

## ПРОГРАММИРУЕМАЯ И ТРАНСФОРМИРУЮЩАЯСЯ МАТЕРИЯ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь

Кандидатов С. О.

Павлюковец С. А. – канд. техн. наук, доцент кафедры химии

Представьте, что крыши наших домов смогут менять свою форму в зависимости от погоды: пошел дождь – по всей крыше образовалась система водостоков, выглянуло солнце – крыша приняла стандартный вид. Или, к примеру, задумайтесь о том, что человеку больше не нужно будет приобретать огромный парк бытовой техники – достаточно обзавестись определенным объемом программируемой материи и тогда по мере необходимости вы получаете любое бытовое устройство. Все эти возможности открывает перед нами современная наука – клэйтроника.

Клэйтроника – абстрактная концепция будущего, состоящая в объединении наномасштабных роботов и информатики с целью создания индивидуальных компьютеров атомных размеров. Они могут вступать в контакт друг с другом и создавать материальные 3D-объекты (рисунок 1), с которыми может взаимодействовать пользователь. Эта идея входит в более общую идею создания программируемой материи.

Активизирующим стимулом по разработке программного обеспечения является наличие устройств, которые модифицируют сами себя в заданном направлении. Клэйтроника по определению – это набор отдельных компонентов, называемых клэйтронными атомами или к-атомами. Чтобы обладать живучестью, к-атомы должны удовлетворять ряду критериев. Во-первых, к-атомы должны уметь двигаться в трехмерном пространстве друг относительно друга и быть способными соединяться друг с другом, образуя трехмерные конструкции. Во-вторых, к-атомы должны уметь общаться друг с другом и иметь возможность обрабатывать информацию о структуре конструкции, возможно, с помощью друг друга [1].

Исследователи Университета Карнеги-Меллона разработали различные прототипы к-атомов. Они варьируются от мелких кубиков до гигантских шаров, наполненных гелием [2]. Прототип на который больше всего надеются разработчики как на будущий к-атом – это плоский к-атом. Он имеет форму цилиндра диаметром 44 мм, который оснащен 24 электромагнитами, расположенными по его окружности. Движение к-атомов осуществляется совместно включением и выключением электромагнитов для того, чтобы катиться по поверхности друг друга. В каждый момент времени только на один электромагнит каждого к-атома подается энергия. Эти прототипы способны перенастроить себя довольно быстро. Разъединение двух блоков, передвижение к другой точке контакта и новое соединение занимает около 100 мс. Питание

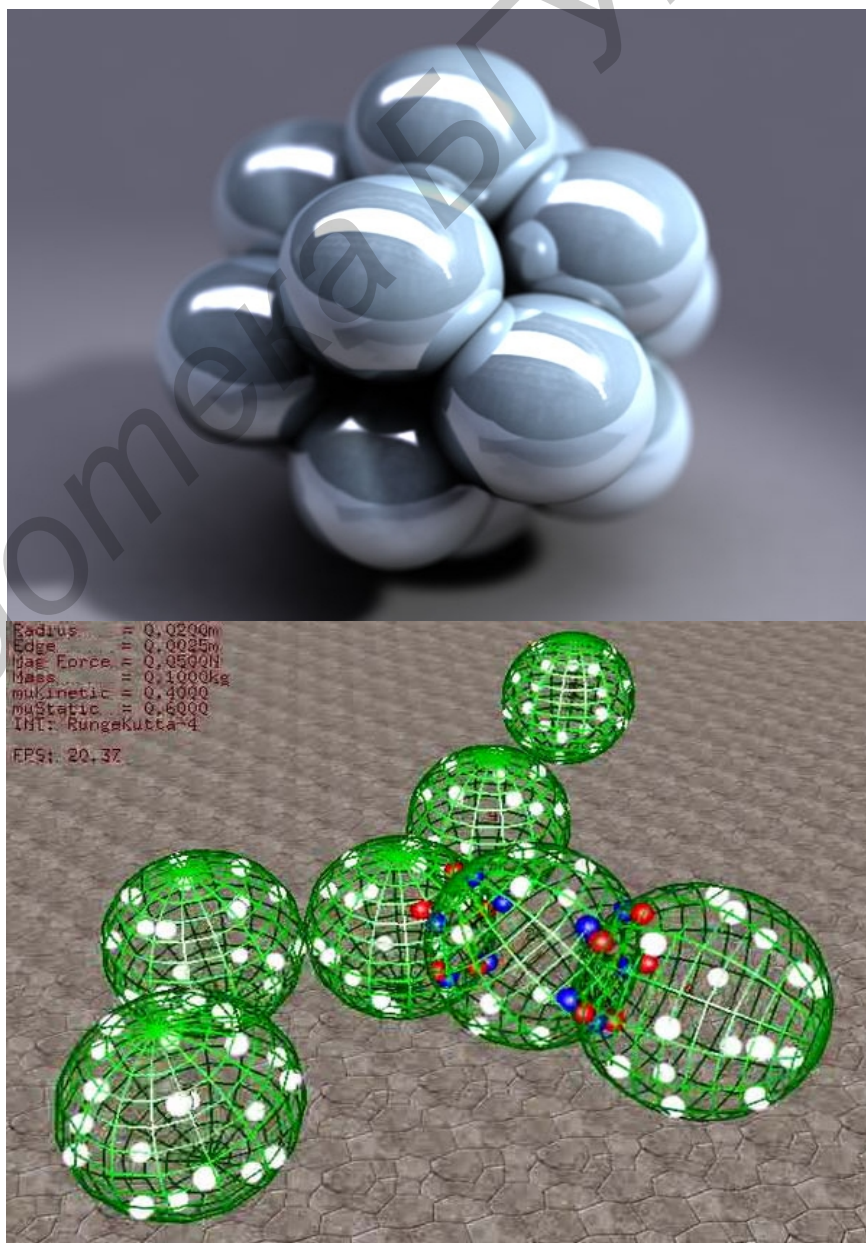


Рис. 1 – Взаимодействие к-атомов

подается на к-атомы через специальные ножки на дне цилиндра.

Современные конструкции к-атомов обеспечивают движение только в двух измерениях относительно друг друга, но будущие к-атомы должны будут перемещаться в трех измерениях. Целью ученых является разработка к-атомов миллиметрового размера без каких-либо движущихся частей, чтобы обеспечить высокую технологичность.

Поскольку к-атомы уменьшаются в размере, бортовой аккумулятор, требуемый для его работы, скоро будет превосходить размер самого к-атома, поэтому для решения проблем энергетики потребуются альтернативные решения. В настоящее время проводятся исследования по питанию всех к-атомов в ансамбле, по использованию контакта к-атома с к-атомом в качестве способа транспортировки энергии. В одном из вариантов изучается возможность использования специального стола с положительным и отрицательным электродами и передача энергии к-атомам с помощью «виртуальных проводов».

Еще одной важной задачей является разработка универсальных одинарных разъемов для к-атомов, с тем, чтобы время реконфигурации было на минимальном уровне. Нановолокна обеспечат возможное решение этой проблемы. Они допускают большое сцепление при малых размерах и обеспечивают низкий уровень энергопотребления, когда к-атомы находятся в состоянии покоя.

Организация всех связей и взаимодействий между миллионами к-атомов субмиллиметрового масштаба требует разработки новых алгоритмов и языков программирования. Лаборатория клэйтроники Карнеги-Меллона – Интел создала два новых языка программирования: *Meld* и ЛРП (Локально Распределенные Предикаты).

*Meld* – это декларативный язык, язык логического программирования, первоначально предназначенный для программирования оверлейных сетей [3]. С помощью логического программирования код для ансамбля роботов может быть интерпретирован с глобальной точки зрения, что позволяет программисту сосредоточиться на общей производительности клэйтронной матрицы, а не писать отдельные инструкции для каждого из нескольких тысяч или миллионов к-атомов в ансамбле. Это существенно упрощает процесс мышления при программировании движения клэйтронной матрицы.

ЛРП является реактивным языком программирования. В дополнение к языку, который позволяет программисту описывать операции при разработке матрицы формы, ЛРП может использоваться для анализа распределенных локальных условий. Он может работать со связанной группой модулей фиксированного размера, обеспечивая различные функции по управлению состоянием конфигурации. В ЛРП предусмотрены также средства для согласования взаимодействия распределенных структур. Это даёт возможность программисту манипулировать более широким набором переменных булевой логики, что позволяет программе делать поиск более крупных объектов для активного взаимодействия и строить стратегию поведения среди групп модулей [4].

Разработкой программируемой материи занята компания Интел. Инновационное вещество состоит из крошечных шариков, обладающих фотоэлектрическими свойствами и способных преобразовывать электрическую энергию. Эти шарики могут комбинироваться в различные структуры, "держась" друг за друга с помощью электростатических сил (похоже на то, как прилипает к стене воздушный шарик, потертый о волосы). Та или иная форма задается массе таких мини-сфер посредством специальных программ. Первые прототипы сфер имели диаметр, измеряемый в сантиметрах и миллиметрах, но пару лет назад ученым удалось добиться уменьшения диаметра частиц до 300 мкм – это в 4 раза толще человеческого волоса [5].

В рамках концепции программируемого вещества сотрудники Массачусетского технологического института работают с материалом, который они сами называют "умным песком". "Песок" состоит из кубов с гранями в 10 мкм, внутри которых находятся элементарные микропроцессоры, обладающие 2 кБ памяти и способные сохранять до 32 кБ программного кода. На четырех сторонах кубов расположены электроперманентные магниты – они нуждаются в электроэнергии только при включении и выключении и остаются намагниченными даже при прерывании электропитания. Магниты используются кубами для соединения друг с другом, для передачи энергии и для коммуникации.

Теоретически "песчинки" могут собраться в любую форму. Например, если положить в ящик с "умным песком" мини-копию нужного инструмента, через несколько секунд частицы сформируют полноразмерный предмет. После использования инструмента можно вернуть к родительскому песку, где он распадется на множество "песчинок", готовых к новым операциям. Интересно, что процесс создания вещи в данном случае идет не методом сборки из отдельных деталей, а отсеканием ненужного объема – подобно тому, как из-под резца скульптора возникает статуя. Правда, перед тем, как "умный песок" будет готов творить подобные чудеса, нужно во много раз уменьшить размер кубов, но ученые утверждают, что это вполне реально [6].

Будущее и воплощение достижений в области нанотехнологий и информатики, необходимые для клэйтроники, вполне реально, но для этого потребуются решить существующие проблемы и внедрить множество инновационных идей.

Список использованных источников:

1. Kirby, B. Catoms: Moving Robots Without Moving Parts / B. Kirby, S. Goldstein, T. Mowry, B. Aksak, J. Hoburg // AAAI – Robot Exhibition, 2005.
2. Karagozler, M. Ultralight Modular Robotic Building Blocks for the Rapid Development of Planetary Outposts / M. Karagozler, B. Kirby, S. Goldstein, W. Lee, E. Marinelli // Revolutionary Aerospace Systems Concepts Academic Linkage (RASC-AL), 2006.
3. Goldstein, S. Beyond Audio and Video: Using Claytronics to Enable Pario / S. Goldstein et al. // AI Magazine, 2009, N 30, Vol. 2, p. 29-45.
4. De Rosa, M. A Tale of Two Planners: Modular Robotic Planning with LDP / M. De Rosa, S. Goldstein, P. Lee, P. Pillai, J. Campbell // International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2009), 2009.
5. Karagozler, M. Stress-Driven MEMS Assembly + Electrostatic Forces = 1 mm Diameter Robot. / M. Karagozler, S. Goldstein, J. Reid // International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2009), 2009.
6. Gaudin, S. Intel sees future with shape-shifting robots, wireless power / S. Gaudin // Computerworld, 2008, N 9, p. 63–75.