

МНЕ ИДЕТ ЭТОТ КОМПЬЮТЕР? ЭЛЕКТРОНИКА, ВПЛЕТЕННАЯ В ТКАНЬ, СТАНОВИТСЯ МОДНОЙ

О. Володарский

С висящим на плече мобильником, прикрепленным к ремню пейджером, повисшей на шее цифровой камерой, выпирающим карманным компьютером и пришпиленным к рубашке MP3-плеером мы очень похожи на упакованного электроникой мула. Но уже появилась более разносторонняя и даже изящная альтернатива: электронный текстиль (е-ткань). Рубашка, пальто или свитер, даже напольный ковер становятся электронными устройствами, способными реагировать на физическое состояние или действия владельца. Токпроводящие нити, вплетенные в ткань, подводят энергию к датчикам, исполнительным устройствам и микроконтроллерам, встроенным в эту же ткань. Программное обеспечение управляет связью внутри "тканой сети" (on-fabric network) и поддерживает передачу радиосигналов ПК, карманному компьютеру или сети Интернет в стандарте Bluetooth или любой подходящей версии IEEE 802.11.

Применение электронной одежды весьма разнообразно. Например, армейский командир может контролировать взвод солдат, одетых в смарт-рубашки, сообщающие ему их жизненно важные характеристики в реальном времени. Во время боя командир получает сведения о тех, кто ранен, и кому нужно немедленно оказать помощь. Бригадир пожарных может вести наблюдение за их действиями так, как если бы он находился в горящем здании. Когда датчики на одежде пожарных сообщат, что в помещении слишком много опасных паров, что оно слишком задымлено или что пожар слишком распространился, он может отдать бригаде команду покинуть здание.

Электронная одежда большое благо и для спортсменов. Вместо висящих на теле пловца, как щупальца медузы, электродов, следящих за его физическим состоянием, на нем будет гладкий, приятный костюм, который к тому же сможет помогать ему и во время тренировок. И пятикратный победитель Тур де Франс Ланс Армстронг, потерявший 6,5 кг во время первой индивидуальной гонки на время 2003 года, мог бы воспользоваться гоночным костюмом с датчиками температуры, влажности и частоты пульса. Разработки подобной электронной одежды уже активно ведутся.

Ученые технологического института Тампере и Университета Лапландии (Финляндия) разработали, а изготовитель верхней одежды фирма Reima Oy выпустила для водителей снегоуборщиков опыт-

ные образцы куртки, жилета, брюк и нижнего белья, которые можно стирать в стиральной машине. В куртку вмонтирован чип, обеспечивающий связь в GSM-стандарте, сенсоры, контролирующие положение, перемещение и температуру водителя, сенсор электрической проводимости и два акселератора ударных ускорений. Куртка автоматически обнаруживает столкновения и посылает пункту скорой помощи SMS, содержащее координаты водителя, данные об условиях окружающей среды, а также сведения о состоянии сердечной деятельности, передаваемые датчиком, вмонтированным в нижнее белье.

Прекрасно! Но если вы не планируете службу в армии, участие в боях или соревнованиях, подобных Тур де Франс? Если вы не интересуетесь плаванием и уборкой снега? Ну что ж, это ваше дело. Но это не должно ослабить ваш интерес к электронному текстилю, функциональные возможности которого непрерывно расширяются, благодаря чему удастся не только поддержать вашу жизнедеятельность, но и существенно разнообразить ваши любимые развлечения и занятия. Так, еще в мае 2002 года фирма Infineon Technologies, ее партнер Vorwerk & Co и компания Teppichwerke сообщили о создании ковра, способного обнаруживать движение в помещении, в том числе нежелательное вторжение, и даже указывать пути выхода из него в случае пожара. Ткань ковра соткана вместе с токопроводящими волокнами, в нее встроены датчики давления и температуры, чипы с датчиками вибрации. К тому же ковер усыпан светодиодами. А организация France Telecom в 2002 году продемонстрировала дисплей, выполненный из плетеных оптических волокон, которые можно ткать с обычным текстилем. На футболке или рюкзаке с таким дисплеем можно воспроизводить текст и изображения, включая видео- и рекламные логотипы. А шарфы и фурнитура из ткани с оптическими волокнами могут изменять цвет в зависимости от условий окружающей среды.

Для тех, кто не желает видеть с утра до вечера один и тот же интерьер помещения, фирма International Fashion Machines совместно с Массачусетским технологическим институтом предлагает электронные обои с рисунком "шотландка" (в клеточку). Экземпляр таких обоев уже можно увидеть на выставке дизайнера в Национальном музее в Нью-Йорке. Обои медленно меняют цвет и рисунок по мере нагрева и охлаждения проводящими волокнами нитей ткани с термочувствительным покрытием. Все эти опытные образцы – небольшой пример разнообразных возможностей волокон и тканей,



из которых можно создавать одежду, ковры, обивку или даже обои. В сочетании с компьютерной и сетевой отказоустойчивой архитектурой такой е-текстиль может стать платформой для средств контроля за здоровьем владельца, систем связи, мультимедийных устройств и средств изменения художественного оформления помещений.

Не оставляют своим вниманием проблемы электронной одежды и разработчики электронных компонентов. На Международной конференции по электронным приборам (IEDM) 2003 года исследователи Берклийского университета шт. Калифорния собирались впервые доложить о построении пластмассовых транзисторов непосредственно на волокнах ткани с тем, чтобы "встроить" в одежду и в разнообразные покрытия средства осязания, предупреждения владельца о возникновении нестандартной ситуации и воспроизведения изображения. В процессе изготовления транзисторов, совместимом с производством ткани, в качестве токопроводящих линий использовались алюминиевые проволоки диаметром 125 мкм, пригодные для вплетения в е-ткань. Интересно, что при формировании транзисторов разработчики обошлись без обычного процесса литографии. Вместо этого для создания требуемой топологии был использован естественный рисунок сотканной поверх металлических нитей ткани, волокна которой диаметром 50 мкм создавали естественную ортогональную маску. Транзисторы размером ~125/50 мкм формировались в открытых при напылении органического полупроводника (пентасена) областях, образуемых на поверхности металлических нитей при пересечении волокон. Для получения контактов стока/истока осаждали пленку золота толщиной 100 нм. Подвижность электронов при напряжении 20 В превышала 0,01 см²/В·с. Изготовленные транзисторы подобны обычным перевернутым тонкопленочным транзисторам и легко интегрируются в е-ткань.

МАТЬ ВСЕХ ПРИГОДНЫХ ДЛЯ НОСКИ МАТЕРИНСКИХ ПЛАТ

Некоторые предметы электронной одежды появятся на нашей вешалке (или на местных пожарных) уже в следующие пять лет. А через пару лет ковер фирмы Infineon Technologies и обои фирмы International Fashion Machines могут стать хитом продаж. По-видимому, то же ждет и смарт-рубашки для младенцев.

Название "смарт-рубашка" возникло в конце 90-х, когда журналисты использовали этот термин для описания пригодной для носки материнской платы, разработанной учеными Технологического университета шт. Джорджия при финансовой поддержке ВМС США. При этом ставилась задача создания амуниции, позволяющей обнаруживать солдат, раненных пулей в бою. Подобно обычной материнской плате компьютера, пригодная для носки материнская плата позволяет одежде выполнять разнообразные электронные функции. С ее помощью в одежду из вязаного или сотканного е-текстиля могут быть встроены разнообразные датчики, процессоры и устройства связи. Е-ткань ткется из сочетания хлопка и полиэстера совместно с проводящими полимерными и металлическими нитями, а также с оптическими волокнами, разрыв которых и позволяет точно определить место, где прошла пуля.

С помощью датчиков такие ткани могут также использоваться для контроля основных показателей состояния организма человека (пульса, дыхания, температуры, кровяного давления). Размером с монету датчики, названные Т-соединителями, размещают на теле контролируемого человека (над сердцем, диафрагмой и т.п.) и подсоединяют к расположенным на рубашке крошечным, диаметром 5 мм, разъемам, выглядящим маленькими пятнышками на ней. В зависимости от назначения одежда может иметь множество или

даже сотни соединителей. Гибкая шина данных, встроенная в ткань, передает сигналы датчиков контроллеру смарт-рубашки, смонтированному в пластмассовый корпус размером с пейджер. Назначение контроллера – обработка сигналов, характеризующих основные показатели состояния организма человека, например сигналов датчика сердечной деятельности, и передача их персональным цифровым помощникам или ПК по беспроводному каналу связи стандарта Bluetooth или IEEE 802.11b. Контроллер выполнен на стандартном чип-сете, питается от батарейки для часов. Он пристегивается к ткани подобно обычной молнии. При удалении пристегнутых устройств амуницию можно бросить в стиральную машину.

Свойства электронной одежды использовали специалисты фирмы Sensatex, создавшие на основании лицензии, приобретенной у Технологического института шт. Джорджия, так называемую смарт-рубашку для младенцев, обещающую положить конец синдрому внезапной смерти, или SIDS, ежегодно уносящему жизни тысячи спящих младенцев. Укомплектованная датчиками контроля сердечной деятельности, частоты дыхания и температуры тела рубашка сможет предупредить родителей об остановке дыхания младенца, передав сигнал тревоги часам, карманному или персональному компьютеру родителей. Показатели состояния организма младенца могут быть выведены и на дисплей в спальне родителей младенца. Такой дисплей может быть также установлен в приемной врача или в больнице.

Интерес представляет разработанная фирмой Philips встраиваемая в одежду биомедицинская система постоянного контроля состояния организма и автоматического оперативного диагностирования. Технология формирования "сухих" электродов позволяет встраивать их в обычные предметы одежды (бюстгальтеры, шорты или ремни). Система принимает сигналы двух источников: датчиков, сотканых с тканью и предназначенных для снятия ЭКГ, и акселерометров, фиксирующих передвижения. Поступающие сигналы обрабатываются модулем сверхмалой толщины (габариты – 10x2 см, толщина – 2 мм), содержащим сигнальный процессор с ультранизкой потребляемой мощностью, флэш-память емкостью 64 Мбайт для хранения собранных за три месяца данных о физическом состоянии пациента, батарею и средства беспроводной связи стандарта ISM, Bluetooth, DECT или GSM. Модуль помещается в специальный карман электронной одежды. При его удалении одежду с встроенными электродами можно стирать.

НАДЕЖНОСТЬ ЧЕРЕЗ ИЗБЫТОЧНОСТЬ

Сотканые сложные системы на основе е-ткани бросают вызов конструкторам как одежды, так и умных систем. Как смогут датчики, процессоры и контроллеры соответствовать друг другу? Какое необходимо программное обеспечение, чтобы гарантировать отказоустойчивость системы и качество услуг, предоставляемых не только одеждой, но и внешними устройствами? Возможно ли создание иерархического плана производства, сродни планам, используемым в полупроводниковой промышленности?

Хотя различные проекты доказали возможность создания пригодной для носки электронной одежды, ни один из них не дал универсальной методики ее изготовления, позволяющей полностью оценить и подтвердить правильное функционирование устройств е-ткани. А без такого подтверждения невозможно формирование промышленности на базе этой технологии. Сегодня при проектировании обычной микросхемы разработчик устанавливает ее соответствие имеющимся основным элементам архитектуры с учетом конкретных требований к ее производительности, занимаемой площади и потребляемой энергии. После выполнения всех требований

разработанный образец проходит всесторонние испытания. Полномасштабное производство начинается только после того, как микросхема успешно выдержит проверку.

Но такая методика проектирования не пригодна для "тканых" сетей большой площади, подобных тем, которые образуются в электронных коврах. Ключ к надежности и воспроизводству, другими словами, к возможности освоения производства электронной одежды – разделение е-ткани. Разбивая прикладные задачи на небольшие выполняемые локально части, можно минимизировать степень взаимодействия узлов обработки данных. В результате снизится вероятность перегрузки линий связи или потери пакетов данных среди взаимодействующих узлов или датчиков.

В зависимости от области применения электронная ткань содержит много десятков и даже сотен датчиков и устройств обработки данных, производительность, объем локальной памяти и потребляемая мощность которых ограничены: тактовая частота – до 100 МГц, объем памяти – не более 64 Кбит, мощность – не более нескольких десятков милливатт. Ясно, что эти устройства не могут полностью выполнять функции "настольного компьютера на ткани", сотового телефона, персонального цифрового помощника, телевизионной приставки, поскольку издержки производства е-ткани должны быть достаточно низкими. К тому же, от нее требуется высокая надежность и гарантированная долгосрочная работа электронных устройств. Вот почему в е-ткани неизбежно размещено больше неработающих процессоров и токопроводящих соединений, чем в других встроенных устройствах. И еще, в отличие от телевизионной приставки, одежда изнашивается, стирается и рвется. Ковры пылесосят, моют шампунем. Это означает, что е-ткань должна быть стойкой к износу и разрывам.

Следуя закону Мура, микросхемы, наряду с увеличением сложности, дешевеют, благодаря чему избыточность становится рентабельным ключом к обеспечению высокой надежности систем е-ткани. Объединение в сеть сотен процессоров, датчиков и контроллеров позволяет предметам одежды автоматически перераспределять рабочую нагрузку при отказе процессора или повышать качество услуг, в случае если оно оказывается ниже заданного уровня. Так, некоторые приложения допускают "изысканную" деградацию качества, когда часть датчиков или узлов обработки выходят из строя.

Пример применения избыточности для обеспечения высокой надежности е-ткани – система, созданная учеными Университета Карнеги-Меллона и предназначенная для сохранения работоспособности ткани, регистрирующей звуковой поток, при снижении напряжения питания ее устройств. В ткань, разработанную специалистами Политехнического института шт. Виргиния и Государственного университета в Блэксбурге, вплетено множество микрофонов, служащих для перехвата звуковых сигналов, позволяющих определить положение танка. При отказе одного из узлов ткани в результате разряда батареи избыточный узел и соответствующая ему батарея продолжают расчеты и завершают решение задачи. Передача задачи происходит прозрачно, позволяя избежать столкновения в канале связи, когда слишком многие узлы стремятся отправить свои расчеты резервным узлам. В случае, когда половина узлов резервные, срок жизни системы можно продлить на 80% без ухудшения ее качества.

Правильно разработанные, заранее запрограммированные узлы могут быть перепрограммированы в случае изменения режимов эксплуатации. Например, истинно "разумная" ткань может выполнять функции передачи пакетов данных или контрольных сигналов о появлении пулевого отверстия в одежде солдата, а также о влажности одежды младенца.

Специалистами Университета Карнеги-Меллона создано еще несколько опытных образцов системы обеспечения защиты и безопасности работы е-тканей, в том числе тканей с узлами обработки данных и матрицей встроенных температурных датчиков, контролирующей температуру внутри и вне костюма пожарных. Сейчас в образце такой ткани для измерения температуры используются один главный узел для сбора данных и матрица из восьми служебных термочувствительных узлов. Чтобы продлить срок службы ткани, каждый дополнительный узел может быть использован в качестве резервного. Все узлы выполнены на базе несложных микроконтроллеров MSP430 фирмы Texas Instruments, работающих на тактовой частоте 8 МГц. Объем памяти контроллера 64 Кбит, потребляемая мощность 1 мВт. Вариант такой пригодной для носки ткани может быть использован и в качестве обоев, "опознающих" опасное для проникновения пожарных помещение.

В еще одном образце "умной" ткани Университета Карнеги-Меллона для анализа изображения при возможном вторжении в здание и последующей пересылки видеоданных дисплею центрального пульта охраны в каждом измерительном узле установлены миниатюрные камеры и процессоры 8051 фирмы Atmel, работающие на тактовой частоте 70 МГц и потребляющие мощность до 500 мВт каждый. Избыточные устройства поддерживают работу системы в случае разрядки батареи или других неисправностях.

СУМЕЕТ ЛИ РЫНОК НАЙТИ СВОЮ "ИЗЮМИНКУ"?

Развитие рынка сдерживается недостаточным объемом совместных работ, проводимых специалистами электронной и текстильной отраслей промышленности. Создание электронной ткани и одежды требует новых технологий, новых конструкций, новых процессов и, самое главное, новой философии проектирования и изготовления крупноформатных информационных систем. Поэтому следует поощрять создание коллективов разработчиков, в которые входят специалисты различных дисциплин.

Другой фактор сдерживания развития рынка электронной одежды – отсутствие системы-приманки, способной стимулировать его процветание. Скорее всего, пока развитие получают такие ниши рынка, как одежда для контроля SIDS-синдрома, е-ткани военного назначения и спортивное белье. Так, в целевой программе вооружения солдат Армии США 2010 года ведутся исследования новых материалов, которые позволят вплетать разнообразные антенны, шины питания и передачи данных в амуницию. Цель программы – превратить солдата в узел сети на поле боевых действий, уменьшив при этом вес его одежды с 4,5 до 1,8 кг. Чтобы продвинуться на более широкий потребительский рынок, одного желания нескольких подростков проигрывать мелодии MP3 прямо на своих свитерах недостаточно. Возможно, рост интереса к электронной одежде смогут вызвать многофункциональные костюмы, не только считающие потребляемые калории, но меняющие свой цвет, или предметы одежды, автоматически подтверждающие право доступа в ту или иную охраняемую среду. В ряде случаев секретность и проблемы безопасности будут играть критическую роль в принятии решения потребителя. Эти соображения относятся и к другим изделиям бытовой электроники, но никак не останавливают производство мобильных телефонов и карманных компьютеров, ставших неотъемлемыми атрибутами современной жизни.

Отличным доводом в пользу перехода к готовым для носки электронным изделиям мог бы стать и фактор удобства. В конце концов, только в фантастических снах мы выходим из дома не одетыми, но когда бодрствуем, то уходя, берем с собой мобильник. ○