

БУДУЩЕЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОНТЕКСТЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ И КОДО-ЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, anoprien@gmail.com

Рассмотрены вопросы перехода к ноокомпьютингу как «умному» компьютерингу и проанализированы основные особенности этого процесса в контексте технической и кодо-логической эволюции. Определены основные тенденции развития и представлен прогноз эволюции производительности и других показателей компьютерной техники на ближайшие десятилетия.

Ключевые слова: компьютеринг, кодо-логическая эволюция, ноокомпьютинг.

Введение

Интенсивное развитие компьютерных и информационных технологий в начале нового тысячелетия резко ускорило процессы глобализации и привело к глубинным изменениям в современной техносфере, настолько масштабно влияющим на все общественные и цивилизационные процессы, что возникает настоятельная необходимость в адекватном осмыслении происходящих изменений и их прогнозе на ближайшие десятилетия. В связи с этим в данной работе анализируются существующие проблемы и закономерности развития компьютерной техники в контексте технической и кодо-логической эволюции, и предлагаются решения и прогнозы, предполагающие постепенный переход к постбинарному компьютерингу и гибкой разрядности. Устойчивость некоторых тенденций развития, связанных, в частности, с ростом производительности, появлением новых классов устройств и снижением удельного энергопотребления позволяет достаточно уверенно и конкретно прогнозировать основные изменения по этим параметрам на ближайшие 10-30 лет. При этом неизбежно возникает необходимость в синтезе новой терминологии, достаточно адекватно отражающей суть происходящих изменений. Речь в первую очередь идет о некоторых ноологизмах (т.е. неологизмах, описывающих новые явления, связанные со становлением и развитием ноосферы), к которым можно отнести ноокомпьютинг и нонет.



Аноприенко

Александр Яковлевич,

к.т.н., доцент, декан факультета компьютерных наук и технологий Донецкого национального технического университета, академик Инженерной Академии Украины. Направления научной деятельности: компьютерное моделирование и компьютерная графика, интернет-технологии и постбинарный компьютеринг.

Анализ текущих проблем и постановка задач

Лавинообразное нарастание объемов вычислений как никогда ранее актуализирует контроль достоверности и точности вычислительных процессов. Одним из путей минимизации ошибок, связанных с округлением и потерей точности ввиду ограничений, связанных с разрядностью компьютеров, является дальнейший рост разрядности вычислений. В августе 2008 года в этом направлении был сделан важный шаг, связанный с публикацией стандарта IEEE 754-2008, который заменил ранее действовавший стандарт вычислений с плавающей запятой IEEE 754-1985. Основным нововведением в новом стандарте стал 128-разрядный формат «квадро», т.е. формат «счетверенной» точности, который по идее должен обеспечить соответствующие потребности по части точности вычислений еще лет на 20. Но один довольно простой пример показывает, насколько эти надежды могут оказаться иллюзорными. Речь идет о так называемом примере Румпа [1-2], наглядно демонстрирующим, как современные компьютерные системы

могут порождать грубейшие и неконтролируемые ошибки при относительно простых вычислениях (рис. 1). При этом стремительно нарастает противоречие между тенденцией к максимальному распараллеливанию вычислений и обеспечением необходимой точности и достоверности вычислений. Все это настоятельно требует существенно новых подходов к организации вычислений.

Пример Румпа (известен с 1988 г): полином
 $f = 333.75 b^6 + a^2 (11a^2 b^2 - b^6 - 121b^4 - 2) + 5.5b^8 + a/(2b)$,
 при $a = 77617$, $b = 33096$.
 32-bit: $f = 1.172604$;
 64-bit: $f = 1.1726039400531786$;
 128-bit: $f = 1.1726039400531786318588349045201838$.

Но во всех случаях этот результат весьма существенно (даже своим знаком) отличается от правильного:
 $f = -0.827396059946821368141165095479816...$

Рис. 1 Пример Румпа, наглядно демонстрирующий недостатки современного компьютеринга: определенное сочетание значений переменных в относительно простом полиноме приводит к грубейшим ошибкам в вычислениях практически во всех современных компьютерных системах при всех стандартных вариантах разрядности вычислений с плавающей запятой

Постбинарный компьютеринг как ответ на вызовы времени

В работах [3-4] в качестве наиболее адекватного ответа на существующие вызовы в области современных вычислений предлагается переход к постбинарному компьютерингу, рассматриваемому в контексте кодо-логической эволюции в качестве закономерного этапа развития средств и методов вычислений. В основе данного подхода лежит представление о том, что развитие логики в существенной степени определяет как способы представления количественной информации, так и методы работы с ней. Современная компьютерная логика является бинарной. Но ей предшествовал длительный этап добинарной логики, а на смену неизбежно придет постбинарная логика, позволяющая более полно описывать реалии окружающего мира (рис. 2).

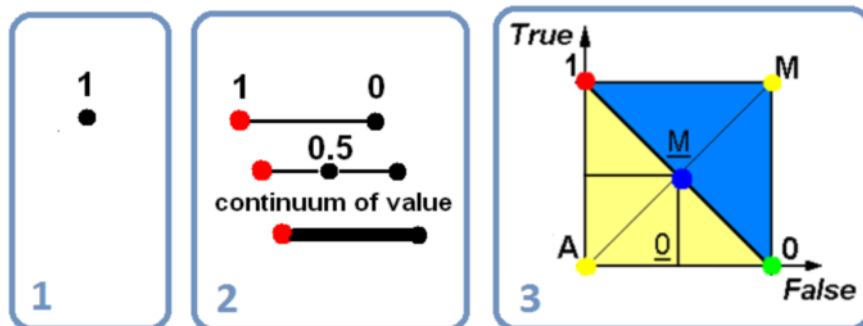


Рис. 2 Эволюция логического базиса компьютеринга: 1 – монологика с одним единственным состоянием (примерно до XV-XVI вв.); 2 - бинарная логика (дилогика) с 2-мя логическими состояниями и одномерным логическим пространством между ними (последние столетия до настоящего времени); 3- постбинарная логика (гиперлогика) с четырьмя логическими состояниями (в дополнение к традиционным 0 и 1 вводятся неопределенность А и множественность М) и двумерным логическим пространством между ними.

В целом можно утверждать, что тесная взаимосвязь развития логики и вычислений определяет эволюцию кодо-логического базиса, который в свою очередь отражает наиболее фундаментальные изменения в средствах и методах вычислений (рис. 3). При этом исследование закономерностей перехода от прабинарного компьютеринга к бинарному позволяет в основных чертах понять как будет происходить переход к постбинарному компьютерингу. В частности, одной из существенных особенностей постбинарного компьютеринга должна стать гибкая разрядность, позволяющая адаптировать точность вычислений к текущим потребностям и оптимизировать соотношение между разрядностью и степенью распараллеливания вычислений. Одним из возможных решений, обеспечивающих плавный переход от текущих методов вычислений к вычислениям к постбинарным, является такая модификация стандартных форматов представления чисел, которая обеспечит их совместимость с будущими постбинарными форматами. Это,

в частности, может быть достигнуто введением специального кода формата, описывающего текущее представление чисел (рис. 4). При этом значительно усложнятся алгоритмы выполнения вычислений и соответствующие управляющие автоматы, но текущий уровень развития компьютерных технологий уже позволяет реализовать такие решения достаточно эффективно. Фактически речь может идти об «умных» вычислениях, являющихся одним из главных шагов на пути к ноокомпьютингу (т.е. «умному» компьютерингу).

Метод компьютеринга	Базис	Монологика и монокоды	Диалогика и дикоды (двоичные)	Гиперлогика и гиперкоды
		1	2	3
1	Пра-бинарный	Единство числа, интерфейса и алгоритма		
2	Бинарный	Интерфейсная составляющая (графики, диаграммы...)	«Точечные» (бинарные) логика и число	
3	Пост-бинарный	Интерфейсная составляющая (графики, диаграммы...)	Бинарная составляющая: «Точечные» логика и число	Постбинарные множественные виды логики и представления числа

Рис. 3 Кодо-логическая эволюция: от прабинарного компьютеринга к постбинарному



Рис. 4 Предлагаемая модификация формата чисел с плавающей запятой (на примере числа половинной точности): слева – традиционное представление, справа – формат с поддержкой постбинарного кодирования, содержащий на месте младших разрядов мантииссы код формата, что позволяет обеспечить гибкую разрядность и точность.

Основные тенденции и прогноз развития компьютерных технологий

Выполненный в работах [5-8] анализ текущих тенденций развития компьютерных технологий (рис. 5-7) позволяет сделать вывод и о переходе к качественно новому техническому этапу развития компьютеринга, основные черты которого заключаются в следующем:

Анализ развития суперкомпьютерных технологий показывает устойчивый рост производительности по меньшей мере с 1993 года. При этом стабильность процесса роста позволяет делать достаточно уверенный прогноз минимум на ближайшие десятилетия (рис. 5). Более того, в процессе развития менее производительные компьютерные системы различных классов фактически повторяют динамику роста производительности суперкомпьютеров с задержкой на определенный интервал времени (рис. 6). Это позволяет с высокой степенью достоверности прогнозировать появление новых классов вычислительных устройств, таких как нанокомпьютеры и субнанокомпьютеры, которые в последующие десятилетия вместе с традиционными классами компьютеров будут интенсивно превращать техносферу в «умную» среду (рис. 7), что в целом следует также рассматривать в контексте становления ноокомпьютинга.

Привычное всем понятие Интернет тесно связано с названием протокола межсетевого взаимодействия IPv4, который создавался в эпоху преобладания локальных сетей и был предназначен для организации взаимодействия между ними. Применение IPv6 обеспечит возможность использования **более 300 млн. IP-адресов на каждого жителя Земли.**

Производительность суперкомпьютеров		
Название	год	FLOPS
флопс	1941	10^0
килофлопс	1949	10^3
мегафлопс	1964	10^6
гигафлопс	1987	10^9
терафлопс	1997	10^{12}
петафлопс	2008	10^{15}
эксафлопс	2018	10^{18}
зеттафлопс	2030	10^{21}
йоттафлопс	2042	10^{24}

Рис. 5. Реальный и прогнозируемый рост производительности рекордных суперкомпьютерных систем (FLOPS – количество операций с плавающей запятой).

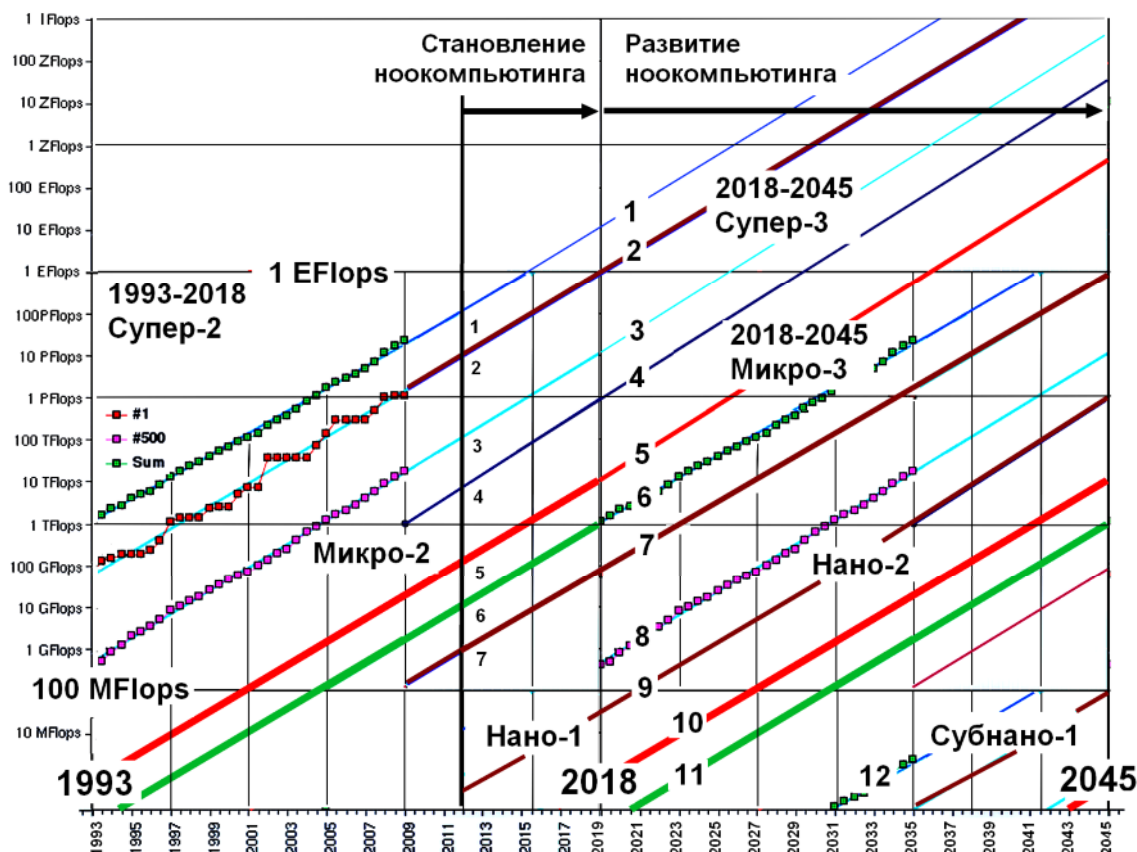


Рис. 6 Реальный и прогнозируемый рост производительности различных типов компьютерных систем (экстраполяция существующих тенденций до 2018 года): 1 - суммарная производительность всех суперкомпьютерных систем из списка Top500 (1 Ефлопс к 2015 г.); 2 - производительность рекордных систем из списка Top500 (1 Ефлопс к 2018-2019 г.); 3 - производительность последней (500-й) суперкомпьютерной системы в списке Top500; 4 - производительность «персональных суперкомпьютеров» на базе графических процессоров (стоимостью порядка 10-20 тыс \$); 5 - производительность «продвинутых» персональных компьютеров стоимостью порядка 1-2 тыс \$ (на 2010 год примерно соответствует производительности микропроцессоров Intel Core 2 Duo); 6 - усредненная производительность персональных компьютеров, находящихся в эксплуатации (на 2010 год примерно соответствует производительности нетбуков на базе Intel Atom); 7 - усредненная производительность процессоров компактных мобильных устройств (на 2010 год примерно соответствует производительности коммуникаторов с операционными системами Android); 8-11 – производительность различных классов будущих наноконьютерных систем; 12 – производительность будущих субнаноконьютерных систем.



Рис. 7 Эволюция компьютеризации в контексте развития интернет-технологий и будущего ноокомпьютинга

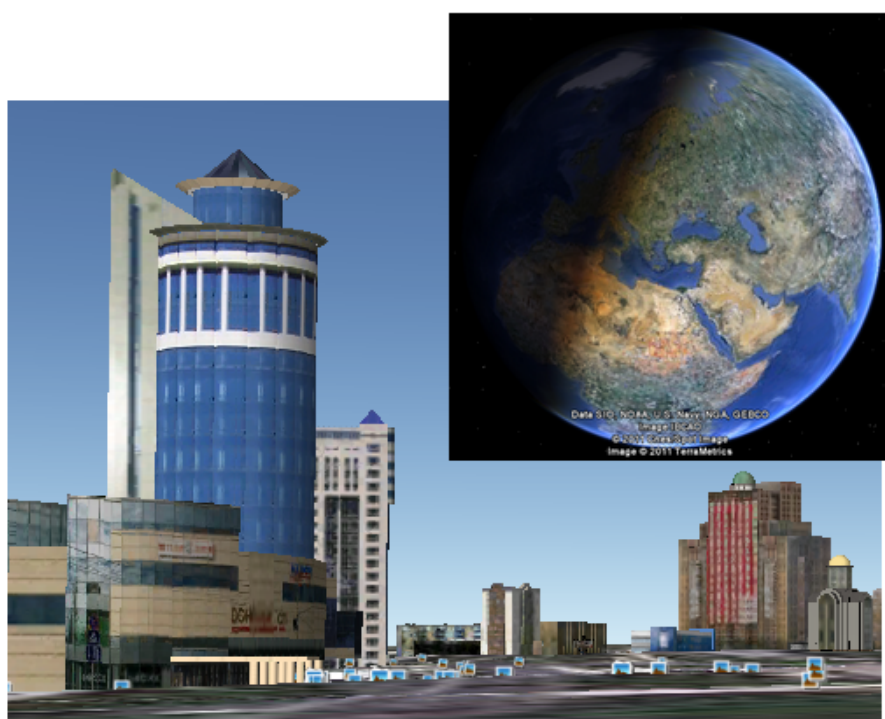


Рис. 8 Ноокомпьютинг и ноогеография: современные компьютерные технологии в корне меняют наше видение окружающего мира. Такие системы как Google Earth позволяют работать со всей поверхностью Земли как с единым целостным объектом начиная от манипуляций со всем земным шаром (диаметр 12 тысяч километров) и заканчивая просмотром объектов, размером в десятки сантиметров. А это, фактически, означает, что масштаб в процессе работы может меняться в десятки миллионов раз (на рисунке представлена трехмерная модель Донецка с субпуметровым разрешением).

В условиях IPv4 можно было обеспечить максимум один IP-адрес на каждого жителя планеты. Разница разительная. И это как раз тот случай, количество стремительно переходит в принципиально новое качество. Переход к протоколу нового поколения IPv6 означает в числе прочего и переход к единой глобальной сетевой инфраструктуре, в которой понятие локальной сети является уже анахронизмом. А это, по сути, означает, что и традиционное обозначение глобальной сети как сети Интернет становится анахронизмом. Существенно более адекватным новым реалиям является понятие Ноонет (Noonet), акцентирующее внимание не только на том, что в новых условиях глобальная сеть становится уже качественно иной, но и на том, что в условиях ее резкого роста и усложнения она неизбежно должна становиться более «умной».

Актуальность перехода к ноокомпьютингу как «умным вычислениям» обусловлена также и тем, что современные средства компьютерного моделирования имеют дело с широчайшим диа-

пазоном одновременно моделируемых явлений и процессов: от мегауровня до пикоуровня. Что также все сложнее обеспечивать в рамках традиционных методов вычислений. Одним из наглядных примеров такого подхода к моделированию является ноомоделирование [9] и неогеография [10-11], пример современной реализации подходов которой представлен на рисунке 8.

Выводы

В целом назрела необходимость взглянуть на компьютерный этап в развитии инженерии более широко как на одно из проявлений решающего влияния интеллектуальных технологий, выходящих на определенных этапах истории в качестве основных движителей человеческого развития [12]. Интенсивное развитие компьютерных технологий в обозримом будущем может изменить техносферу в существенно большей степени, чем это наблюдается в настоящее время.

Список литературных источников

1. Loh, E., Walster, G. Rump's Example Revisited, *Reliable Computing*, Vol 8, No 3, 2002, pp. 245-248.
2. Аноприенко А.Я., Гранковский В.А., Иваница С.В. Пример Румпа в контексте традиционных, интервальных и постбинарных вычислений // *Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем» (МАП-2011)*. Выпуск 9 (179): Донецк: ДонНТУ, 2011. С. 324-343.
3. Аноприенко А.Я. Обобщенный кодо-логический базис в вычислительном моделировании и представлении знаний: эволюция идеи и перспективы развития // *Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Информатика, кибернетика и вычислительная техника» (ИКВТ-2005)* выпуск 93: – Донецк: ДонНТУ, 2005. С. 289-316.
4. Аноприенко А.Я. Вызовы времени и постбинарный компьютеринг // *Информатика и компьютерные технологии / Материалы VI международной научно-технической конференции 23-25 ноября 2010 г. Т. 1. Донецк, ДонНТУ. – 2010. С. 13-31.*
5. Anoprijenko A., John S., Al-Ababneh H. Simulation Tools and Services for Mobile Users: History, State-of-the-art and Future // *Proceedings of the International Conference & Workshop on 3G GSM & Mobile Computing: An Emerging Growth Engine for National Development, 29-31 January, 2007. – College of Science and Technology, Covenant University, Cnaan Land, Ota, Nigeria. 2007. P. 9-20.*
6. Аноприенко А.Я. Компьютерные науки и технологии в прошлом, настоящем и будущем // *Материалы V международной научно-технической конференции «Информатика и компьютерные технологии» – 24-26 ноября 2009 г., Донецк, ДонНТУ, 2009. С.15-26.*
7. Аноприенко А.Я. Ноокомпьютеринг и будущее информационно-компьютерной инфраструктуры // *Міжнародний науковий конгрес з розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та розбудови інформаційного суспільства в Україні, м. Київ, 17-18 листопада 2011 р. Тези доповідей. С. 12-13.*
8. Аноприенко А.Я. Компьютерные науки и технологии: следующие 50 лет // *Материалы II всеукраинской научно-технической конференции «Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг (ИУС и КМ 2011)» – 12-13 апреля 2011 г., Донецк, ДонНТУ, 2011. Т.1. С. 7-22.*
9. Аноприенко А.Я. Ноогеография и ноомоделирование // *Материалы четвертой международной научно-технической конференции «Моделирование и компьютерная графика» 5-8 октября 2011 года, Донецк, ДонНТУ, 2011. С. 321-324.*
10. Аноприенко А.Я., Еремченко Е.Н. Неогеография в контексте эволюции моделей и образов мира // *Материалы конференции 10-го юбилейного международного форума «Высокие технологии XXI века», Москва, 21-24 апреля 2009 г. – М.: 2009, с. 473-475.*
11. Аноприенко А. Я., Еремченко Е. Н. Неогеография и постбинарный компьютеринг// *Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем» (МАП-2008)*. Выпуск 7 (150): Донецк: ДонНТУ, 2008. С. 249-257.
12. Аноприенко А.Я. Инженерия в прошлом и будущем: необходимость новых парадигм // *«Інженерна освіта на межі століть: традиції, проблеми, перспективи». Праці міжнародної науково-методичної конференції. 28-30 березня 2000 р. – Харків: ХДПУ, 2000, с. 18-19.*

УДК 681.3

Будущее компьютерных технологий в контексте технической и кодо-логической эволюции / А.Я. Аноприенко // Вестник Инженерной академии Украины. – 2011. – № 3-4. – С. 108-113.

Рассмотрены вопросы перехода к ноокомпьютингу как «умному» компьютерингу и проанализированы основные особенности этого процесса. Определены основные тенденции развития и представлен прогноз эволюции производительности и других показателей компьютерной техники на ближайшие десятилетия.

Ключевые слова: компьютеринг, кодо-логическая эволюция, ноокомпьютинг.

УДК 681.3

Майбутнє комп'ютерних технологій в контексті технічної та кодо-логічної еволюції / О.Я. Анопрієнко //

Вісник Інженерної академії України. - 2011. - № 3-4. - С. 108-113.

Розглянуті питання переходу до ноокомп'ютерингу як «розумному» комп'ютерингу та проаналізовано основні особливості цього процесу. Визначено основні тенденції розвитку і представлений прогноз еволюції продуктивності та інших показників комп'ютерної техніки на найближчі десятиріччя.

Ключові слова: комп'ютеринг, кодо-логічна еволюція, ноокомп'ютеринг.

UDC 681.3

The future of computer technology in the context of the technical and code-logical evolution / AJ Anoprienko //

Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine. - 2011. - № 3-4. S. 108-113.

The problems of noocomputing as "intelligent" computing of future are analyzed. Forecast for evolution of computer technology in the coming decades is described.

Keywords: computing, code-logical evolution, noocomputing.