

x86_64 Dual-core CPUを用いた PC clusterの性能評価

静岡理工科大学

幸谷智紀

tkouya@cs.sist.ac.jp

概要

- 数値計算屋の懸念
- 何故x86_64 CPUなのか？
- 使用環境
- IEEE754倍精度計算性能
- MPFR/GMP計算性能
- NetPIPEによる性能評価
- MPIBNCpackの並列多倍長計算性能
- まとめ

数値計算屋の懸念

- 高速な数値計算アルゴリズムの研究
 - アルゴリズムA・・・計算量少
 - アルゴリズムB・・・計算量大
- 優劣をどのように決定するか？
 - 大域的には・・・計算量 計算時間
 - 局所的には・・・特定のCPU向けの最適化の影響
- アルゴリズムAはアルゴリズムBに比べて劣っていると言えるのか？

単純なベンチマークの蓄積が重要

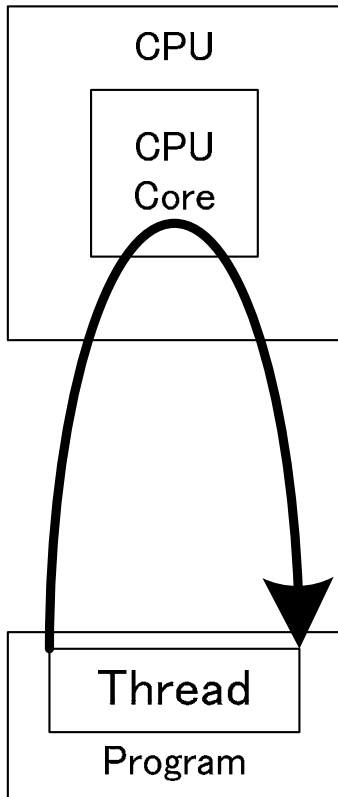
x86_64とは？

- IA-32の拡張機能(IA-64)
 - IA-32完全互換モード
 - 64bit モード
- Intel・・・EM64T(Extended Memory 64bit Technology)
- AMD・・・AMD64
- EM64TとAMD64は「似ている」(=異なる Instructionも含む)
- long int型が4Byte 8Byteに

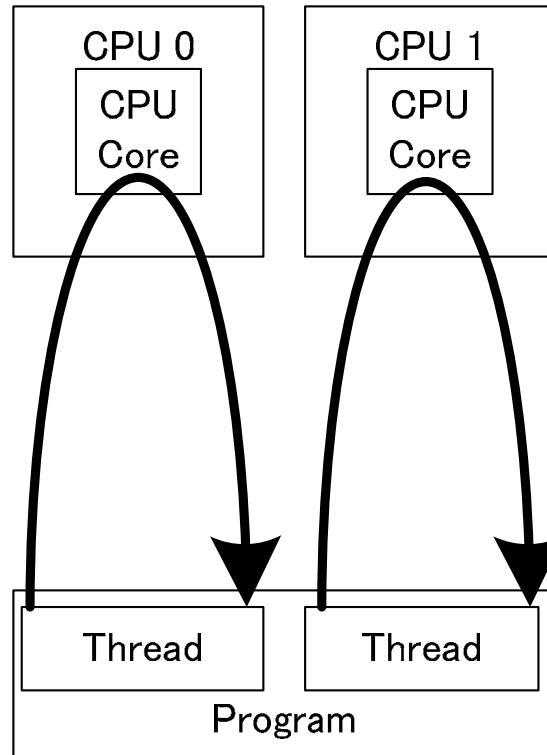
何故x86_64なのか？

- 貧乏だから・・・既存のx86_32資産を最大限利用できる互換性は必須!
 - メンテナンス費用ゼロ パーツ単位の補修
 - ソフトウェア費用ゼロ フリーソフトウェアの利用・アカデミックライセンスの活用
 - ソフトウェア・ハードウェア資産・管理ノウハウの有効利用
- Opteronでは多倍長計算(MPFR)が高速であることが確認済み(www.mpfr.org)

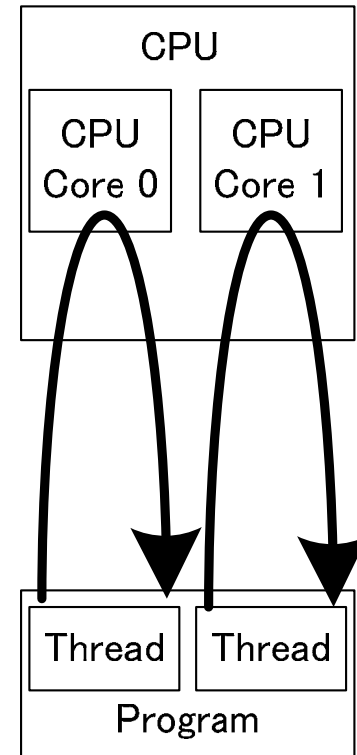
Dual-coreとは？



1 Core/CPU
ex. Pentium 4



Symmetric Multi-
Processor
ex. Xeon



2 Cores/CPU
ex. Pentium D,
Athlon64 X2

使用環境(表1, 2)

x86_64 Dual-core CPU

略称	CPU	OS	Compiler&MPI
PentiumD	Intel Pentium D 820 (2.8GHz)	Fedora Core 4 x86_64	GCC 4.0.2 LAM 7.1.1
Athlon64X2	AMD Athlon64 X2 3800+ (2GHz)		
Xeon	Intel Xeon 3.0GHz (SMP)	Redhat 8	GCC 3.2 MPICH 1.2.5
Pentium4	Intel Pentium IV 2.8cGHz	Vine Linux 3.1	GCC 3.4.3 MPICH2 1.0.1

x86_64 Dual-core CPUの比較項目

	PentiumD	Athlon64X2
IEEE754倍精度行列積(ATLAS)		
IEEE754倍精度行列積(BNCpack)		
MPFR多倍長乗算		
MPFR多倍長除算		
NPmemcpy		
Node内mpi通信		
GbE上のmpi通信		
並列多倍長行列積		

IEEE754倍精度実正方行列積

$$C := AB$$

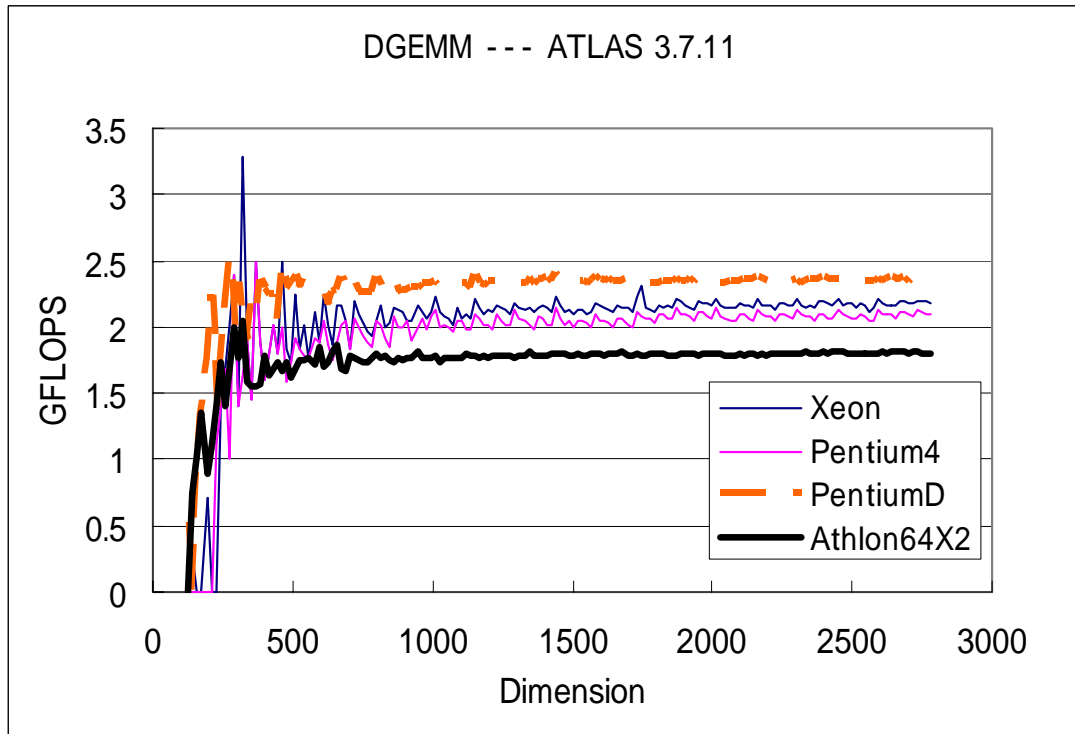
$$a_{ij} = \sqrt{2} \cdot \text{rand}(), \quad b_{ij} = \sqrt{3} \cdot \text{rand}()$$

- ATLAS 3.7.11のdgemm関数(ColMajor)

	ARCH名(Linux_*)
PentiumD	P4E64SSE3
Athlon64X2	HAMMER64SSE3
Xeon	P4SSE2
Pentium4	

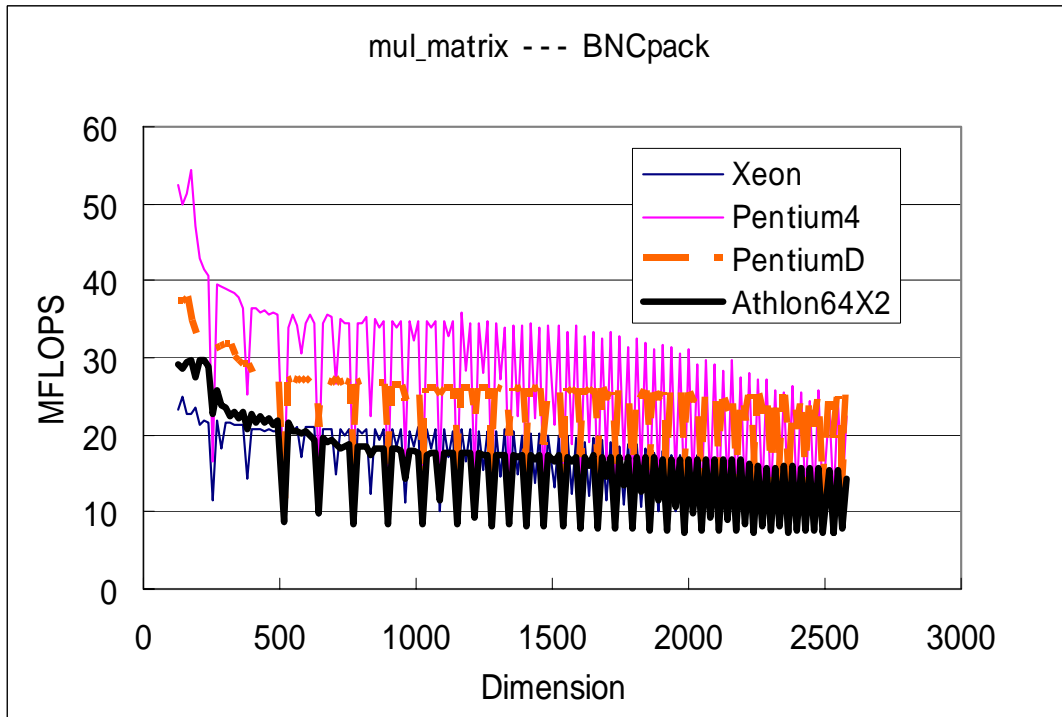
- BNCpackのmul_dmatrix関数
 - 単純な3重ループのみで実装

ATLAS



- 乗算回数のみカウントしてFLOPS値を算出(公表値/2)
- PentiumDが最も高速
- Athlon64X2が最も低速

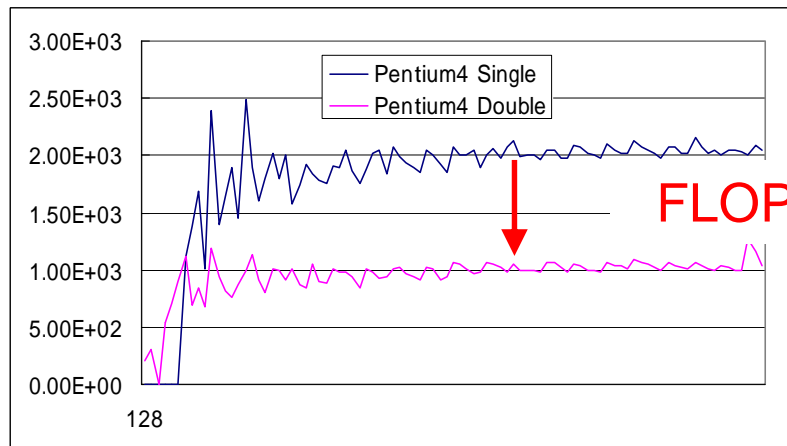
BNCpack



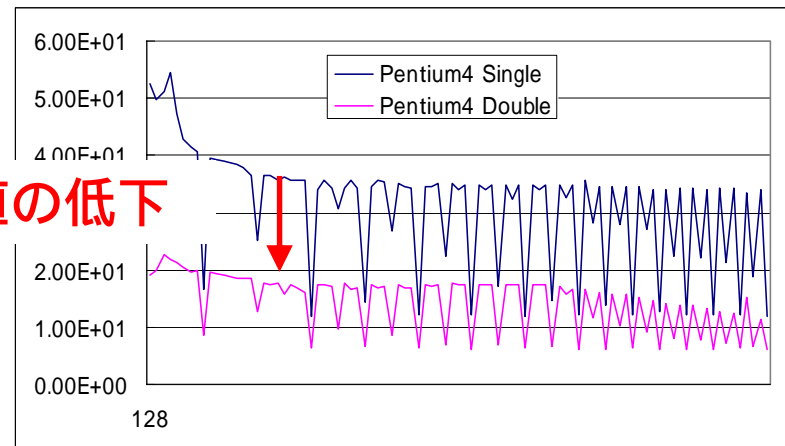
- 2400次元まではPentium4が最も高速。それ以上の次元数ではPentiumDが最高速
- Athlon64X2が最も低速

Hyper-threading vs. Dual-core

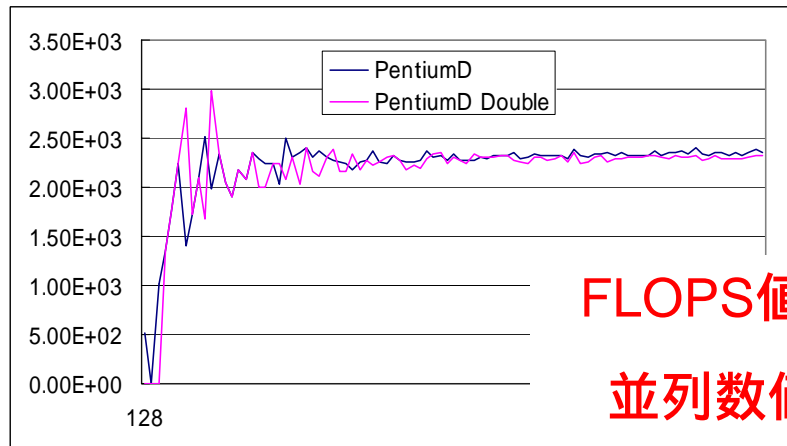
- Backgroundとforegroundで同時に同じ行列積プログラムを動作させる



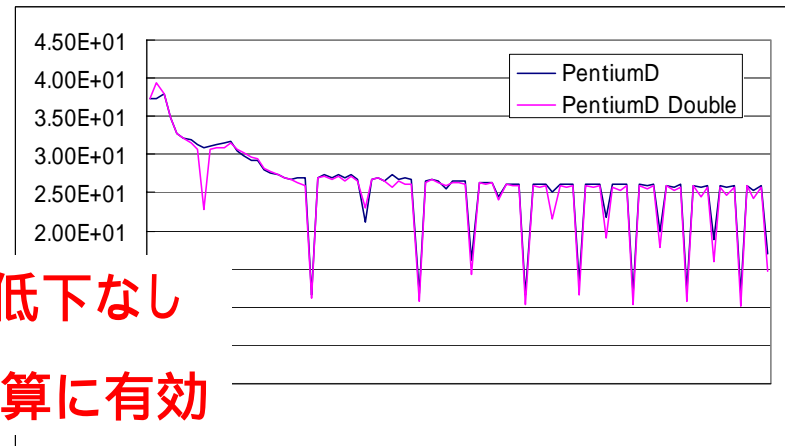
ATLAS@Pentium4



BNCpack@Pentium4



ATLAS@PentiumD

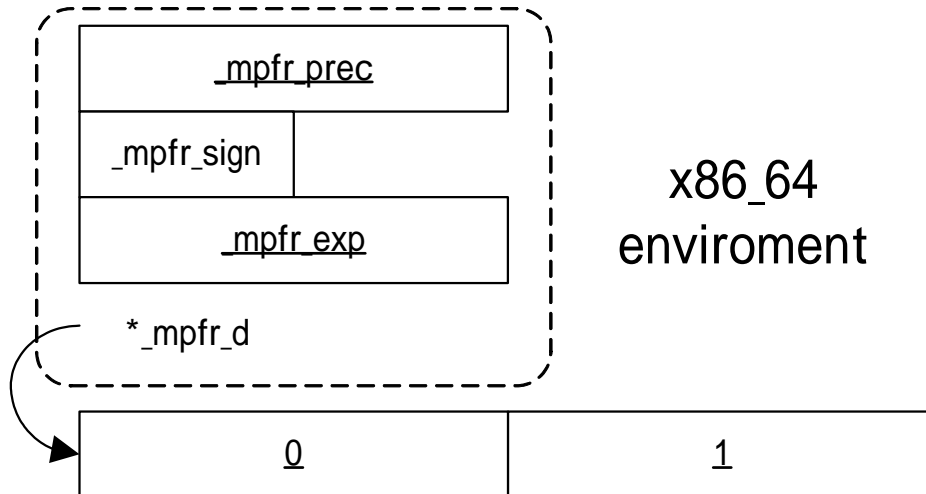
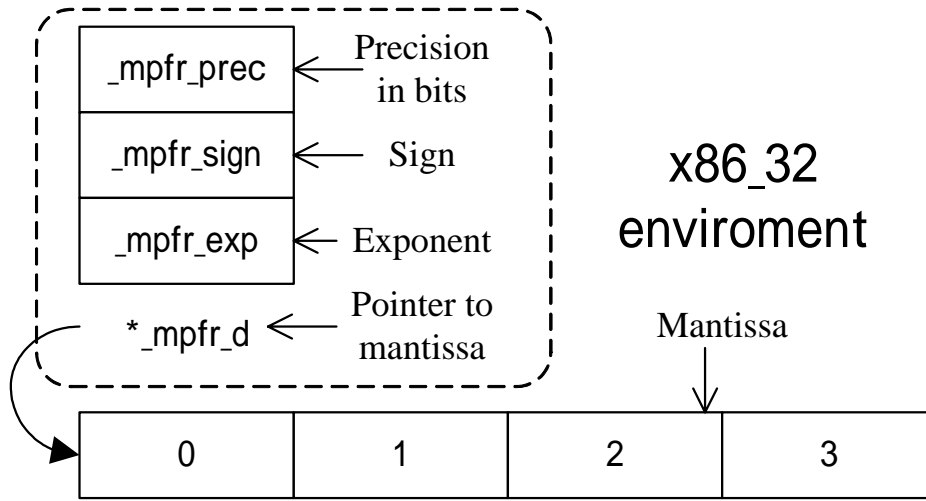


BNCpack@PentiumD

(MPI)BNCPack/MPFR/GMP

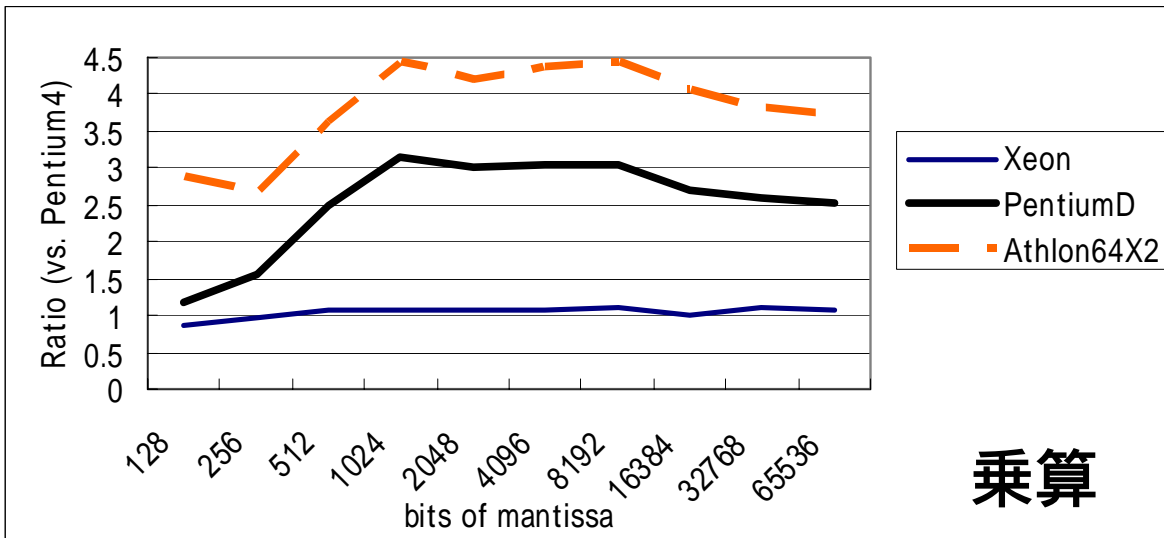
- BNCPack
 - IEEE754倍精度
 - 多倍長浮動小数点
 - MPFR Version 2.1.2
 - GMP Version 4.1.4の自然数ライブラリ
(mpn_*)・・・整数演算
- AMD64/EM64TのInstructionを使ったmpn_*関数のAssemblerコード開発はまだ途上
- 今回はlong int型拡張に伴うloop回数提言の効果だけを確認

mpft_t構造体の変化



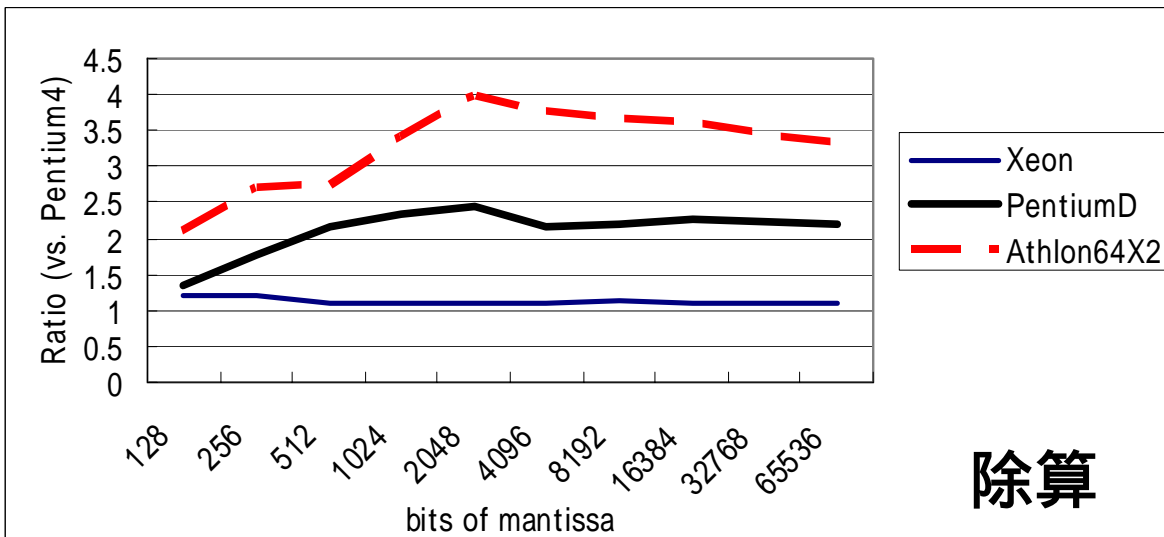
- Long int型拡張に伴い, 多倍長 `mpfr_t`型の大きさと仮数部の構造が変化する。
- 特に仮数部の計算loopの計算時間が少なくなる(?)

MPFR多倍長演算：乗算と除算



性能向上比(vs. Pentium4)
乗算

PentiumD: 1.2倍 ~ 3倍
Athlon64X2: 2.5倍 ~ 4.5倍



性能向上比(vs. Pentium4)
除算

PentiumD: 1.2倍 ~ 2.5倍
Athlon64X2: 2.5倍 ~ 4.5倍

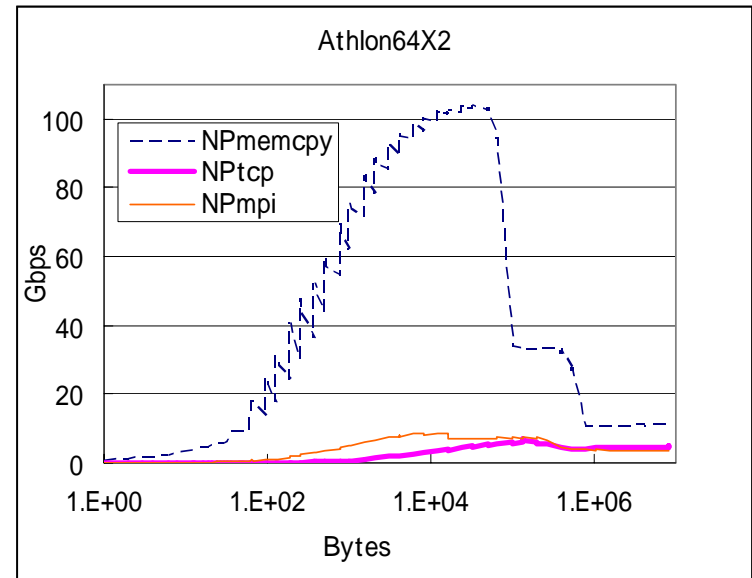
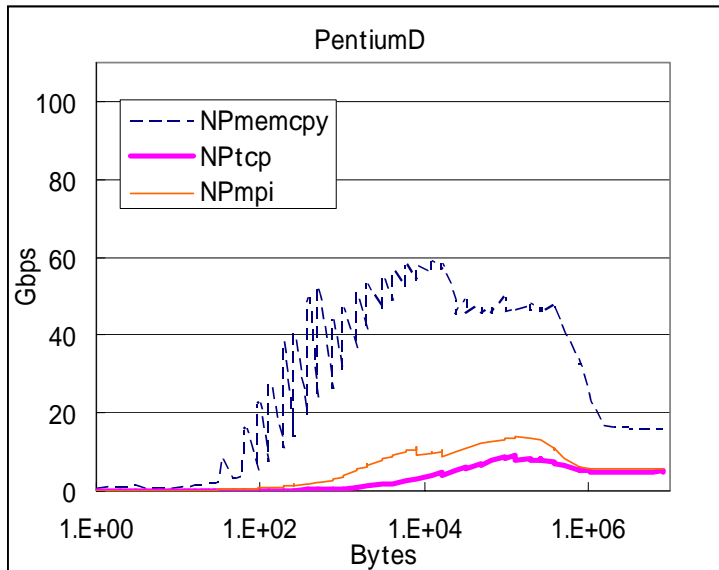
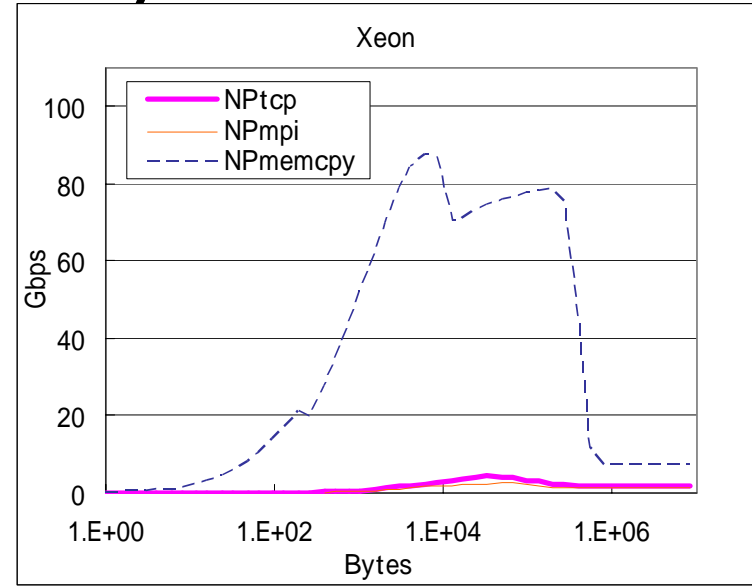
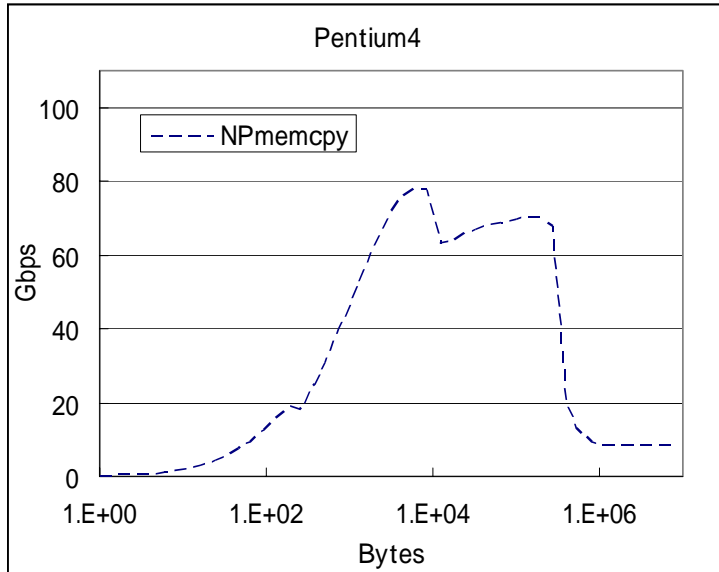
NetPIPE 3.6.2による帯域調査

- 1 node内
 - NPmemcpy・・・memcpy関数の性能
 - NPtcp・・・TCP帯域
 - NPmpi・・・MPI(MPI_Send/Recv)帯域
- 2 node間(Gigabit Ethernet)

- NPtcp
- NPmpi

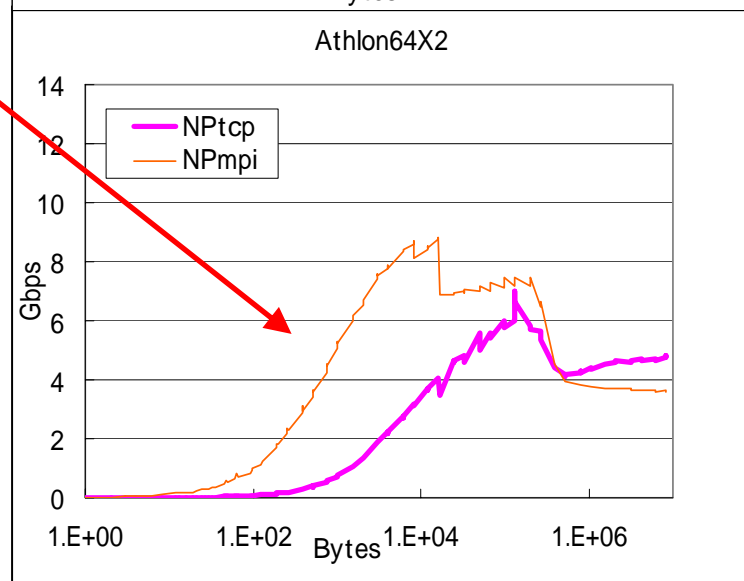
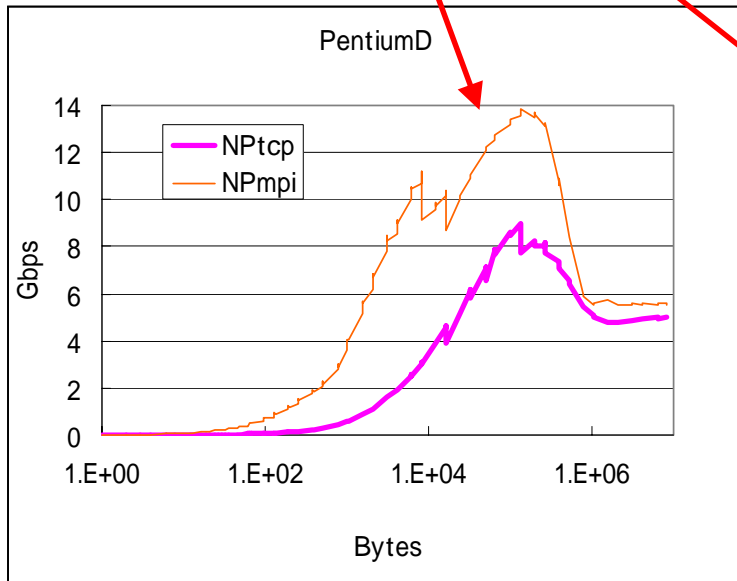
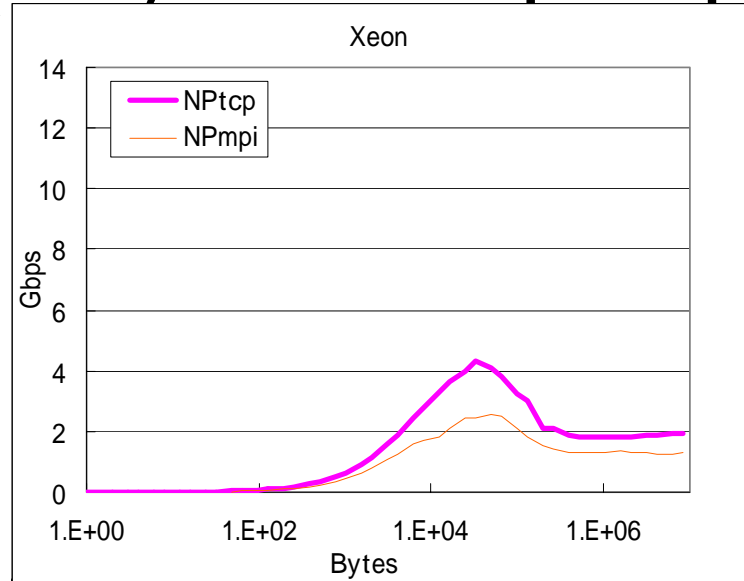
	GbE Controller
PentiumD	Intel 955X
Athlon64X2	NVIDIA nForce4

1 node内帯域調査(1/2)・・・NPmemcpy

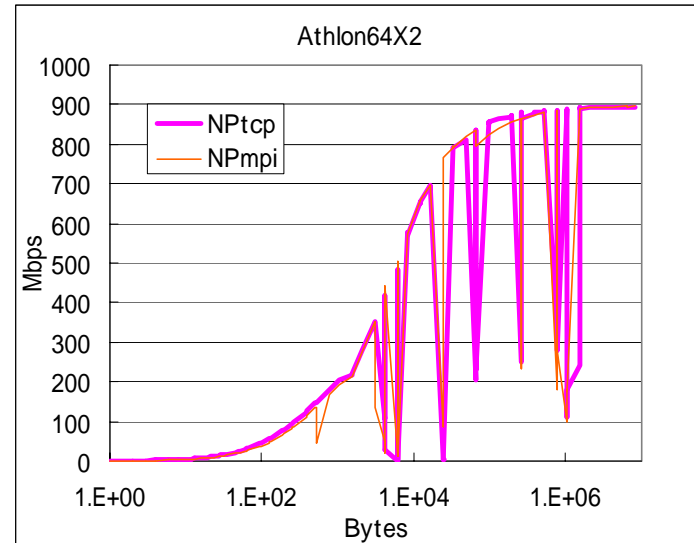
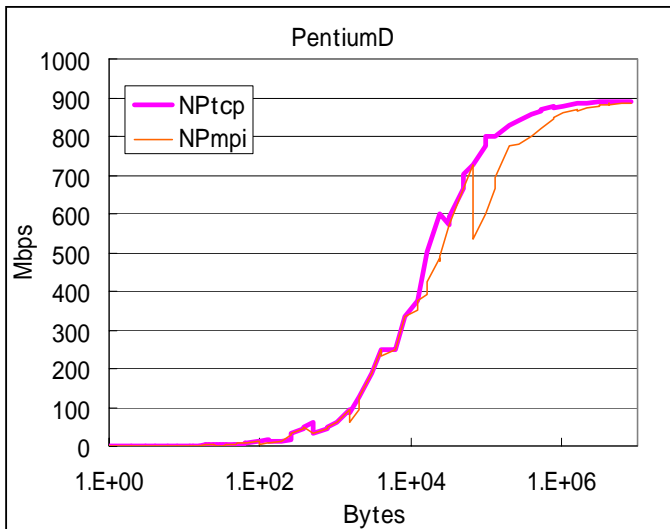
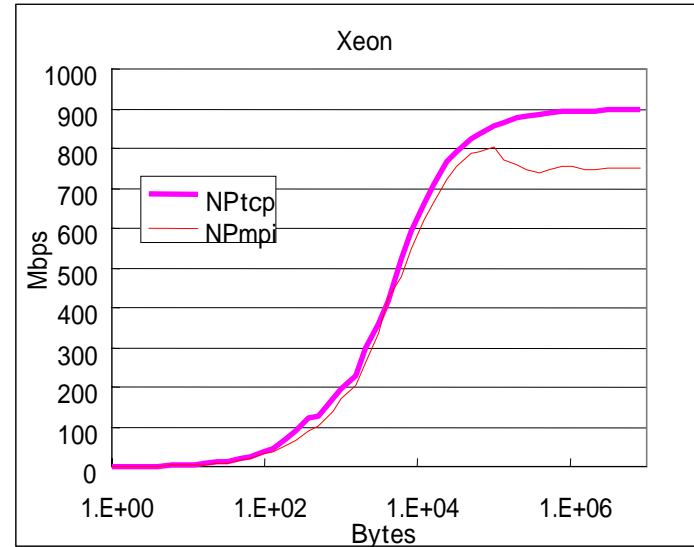
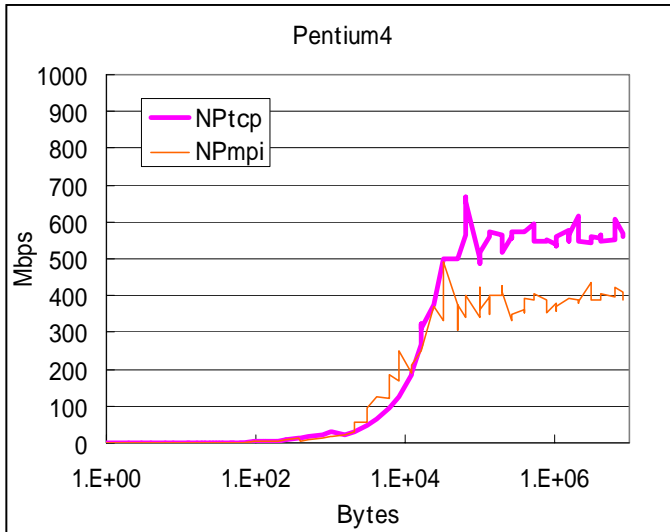


1 node内帯域調査(2/2)・・・NPtcp・mpi

NPmemcpyの結果と逆転
している(何故?)

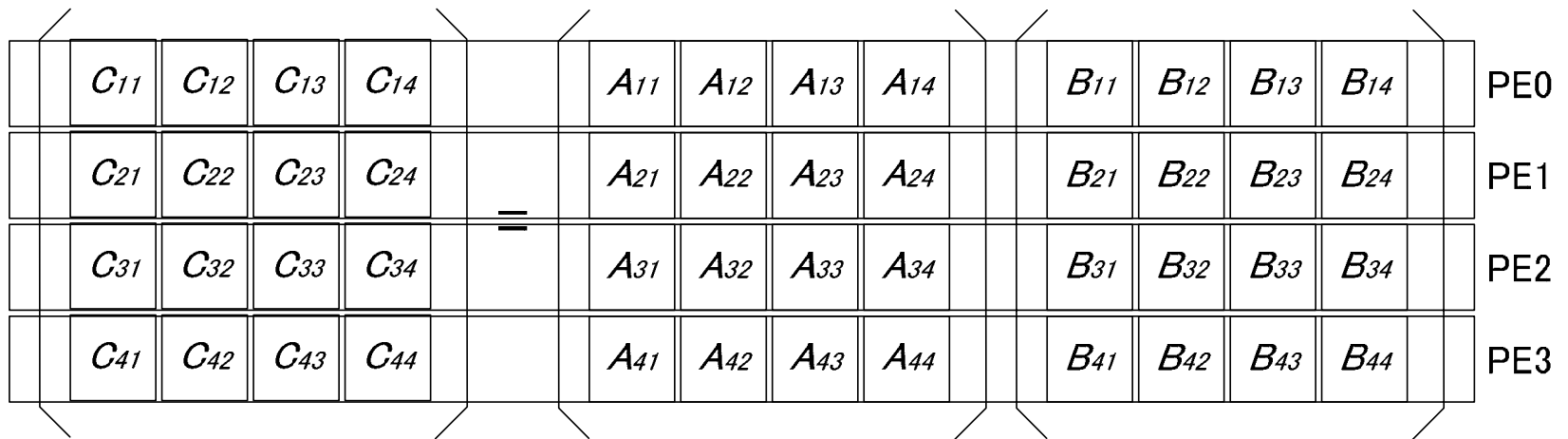


2 node間帯域調査・・・NPtcp・mpi

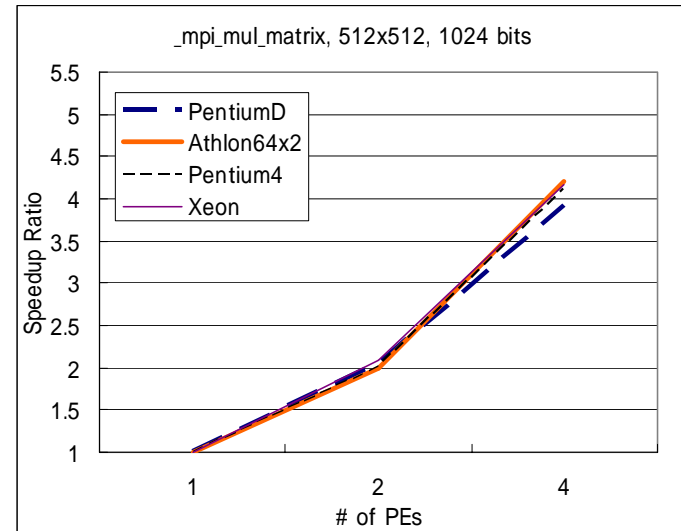
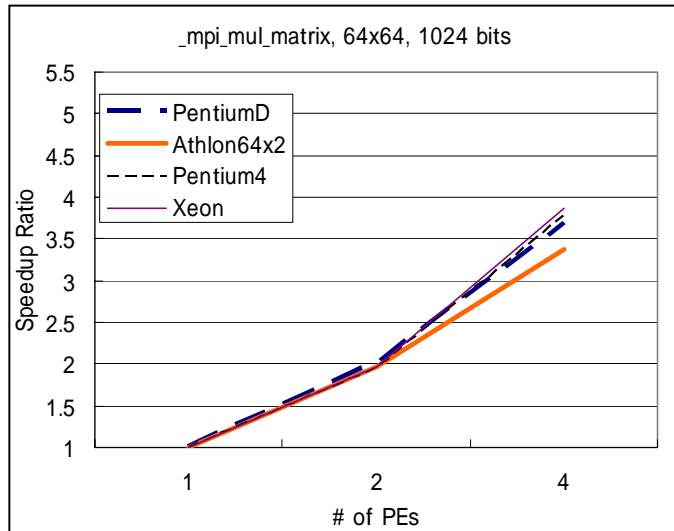
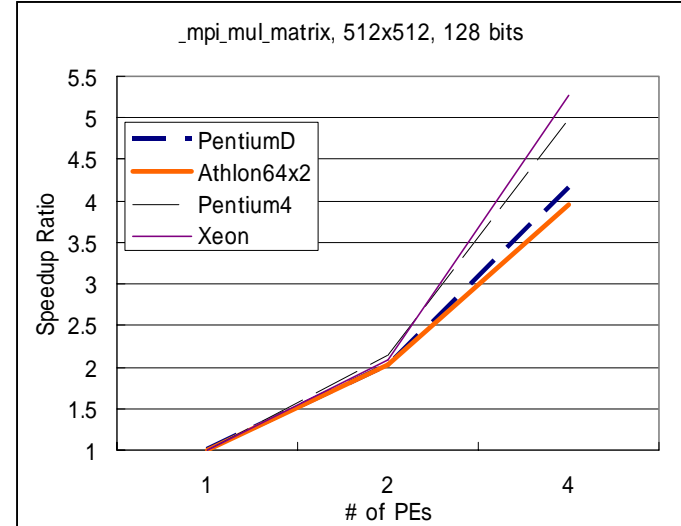
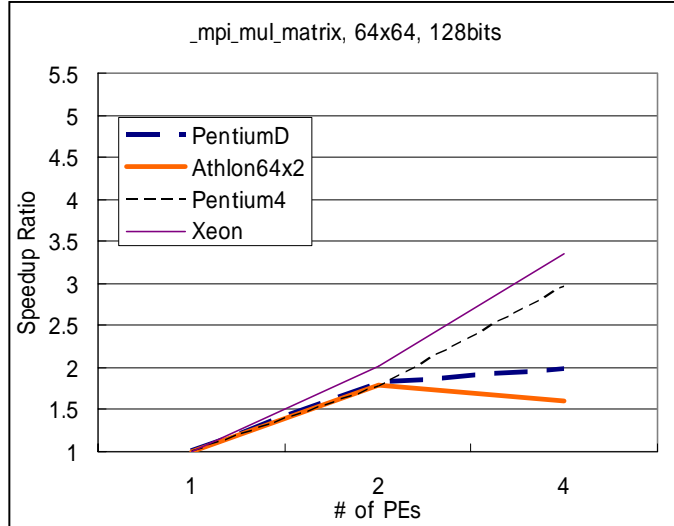


並列多倍長行列積

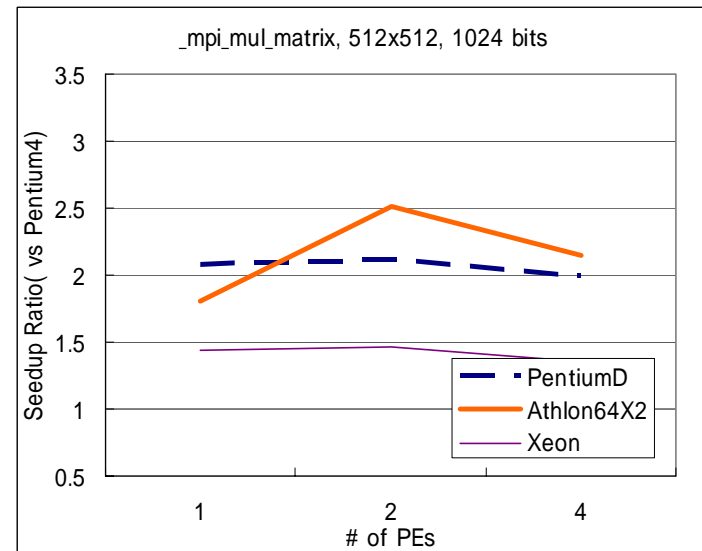
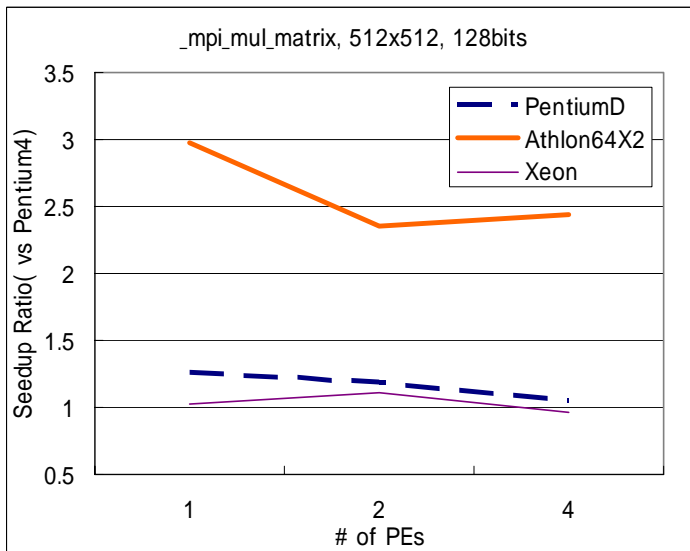
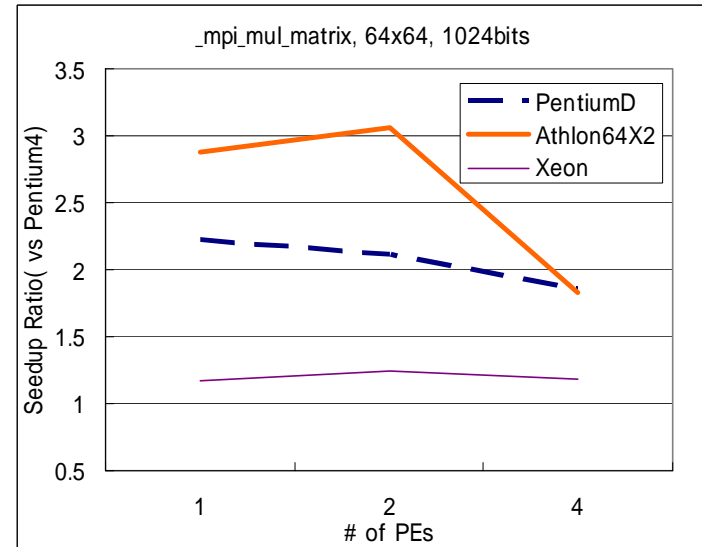
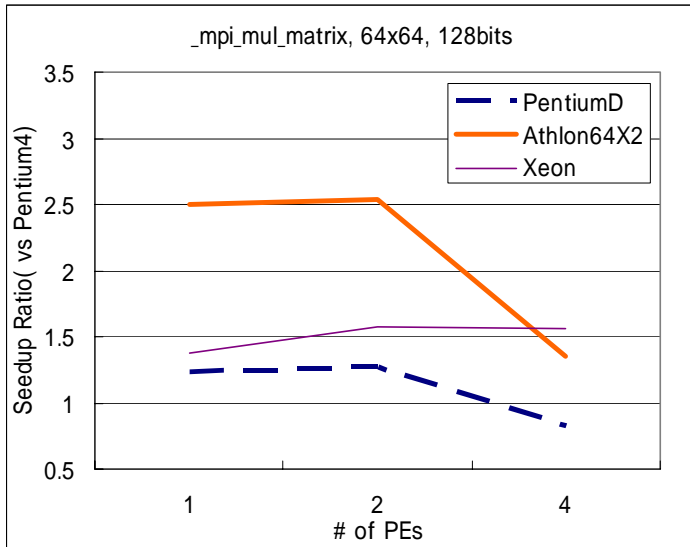
- MPIBNCpackの`_mpi_mul_mpfmatrix`関数によるベンチマーク。
 - Dimension: 64x64, 512x512
 - Precision: 128 bits, 1024 bits



並列多倍長行列積(1/2) 並列化性能



並列多倍長行列積(2/2) vs. Pentium4



まとめ(1/4)・・・Serial Computation

- IEEE754浮動小数点演算であれば, ATLASを用いた場合も, 単純なループ演算を使用した場合も, PentiumDがAthlon64X2より優れている。
- 32bitプロセッサとの比較では, ATLASを用いたときのみ, PentiumDがPentium4, Xeonを凌駕する
- 整数演算主体の多倍長浮動小数点計算なら Athlon64X2が, PentiumDより優れている。
- bit数が多くなれば32bit環境よりも64bit環境の方が2倍以上の性能を得られる。

まとめ(2/2)・・・Parallel Computation

- GbEを用いた場合, Dual-core CPUはSMPと同等以上の性能が得られ, PentiumD, Athlon64X2とも最高性能は900Mbpsに達している。
- Fedora Core 4を使用したAthlon64X2のGbE通信は著しく不安定。
- 並列多倍長計算においては, Dual-core CPUはPentiumDもAthlon64X2も, SMP並みの並列性能を発揮。
- 全体的には整数演算主体の多倍長計算に分のあるAthlon64X2が有利。

x86_64 Dual-core CPUの比較

	PentiumD	Athlon64X2
IEEE754倍精度行列積(ATLAS)		
IEEE754倍精度行列積(BNCpack)		
MPFR多倍長乗算		
MPFR多倍長除算		
NPmemcpy		
Node内mpi通信		
GbE上のmpi通信		不安定
並列多倍長行列積		

x86_64 Dual-core PC clusterはXeon SMP cluster以上に有効である

今後の予定

- x86 Dual-core CPUを用いたPC clusterの構築と並列計算環境の改善
- MPICH, MPICH2との比較