

УДК 004.896

УМНАЯ ПЫЛЬ

Науменко Д.А., Рослик А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Определение

Не совсем привычным для высоких технологий термином 'умная пыль' называются миниатюрные сенсоры, которые обладают возможностями вычислений и беспроводной связи, а также памятью для хранения данных и чувствительными элементами для измерения параметров окружающей среды.

Умная пыль, утилитарный туман — это большое количество нанороботов, которые, взаимодействуя друг с другом, способны:

- сообща выполнять какие-либо действия,
- организовываться в различные формы, переходить из рассеянного состояния в монолитную структуру.

Современные достижения в области нанoeлектроники позволяют создавать не только микроскопические элементы для электронных устройств, но и сами электронные устройства размерами в несколько нанометров. Однако эти разработки пока еще далеки от практического применения. И одной из причин этому является невозможность традиционной радио и оптической связи при таких размерах. Но исследователи из технологического института штата Джорджия, похоже, нашли решение этой проблемы, приблизившись вплотную к созданию так называемой «умной пыли».

Если быть точным, то они создали прототип наноантенны из графена, которая может быть использована для связи с электронными компонентами в миллиметровом диапазоне длин радиоволн.

Уникальность самого графена в данном случае в том, что его свободные электроны, которые участвуют в переносе электрического заряда, движутся практически с постоянной скоростью, равной 0,3 от скорости света, причем независимо от их энергии. Это означает, что длина волны излучения или радиосигнала при использовании свободных электронов графена будет в несколько сотен раз меньше длин волн обычного электромагнитного излучения. То есть, используя графеновую наноантенну можно осуществить связь между отдельными электронными компонентами и их цепями в нанометровом размере с той же эффективностью, что и передавать сигналы традиционным способом, но с гораздо большими габаритами самих антенн.

При этом наноантенны потребляют значительно меньше энергии, чем те же лазеры, которые в принципе могли бы эффективно работать при таких маленьких размерах.

На практике это выглядит так. Внешнее электромагнитное поле, направленное на наноантенну, возбуждает в ней активность. При этом на поверхности графена высвобождаются свободные электроны (умная пыль), которые взаимодействуют с другими компонентами, установленными рядом с этой антенной. В результате получаем эффективно взаимодействующую между собой электронную схему, размеры которой составляют несколько нанометров.

И хотя концепция пока что не выходит за рамки практических наработок, потенциальное использование умной пыли, а также производящих ее антенн – просто неограниченно. Это и передача телевизионных и интернет сигналов по спутнику в значительно больших, чем сейчас объемах, и применение значительно меньших по размеру диагностических и лечебных приборов в медицине, и исследования в различных областях науки на новом уровне, и многое другое.

История

Заметим, что само понятие "умная пыль" — smartdust введено в научный обиход американским ученым из Калифорнийского университета еще в 2001 году. Впрочем, еще до

этого, а именно в 1992 году, в США было создано бюро, целью которого являлось создание компактных микроэлектронных и фотонных устройств, таких как, например, микропроцессоры. Работы велись очень активно, в результате чего в Национальной лаборатории Сандиа в тех же 90-х годах была создана модель робота MARV (Miniature Autonomous Robotic Vehicle), объемом всего лишь около одного кубического дюйма. Уже в 2000 году его размеры удалось уменьшить в четыре раза! Причем, несмотря на свои размеры "машинка" имеет процессор с памятью 8 Кбайт, датчик температуры, микрофон, видеокамеру, химический сенсор. В дальнейшем планировалось оборудовать этого робота беспроводной связью, чтобы несколько таких микророботов могли бы объединяться для решения какой-нибудь общей задачи.

Поколения

На первом этапе развития концепции 'умной пыли', создатели сенсоров усиленно стремились к уменьшению их размеров. Однако, опыт их внедрения показал, что миниатюризация не всегда приветствуется в промышленности. Поэтому первые образцы 'умной пыли', созданные корпорацией Intel, представляли собой платы размером 3 x 3 см.

Еще одно, уже реализованное применение новых сенсоров, - контроль за системами водоснабжения. Сенсоры устанавливаются на водопроводных трубах и сигнализируют о дрожании трубы, о влажности окружающей среды специальному шлюзу, расположенному где-то на фонаре или на доме в пределах досягаемости беспроводной связи сенсоров. Энергопитание сенсоров - от батареек, а шлюзов - от сети. В Бостоне такая сеть уже успешно эксплуатируется.

Сейчас создается второе поколение сенсоров 'умной пыли'. В их основе - 32-битный процессор XScale, а для сжатия информации используется специальный процессор, так же как и для обеспечения безопасности. Размеры новых сенсоров меньше, чем у предыдущего поколения почти в два раза. В новых сенсорах - большая RAM и FLASH-память и они могут работать на основе операционной системы Linux. Кроме этого, они обладают высокоскоростными возможностями ввода информации, например, с видеокамер.

Отдельное направление исследований - вопрос энергопитания. Есть, например, проекты питания сенсоров от солнечных батарей размером 10x10 см. Исследуются возможности преобразования вибрации механизмов в электроэнергию. С помощью сенсоров нового поколения планируется реализовать свою идею проактивных, или упреждающих вычислений'.

До сих пор компьютеры делают только то, что им говорит человек. А вот в будущем, наши ПК будут сами предугадывать наши потребности и самостоятельно действовать в наших интересах. Компьютер будет анализировать текущую обстановку, производить упреждающие вычисления и предлагать нам те или иные варианты возможных дальнейших действий, а в ряде случаев даже будет действовать сам, освобождая нас от необходимости совершения рутинных процедур.

Применение

Добавив такие микродатчики в краску, которой окрашивают самолеты, мы получим возможность получать сведения о состоянии его поверхностей. А если они будут в краске внутри помещений, то они смогут сигнализировать о пожаре, задымлении и даже превышении объемов содержания углекислоты. Конечно, подобная краска будет существенно дороже обычной, так что ее использование в жилых помещениях дело не слишком-то и близкого будущего, но вот на атомных подводных лодках и электростанциях ее вполне можно применять буквально уже завтра — дело лишь за "малым" — создать такие микроустройства и обеспечить им питание. Кстати, образец, размером в один кубический миллиметр, снабженный сенсором температуры, движения и радиопередатчиком сигналов, уже существует.

А что такое один миллиметр?! Очень заманчиво, считает Джошуа Смит, руководитель Лаборатории сенсорных систем при Вашингтонском университете в Сиэтле, покрыть все вокруг такими датчиками и дать им команду отслеживать интересующие нас явления и

объекты. Но тут встает проблема их энергетического обеспечения. Впрочем, над этой проблемой сегодня тоже работают, причем сразу в нескольких направлениях. Это могут быть и крошечные солнечные батареи, расположенные прямо на "спине" у этих крошечных роботов, и также термоэлектрогенераторы, преобразующие тепло в электрический ток.

Один из возможных способов ее применения, который придумали американские военные, - поражение танков противника: облако микророботов, несущих заряд, окутывает бронированную машину и взрывается. Либо физическое уничтожение сил противника с помощью микрозарядов взрывчатки. Будучи сброшенными с самолета (естественно, беспилотного) облако само автоматически ищет цели, разделяется на кластеры необходимого для их поражения размера, облепляет их, проникнув в незащищенные места, синхронно подрывается. Получившийся объемный взрыв сжигает системы управления техникой и опустошает самые защищенные бомбоубежища с максимальной эффективностью, недоступной обычным видам вооружения.

Более мирное применение, к примеру, разведка местности и шпионаж, требует гораздо более сложных программных алгоритмов и возможности использования сложных средств наблюдения и связи. Поэтому, по прогнозам специалистов, оно станет осуществимо с помощью умной пыли не ранее, чем в 2014-2017 гг. Сценарий действий здесь будет следующим. Распыленное в окрестностях важного объекта облако незаметно перемещается в его сторону, попутно выбирая оптимальные места для размещения специализированных субоблачков. Облако видеонаблюдения, каждая пылинка которого представляет собой отдельный пиксель матрицы с интерфейсом связи с соседями, стремится занять лучшую позицию для большего обзора пространства. Жучки (или, возможно, 'мошки') устанавливают контроль за звуками. Самая сложная часть, передача информации в штаб разведки, в ближайшее время вряд ли сможет обойтись без засылки агента с устройством, считывающим ее как в современных RFID-системах.

Роботы будут воспроизводить себе подобных из подручного материала и шпионить, передавая информацию в главный компьютер, а по команде из Центра пойдут в наступление: проникнут в тела вражеских солдат (убивая их или просто обездвигивая), остановят любой двигатель, переориентируют любой сигнал или же просто взорвутся, уничтожая технику и живую силу на огромной территории. Малдер сообщил, что американские ученые разработали несколько сенсорных сетей на принципе "умной пыли". Одна сеть проходит "боевые" испытания в Афганистане, где вооруженные силы США разместили несколько тысяч сенсоров с целью отслеживания передвижений боевой техники. Другая сеть используется на острове Дикой утки в штате Мэн, где с ее помощью ученые изучают миграцию буревестников, еще одна - в составе системы симулятора землетрясений в Беркли.

Впрочем, у роботов могут быть и мирные задачи, например, исследование околоземного пространства с помощью стаяк микроспутников. При этом возникает сложная проблема: как одновременно управлять множеством механизмов. Представим себе, что десятками тысяч роботов нужно управлять из одного центра. Там должен стоять мощный сверхкомпьютер, способный отследить положение каждого робота и дать ему инструкцию. Это требует огромных затрат времени, а кроме того, весьма небезопасно: управляющий центр может выйти из строя. Значительно проще дать возможность каждому роботу принимать самостоятельные решения и координировать свои действия с действиями соседей.

Рои (колонии) нанороботов были бы незаменимыми помощниками в освоении космоса, других планет (например, участвуя в терраформировании). Большие перспективы видятся в использовании умной пыли в сфере телекоммуникаций и связи, есть на неё свои виды и у экологов.

Вероятно, нанороботы не будут стандартизированы (исключая некоторые узлы, отвечающие за связь и взаимодействие), их конструкция будет варьироваться в зависимости от задач колонии.

Большой интерес умная материя представляет и для военно-промышленного комплекса. Рои подобных устройств могут блокировать связь, электронику, воздействовать

на системы управления вооружением и т.д. Причём это не компьютерные вирусы, это возможность воздействия как механически (банально нажать на кнопку), так и электромагнитными волнами и на программном уровне (внедряя заданный код непосредственно в систему).

Разработки в сфере умной пыли ведутся и в России, в частности для обеспечения безопасности шахтёров.

Несмотря на перекося в сторону вооружений, колонии нанороботов были бы уместны в медицине (хирургические операции без внешних разрезов, когда колония повинувшись командам специалиста оперирует пациента изнутри).

Разумеется, интересно применение в быту: из тумана можно создать любой предмет мебели и тут же переделать его, изменить под свои задачи: пространство вокруг человека стало бы чище.

В сфере взглядов на будущее социума, колонии нанороботов способствовали бы избавлению людей от мешанства, вещиизма, освобождая разум, время и ресурсы на действительно достойные задачи.

Первые испытания “умной пыли” проводились в марте 2001 года на военной базе в Калифорнии. Тогда с самолета было сброшено шесть “умных пылинок”. Попадая на землю, они тут же объединились в беспроводную сеть и приступили к измерению напряженности магнитного поля вокруг себя. А после того как мимо проехала машина, принялись рассчитывать ее скорость и определять направление движения, сообщая эти данные переносному компьютеру, находящемуся в ближайшем лагере.

Каждое лето остров Дикой Утки в двенадцати милях от берегов штата Мэн подвергается массовому нашествию морских птиц, собирающихся здесь для выведения потомства. Чтобы выяснить, сколько птенцов они высидивают и какие условия для этого требуются, орнитологу Джону Андерсону приходилось каждый сезон обследовать тысячи норок, выбиваясь из сил и нарушая покой птиц. После того как два года назад Андерсон и его группа разбросали по острову сеть “умных пылинок” и подключили питающуюся от солнечной батареи базовую станцию к Интернету, их жизнь и работа коренным образом изменились. “Вы можете находиться в любой точке мира, – восхищается Андерсон, – и знать, что в данный момент происходит в любой из норок, куда мы подбросили наши маленькие и незаметные сенсоры”.

В прошлом году биолог университета Калифорнии в Беркли Тодд Доусон развернул в местном ботаническом саду сеть из 80 миниатюрных приборов производства корпорации Intel и получил первую в мире трехмерную картину изменений микроклимата в вечнозеленом лесу.

Другие исследователи испытывают «motes» в качестве средства для моделирования последствий землетрясений, мониторинга движения транспорта в военных зонах, использования воды в сельскохозяйственных угодьях, получения информации о состоянии зданий, дорог, загрязнении водоемов – этот перечень можно продолжать до бесконечности. В частности, это будет очень важно для тех «motes», которые будут использоваться в городах для обнаружения признаков нападения биотеррористов.

Сложности

- размеры сенсоров (многие компании проводят эксперименты с самоорганизующимися роботами не нано размеров, речь идёт о роботах в 3-5 мм.),
- энергоэффективность и энергопотребление (например, помимо работы от солнечной энергии, необходимо обеспечить роботов аккумуляторами, для периодов, когда солнце недоступно. Впрочем, в начале развития данной сферы вполне уместно впадение колонии в спячку в тёмное время суток, с последующим восстановлением как структуры, так и функций.),
- управление роем нанороботов — это целый пласт проблем, одна из которых — точное позиционирование каждого из роботов, причём важно отслеживать процесс в динамике в 3-х

мерном пространстве (к слову здесь весьма уместны наработки в сфере виртуальной реальности и игровой индустрии).

- стоимость отдельного наноробота: от рентабельности никуда не уйти, значительную часть исследований финансируют частные компании (Intel, Microsoft и т.д.).

Недалекое будущее

Вообще же, сценариев, в которых могли бы быть рационально использованы сенсорные сети, великое множество: от наблюдения за состоянием виноградника (влажность, температура, зрелость, наличие вредоносных насекомых) до полноценной системы обеспечения безопасности, которая сможет контролировать буквально все: от наличия нарушителей в подконтрольной зоне до мониторинга атмосферы на предмет радиации и ядовитых веществ. В идеале же в будущем сенсорами будет оборудовано все - от городских зданий и автомобилей до тела человека.

Американские физики открыли, что нанотрубка резонирует с радиополем. На базе этого они построили приемник, который может принимать сигналы извне на частоте порядка 300;400 мегагерц, то есть радиодиапазон трубки можно настраивать. Трубка служит и антенной, и приемником. Следующая задача для сенсорных сетей в перспективе - это их внедрение на микро- и наноуровне. В организм человека, в здание, в сооружение и так далее. Лет через десять лет нанотехнологии с нанопередатчиками войдут в нашу повседневную жизнь.

Пока 'пылинки' из 'умной пыли' если и напоминают традиционную пыль, то только если смотреть на них с очень большого расстояния. Хотя маленькие коробочки микроконтроллеров уже достаточно миниатюрны, чтобы широко использоваться. Но это, как обычно, лишь начало пути.

Литература

1. Журнал «Самиздат»/Умная пыль и сверх человек
http://samlib.ru/s/sibirjanin_i/dust.shtml
2. Популярная электроника/Наноэлектроника/Умная пыль
<http://scsiexplorer.com.ua/index.php/novie-razrabotki/nanoelektronika.html?start=15>.
3. СБ/Статья «Игры разума»
<http://www.sb.by/luchshee-iz-interneta-vybor-redaktsii-portala/article/igry-razuma-165827.html>