[bash,csh,ksh] 스크립트로 미리 선택함.
-N	job_name	Job의 이름을 정해줌
-S	shell (absolute path)	Batch 작업의 shell을 지정. 미 지정 시 SGE가 지정한 shell로 수행(/bin/bash)
-M	Email address	사용자의 email address를 명시
-m	{b|e|a|s|n}	언제 email notification을 보낼 지 명시 ● b: Mail is sent at the beginning of the job. ● e: Mail is sent at the end of the job. ● a: Mail is sent when the job is aborted or rescheduled ● s: Mail is sent when the job is suspended. ● n: No mail is sent. (default)
-V		사용자의 현재 shell의 모든 환경변수가 qsub시에 job에 적용되도록 함
-cwd		현재 디렉터리를 job의 working directory로 사용.(default)
-o	output_file	Job의 stdout 결과를 output_file 로 저장
-e	error_file	Job의 stderr 결과를 error_file 로 저장
-l	resource=value	**Resource limit을 지정** ● **h_rt** : 작업경과 예상시간 (hh:mm:ss) (wall clock time) ● **normal** : normal 큐에 작업 제출 시 Job이 높은 우선순위를 얻기 위해 반드시 명시 (-l normal 혹은 -l normal=TRUE) ● **strategy** : strategy 큐에 작업 제출 시 작업이 높은 우선순위를 얻기 위해 반드시 명시 (-l strategy 혹은 -l strategy=TRUE) ● **OMP_NUM_THREADS** : MPI 타스크 당 쓰레드 수를 의미하며, hybrid[MPI+OpenMP] 병렬 작업 실행 시 반드시 명기 (-l OMP_NUM_THREADS=[MPI 타스크 당 OpenMP 쓰레드 수]) ※ normal, strategy 큐를 제외한 다른 큐는 -l 옵션으로 기본 priority이기 때문에 큐 이름을 명시할 필요 없음. 추후 변경 시 공지 예정

■ dependancy가 있는 다수 작업 제출 예제

① Job_A 가 끝난 후 Job_B 가 실행되어야 하는 경우

```
# qsub Job_A.sh  (Jobname은 Job_A라고 가정)
   Your job 504 ("Job_A") has been submitted
# qsub -hold_jid Job_A job_B.sh
   혹은
# qsub -hold_jid 504 job_B.sh
```

② Job_A와 job_B 가 끝난 후 Job_C 가 실행되어야 하는 경우

```
# qsub Job_A.sh  (Jobname은 Job_A라고 가정)
   Your job 504 ("Job_A") has been submitted
# qsub Job_B.sh  (Jobname은 Job_B라고 가정)
   Your job 505 ("Job_B") has been submitted
# qsub -hold_jid Job_A,Job_B Job_C.sh
   혹은
# qsub -hold_jid 504,505 Job_C.sh
```

2) 작업 모니터링

작업 제출 후에, 사용자는 **qstat** 명령을 이용하여 job의 상태를 모니터링 할 수 있다

■ 기본 작업 정보

```
$ qstat                (사용자 자신)
job-ID  prior   name       user         state submit/start at     queue                          slots ja-task-ID
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
254    0.55500 work6      user1          r     04/02/2008 10:13:09 bmt.q@tachyon087               1
253    0.55500 work5      user1          r     04/01/2008 03:44:20 bmt.q@tachyon035               1
252    0.55500 work7      user1          r     04/01/2008 11:54:34 bmt.q@tachyon035               1

$ qstat -u '*'      (모든 사용자)
```

qstat 명령을 사용하면 사용자 자신이 제출한 job들의 작업정보를 확인할 수 있다. 상기 예제는 user1 사용자가 qstat명령을 수행하였을 때 나타난 화면이다. user1 사용자는 work5,6,7이라는 작업을 제출하였고, 그 작업들은 각각 253, 254, 252의 job-ID를 갖게 되었다는 정보가 나타난다. 각각의 job의 상태는 r(unning)이고, 각 작업당 1개의 태스크가 동작중임이 표현되어 있다. job의 상태는 r(unning), t(temporary: 상태 변경중), u(nknown), s(uspended), a(larm), d(isabled), E(rror), qw(queue waiting)등과 같이 표현된다.

qstat -u "*" 와 같이 입력하면 모든 사용자가 제출한 작업에 대해서 확인할 수 있다.

■ 상세 작업 정보

```
$ qstat -f -u "*"
queuename                      qtype used/tot. load_avg arch          states
---------------------------------------------------------------------------------
all.q@davinci02                BIP   1/4       0.14     lx24-amd64
     257 0.55500 sleep      root          r     04/01/2008 10:49:54     1
---------------------------------------------------------------------------------
all.q@davinci03                BIP   1/4       0.13     lx24-amd64
     258 0.55500 sleep      root          r     04/01/2008 10:49:54     1
---------------------------------------------------------------------------------
all.q@davinci04                BIP   2/4       0.01     lx24-amd64
     256 0.55500 sleep      root          r     04/01/2008 10:49:54     1
     261 0.55500 sleep      sgeadmin      r     04/01/2008 10:50:09     1
---------------------------------------------------------------------------------
all.q@grid01                   BIP   1/4       0.36     lx24-amd64
     259 0.55500 sleep      sgeadmin      r     04/01/2008 10:50:09     1
```

qstat -f 의 명령을 사용하면, 각 queue의 세부 동작상태를 확인할 수 있다. queue별로 queue type, 사용된 queue/total queue, 평균 load, queue의 status등을 확인할 수 있고, 더불어 그 queue에서 동작하고 있는 job들의 정보도 확인할 수 있다.

■ Pending 작업에 대한 상세 정보[Pending 이유] 출력

```
$ qstat -j job_id
$ qalter -w v job_id
```

Option	Result
no option	명령을 실행한 사용자 job의 상세 list를 보여줌
-f	명령을 실행한 사용자에 대한 queue와 job의 상세 리스트를 보여줌
-u *user_id*	명시한 user_id에 대한 상태를 보여줌. -u "*"는 전체 사용자의 상태를 보여줌. 주로 -f 옵션과 함께 쓰임.
-r	Job의 resource requirement를 display
-ext	Job의 Extended information을 display
-j <jobid>	Pending/running job에 대한 information을 보여줌
-t	Job의 subtask에 대한 추가 정보 display

[qstat 옵션]

3) 노드 상태 모니터링

```
$ showhost
HOSTNAME            ARCH          NCPU(AVAIL/TOT)    LOAD   MEMTOT MEMUSE SWAPTO SWAPUS
-------------------------------------------------------------------------------
tachyon001          lx24-amd64    0/16               16.03  31.4G  2.7G   0.0    0.0
tachyon002          lx24-amd64    0/16               16.00  31.4G  3.7G   0.0    0.0
tachyon003          lx24-amd64    0/16               16.04  31.4G  3.7G   0.0    0.0
tachyon004          lx24-amd64    0/16               16.03  31.4G  3.7G   0.0    0.0
tachyon005          lx24-amd64    1/16               15.53  31.4G  3.6G   0.0    0.0
tachyon006          lx24-amd64    0/16               16.00  31.4G  3.7G   0.0    0.0
tachyon007          lx24-amd64    0/16               16.01  31.4G  3.7G   0.0    0.0
tachyon008          lx24-amd64    2/16               14.03  31.4G  3.4G   0.0    0.0
tachyon009          lx24-amd64    0/16               16.00  31.4G  3.7G   0.0    0.0
tachyon010          lx24-amd64    0/16               16.03  31.4G  3.7G   0.0    0.0
tachyon011          lx24-amd64    0/16               16.03  31.4G  3.7G   0.0    0.0
tachyon012          lx24-amd64    0/16               16.02  31.4G  3.7G   0.0    0.0
tachyon013          lx24-amd64    0/16               16.03  31.4G  3.7G   0.0    0.0
```

다. 작업 제어

■ 작업 삭제

사용자는 qdel 명령을 이용하여 pending/running job을 queue로부터 삭제할 수 있다

```
$ qdel <jobid>           : 해당 <jobid>를 가지는 작업 삭제
$ qdel -u <username>  : <username>의 모든 작업 삭제
```

■ 작업 suspend/resume

사용자는 qmod 명령을 이용하여 running 상태의 job을 suspend/resume할 수 있다

```
$ qmod -sj <jobid>          # suspend job
$ qmod -usj <jobid>         # unsuspend(resume) job
```

■ 사용자 지원

- 일반 기술지원 : 홍태영, 042) 869-0667, tyhong@kisti.re.kr
- 응용 기술지원 : 정민중, 042) 869-0632, jeong@kisti.re.kr
- 시스템 계정 : 김성준, 042) 869-0636, sjkim@kisti.re.kr
- 사용자 교육 : 이홍석, 042) 869-0579, hsyi@kisti.re.kr
- 홈페이지 : http://www.ksc.re.kr