

<author>Маким Кривов </author>

<title>Бульдозерное наступление | Атака бульдозером | Бульдозеры наступают </title>

<hint>

Именно так следует охарактеризовать действия компании AMD, выпустившей в ноябре первый в мире 16-ядерный x86-совместимый процессор под кодовым названием «Бульдозер». В один вычислительный узел может быть установлено до четырёх новых процессоров, которые суммарно обеспечат 64 ядра и более 650 «пиковых» гигафлопс. А ведь это, ни много ни мало, ровно половина от вычислительной мощности NVidia Tesla M2090. А она, стоит напомнить, является самым-самым быстрым ускорителем от NVidia.

</hint>

<text>

Однако заявления заявлениями, а реальная производительность и особенно на реальных задачах обычно слабо коррелирует с пиковыми значениями. Поэтому было решено в рамках «Тестовой лаборатории» провести полноценное тестирование новых процессоров, столь активно претендующих на звание самой многоядерной архитектуры. В качестве тестовых систем был использован сервер HP ProLiant DL385 G7, любезно предоставленный компанией Hewlett Packard и в котором как раз располагаются два процессора AMD Opteron 6272 с той самой новой архитектурой.

Для возможности сравнить полученные результаты с другими решениями был использован аналогичный сервер HP ProLiant DL385 G7, но со «старыми» процессорами AMD Opteron 6174 (известными под названием Magni-Cours и имеющими по 12 ядер). А для полноты картины все тесты также прогонялись и на редакционном тестовом сервере ручной сборки на базе Intel Xeon E3-1230, который по характеристикам практически полностью эквивалентен модели HP ProLiant DL120 G7. Более подробная информация обо всех системах может быть найдена в таблице, которая чуть-чуть ниже. Да-да, та самая.

<subtitle>Виды тестов</subtitle>

Чтобы оценить вычислительные возможности новой архитектуры было выбрано пять групп тестов, суммарно покрывающих такие области применения как численные методы в аэро-гидродинамике, работа с плотными матрицами, молекулярная динамика и обработка видео-потоков. Результаты получились достаточно интересными, поэтому их анализ будет приведён в следующем разделе, а ниже дана просто краткая характеристика для каждого теста:

- **Тест 1.** Решение ур. Лапласа. Для этого использовалась самостоятельно разработанная программа, решающий методом Якоби уравнение Лапласа в постановке задачи Дирихле. При этом в самой программе есть три режима работы с разными оптимизациями — OMP (только распараллеливание по ядрам с помощью OpenMP), OMP+SSE (добавляется поддержка векторных расширений) и OpenMP+SSE+Blocks (дополнительно производится разбиение данных на блоки с целью эффективного использования кэша).
- **Тест 2.** Использование библиотек BLAS. Целью являлась оценка достигнутой производительности при использовании готовых реализаций стандарта BLAS. Для этого были использованы библиотеки Intel MKL и AMD CML, в которых тестировались такие функции как GEMM, GEMV, SYMV, GESV, POTRF, POSV на матрицах разного размера. А далее для каждого процессора выбиралась та библиотека, которая обеспечивает максимальную производительность.
- **Тест 3.** Обработка видео. В данном тесте использовалась известная библиотека FFMPEG, предназначенная для перекодировки видео-фалов из всевозможных форматов во всевозможные. Для солидности стоит отметить, что, согласно некоторым источникам, именно с её помощью обрабатываются все видео-ролики, загружаемые на популярнейший портал YouTube.
- **Тест 4.** Использование пакета LAMMPS. Данный популярный пакет предназначен для проведения моделирования различных процессов в такой области как молекулярная динамика. Для тестирования использовался встроенный в него бенчмарк, проводящий вычисление потенциала Леннарда-Джонса, моделирование белка родопсина и ряд других тестов.
- **Тест 5.** Использование пакета OpenFOAM. В последнем тесте оценивалась скорость работы двух решателей из пакета (interFoam и simpleFoam), с помощью которых моделировались процесс разрушения дамбы и горения смеси газов соответственно.

Стоит подчеркнуть, что в тестах 1-2 параллелизм реализован через потоки, а в тестах 3-5 — через процессы. А сейчас переходим к самим результатам.

<subtittle> Результаты тестирования </subtittle>

Пиковые и усреднённые значения, полученные в каждом тесте, приведены в соответствующей таблице. Наиболее интересные результаты были получены в тесте Laplace, в котором оценивалась производительность «самописных» программ при их переносе на многоядерные системы. Так, при запуске «просто параллельной» программы более высокую производительность показали старые процессоры AMD Opteron 6174, однако при увеличении размера сетки с 512x512 до 4096x4096 узлов скорость их работы упала более чем в 7 раз. С другой стороны, 32-ядерная система на базе AMD Opteron 6272 хоть и имела и чуть меньшую производительность, но показала более стабильные результаты — при аналогичном переходе скорость понизилась всего в 2.8 раза.

При попытке провести дополнительные оптимизации в виде распараллеливания внутренних циклов через инструкции SSE и разбиение данных на блоки с целью повышения эффективности использования кэша на всех системах удалось поднять производительность примерно в 5-10 раз. Причём «бульдозеры» опять показали более стабильную работу — при разных входных данных и разных видах оптимизации их скорость работы оказывалась намного более предсказуемой и ожидаемой, чем у их предшественников.

Другой тест — запуск функций из BLAS-библиотек. Сказать по правде, его результаты оказались немного обескураживающими. Так на тесте SYMV 4-ядерная система на базе Intel Xeon E3 обошла примерно в 10 раз все системы от AMD. И это при том, что у последних вычислительных ядер больше раз в 6-8. С другой стороны, на «тяжёлых» тестах типа перемножения матриц (GEMM) многоядерность дала о себе знать, и решения от AMD без труда обогнали одиночный процессор от Intel в 2-2,5 раза. А что ещё более интересно — вычислительная эффективность систем оказалась равной 89 — 100,2%, что можно объяснить закрытостью библиотек, в результате чего спрятанный в них алгоритм выполняет немного меньше операций, чем предполагали авторы.

Последние три теста описывают производительность при использовании промышленных пакетов. Так, при перекодировании видео-данных использование большого количества ядер существенно повышает скорость вычислений, в результате чего новые процессоры AMD Opteron 6272 оказываются вне конкуренции. В тесте пакета LAMMPS аналогичная ситуация наблюдалась лишь на ряде случаев (chute и lj). В других тестах (chain, eam, rhodo) узким местом становилась оперативная память, и лишние 8 ядер особой роли не сыграли. Наконец, в пакете OpenFOAM безоговорочную победу одержали старые процессоры AMD Opteron 6174, что оказалось полной неожиданностью. Подобная ситуация наблюдалась при использовании двух разных решателей, разных алгоритмов инвертирования матриц и разных предобуславливателей, поэтому причина с большой вероятностью кроется в недрах самого пакета, текущая версия которого просто «не дружит» с новыми процессорами. Пока «не дружит».

Также стоит сказать пару слов про масштабируемость (т.е. зависимость производительности от количества используемых ядер). Так вот, в большинстве случаев на процессорах от AMD она была, мягко говоря, не самой хорошей. В тесте rhodo из пакета LAMMPS использование, например, 31 ядра вместо 32 понижало скорость работы в 13,5 раз. А в тесте OpenFOAM на процессорах AMD Opteron 6272 имело смысл использовать не более 16 ядер. При попытке добавить хоть ещё одно ядро скорость вычислений сразу же падала в 2,5-3 раза и становилась равной производительности, достигаемой при использовании всего 4 ядер. К сожалению, подобные примеры далеко не единственные. Справедливости ради стоит отметить, что система от Intel подобных проблем не испытывала.

<subtittle> Выводы </subtittle>

Если говорить честно, то для любой системы можно подобрать такой тест и такие входные данные, на которых она легко и с большим отрывом обойдёт две другие системы. Однако при этом стоит сформулировать пару-тройку тезисов, которые так или иначе подходят для всех групп тестов. Во-первых, одно ядро процессора Intel Xeon E3 по производительности соответствует примерно 2-3 ядрам процессоров от AMD. Во-вторых, новые процессоры AMD Opteron 6272 оказались более стабильными, показали чуть лучшую масштабируемость и в среднем обошли своих предшественников на 10-20%. И в-третьих, для процессоров AMD предпочтительней оказалась реализация параллелизма через процессы, чем через потоки, а также работа с данными небольшого размера, чем с многомегабайтными массивами. В то же время процессор от Intel в этом плане оказался «всеядным».

Поэтому если у вас «завалился» старый HP ProLiant на базе процессоров AMD Opteron 61xx, то их замена на более новые AMD Opteron 62xx является самым простым и экономичным вариантом повышения производительности на несколько десятков процентов. Однако если перед вами стоит выбор покупки нового «железа», то стоит сперва понять, а нужны ли для ваших задач много медленных ядер от AMD, или же предпочтительными окажутся с десяток быстрых ядер от Intel.

</text>

<table>

Тестовая система	Модель процессора	Количество ядер	Частота, GHz	Оперативная память	Пиковая производительность, GFlops	
					float	double
HP ProLiant DL385 G7	2 x AMD Opteron 6272	32	2,1	8 GB DDR3-1333	268,8	134,4
HP ProLiant DL385 G7	2 x AMD Opteron 6174	24	2,2	8 GB DDR3-1333	211,2	105,6
Редакционный сервер	1 x Intel Xeon E3-1230	4 (8 с HT)	3,2	8 GB DDR3-1333	102,4	51,2

<label>Тестовые системы</label>

</table>

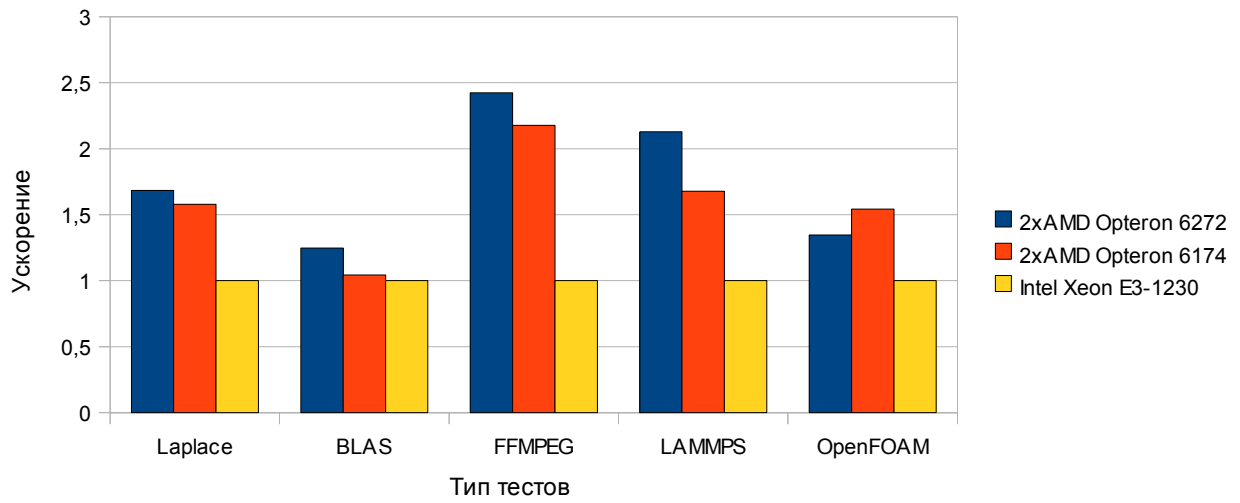
<table>

Группа тестов	Тест	2 x AMD Opteron 6272		2 x AMD Opteron 6174		1 x Intel Xeon E3	
		Пиковая	Средняя	Пиковая	Средняя	Пиковая	Средняя
Laplace (GFlops)	OMP	12,41	8,36	14,13	6,26	9,49	8,47
	OMP+SSE	30,53	22,19	23,68	8,95	25,46	16,43
	OMP+SSE+Blocks	66,16	48,32	60,33	49,16	26,98	25,79
BLAS (GFlops)	GEMM	241,06	154,71	211,79	124,98	94,77	91,55
	GEMV	7,59	2,45	3,34	1,46	15,08	5,77
	SYMV	1,84	1,7	2,06	1,71	21,78	16,4
	GESV	132,01	74,38	107,23	73,01	89,65	74,65
	POTRF	169,18	53,84	153,6	58,79	93,27	79,64
	POSV	94,71	66,62	69,77	40,17	89,48	78,68
FFMPEG (FPS)	mpeg4	1345,71	-	1193,34	-	579,09	-
	flv	1365,6	-	1195,91	-	583,57	-
	huffyuv	1164,02	-	1096,92	-	410,6	-
	raw video	1653,56	-	1531,76	-	1151,86	-
	wmv2	1290,92	-	1102,54	-	520,38	-
	libx264	222,04	-	200,95	-	70,97	-
LAMMPS (Тыс. атомов в секунду)	chain	236,79	-	242,03	-	118,82	-
	chute	393,21	-	162,65	-	180,78	-
	eam	37,63	-	34,48	-	18,19	-
	lj	84,96	-	55,89	-	34,8	-
	rhodo	5,1	-	5,07	-	2,6	-
OpenFOAM (Виртуальное время / время вычислений)	interFoam	9,35	-	10,69	-	5,27	-
	simpleFoam	4,96	-	5,71	-	5,38	-

<label> Результаты тестов. Чем больше значение метрики, тем выше скорость работы </label>

</table>

<diagram>



</label> Итоговое ускорение на разных классах задач (относительно Intel Xeon E3) **</label>**
</diagram>