

Universidad Católica
“Nuestra Señora de la Asunción”
Facultad de Ciencias y Tecnologías

TAI 2

***“REDES DE SENSORES
INALAMBRICOS”***

Prof: Juan de Urraza

Victor E. Dejesús Zarza

Asunción – Paraguay
2007

e-mail: nelodejesus@gmail.com

INDICE

<i>INTRODUCCION</i>	3
<i>SMART DUST</i>	4
<i>HISTORIA</i>	5
<i>TECNOLOGIA DE SMART DUST</i>	8
<i>CONSIDERACIONES</i>	11
<i>APLICACIONES</i>	13
<i>FUTURO DE SMART DUST</i>	16
<i>CONCLUSION</i>	17
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	17

INTRODUCCION

Una *red de sensores* es una red de ordenadores pequeñísimos, equipados con sensores, que colaboran en una tarea común: adquisición y tratamiento de datos. Tiene múltiples aplicaciones en distintos campos tales como entornos industriales, domótica, entornos militares, detección ambiental (temperatura, presión, luz, actividad sísmica), etc.

Las redes de sensores con cable no son nuevas y son ampliamente utilizadas. Muchos sensores en fábricas o coches por ejemplo, tienen su propia red que se conecta con un ordenador o una caja de controles a través de un cable y, al detectar una anomalía, envían un aviso a la caja de controles. Pero nuevos avances de la nanotecnología en la fabricación de microchips de radio, nuevas formas de routers y nuevos programas informáticos relacionados con redes están logrando eliminar los cables de las redes de sensores, multiplicando así su potencial. La diferencia entre las redes de sensores que todos conocemos y la nueva generación de *redes de sensores sin cable* es que estos últimos son inteligentes (es decir, capaces de poner en marcha una acción según la información que vayan acumulando) autónomos, y no son limitados por un cable fijo, pueden utilizar distintas tecnologías de transmisión inalámbrica ya existentes, lo que le da una flexibilidad extraordinaria y nuevos campos de aplicación a estas redes.

La miniaturización de ordenadores dio a luz la idea de desarrollar computadoras extremadamente pequeñas y baratas que se comunican de forma inalámbrica y se organizan autónomamente. La idea de estas redes es repartir aleatoriamente estos nodos en un territorio grande, el cual los nodos observan hasta que sus recursos energéticos se agoten. Los atributos «pequeño», «barato» y «autónomo» dieron a conocer la idea como *Smart dust* (*polvo inteligente*).

SMART DUST

Hacer cada vez más pequeños los dispositivos, aumentar la conectividad, y mejorar la interacción con el mundo físico son las principales características de la historia de la computación y la electrónica. Hoy día, la popularidad de los dispositivos pequeños, como algunas computadoras y los teléfonos celulares ayudaron al crecimiento de Internet y las redes.

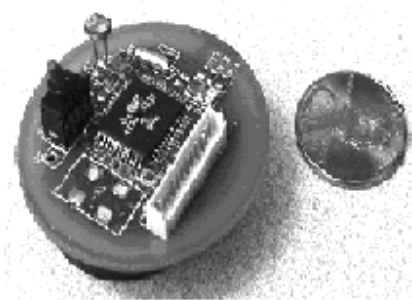
La aparición y el desarrollo de pequeños dispositivos de computo con algún tipo de conectividad, y mayor interacción de estos con el ambiente, ofrece nuevas oportunidades y formas de relacionamiento entre las computadoras y las personas e incentiva la investigación y el desarrollo en este campo, ya que los avances y descubrimientos se siguen dando hasta hoy y la tendencia muestra que todavía queda mucho por hacer.

El proyecto "*Smart Dust*" esta explorando las posibilidades y limitaciones de la nanoelectronica y la microfabricacion para determinar como un dispositivo sensorial autónomo, mas lógica computacional, un sistema de comunicación, y otros mecanismos como por ejemplo lo son un suministro propio de energía, pueden ser empaquetados en una "*mota*" de un milímetro cúbico, o menos, para formar la base de una red de sensores integrada que pueda ser masivamente distribuida.

Debido a su tamaño, flexibilidad, múltiples funcionalidades y aplicaciones, y a su bajo costo, smart dust facilitara nuevos e innovadores métodos de interacción entre las personas y la tecnología con el ambiente, haciendo posible la recolección de información y datos de lugares que antes resultaban inaccesibles, o si lo eran, el despliegue de tecnología y el costo, eran muy elevados.

HISTORIA

La idea de Smart Dust fue concebida por el Dr. Kristofer Pister (Universidad de California, Berkeley) en 1998. Su propuesta fue la de construir un dispositivo con un sensor, un sistema de comunicación, y una pequeña computadora, todo integrado en una sola plataforma. La DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) financio el proyecto, y su meta fue que todo el sistema se integre en un milímetro cúbico (como parámetro de comparación, un grano de arroz tiene un volumen aproximado de 5 milímetros cúbicos).

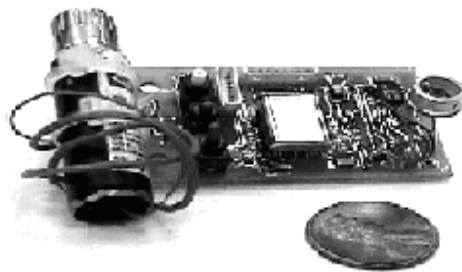


En los comienzos del proyecto, el equipo gano experiencia construyendo motas relativamente grandes usando los componentes disponibles. Las motas se llamaban "RF Mote", tenían sensores de temperatura, humedad, presión barométrica, intensidad luminosa, vibraciones y campos magnéticos, y se comunicaban a distancias de hasta 60 pies usando frecuencias de radio (RF). Trabajando continuamente, sus baterías duraban casi una semana.

Uno de los principales desafíos del equipo de Smart Dust era el suministro de energía de las pequeñas motas. Baterías pequeñas ayudaban a minimizar el tamaño de las motas, pero la energía que suministraban no era como la de las pilas tradicionales, y entonces, las motas tenían expectativas de vida muy corta. La duración de las baterías era vital en aplicaciones donde resultaba muy costoso, problemático, o imposible, la recuperación de las motas para un reemplazo de baterías, como por ejemplo durante el monitoreo de la humedad y temperatura con las motas el interior de las paredes de un edificio.

Ahora, los problemas a enfrentar eran dos: la miniaturización de las motas, y la duración de sus baterías, primeramente optaron por darle prioridad al primer problema. Sin embargo, el equipo empezó a desarrollar técnicas de ahorro de la energía disponible para prolongar la vida de las baterías. El primer paso fue dado por el Dr. David Culler, que propuso el diseño de un software que le permitiría a las motas “dormir” mientras se encuentran inactivas, y solo “despertar” cuando le tocaba realizar lecturas o comunicarse con otras motas.

También equiparon algunas motas con sistemas de comunicación óptica, ya que esto ayudaba a reducir el consumo de energía y el tamaño de las motas. Con este esquema, se les llamaba “activas” a las motas que llevaban un transmisor, este era similar al de los punteros láser que se usan para realizar presentaciones. A esto se le sumo el concepto de “transmisión pasiva”. Una mota con un sistema de comunicación pasiva no posee una fuente de luz “onboard”, en su lugar tiene una serie de pequeños espejos controlados por una pequeña carga eléctrica. Cuando la mota es apuntada por el láser, esta puede rápidamente ajustar la posición de sus espejos para enviar mensajes codificados en pulsos de luz; entonces el mensaje puede ser leído por un receptor óptico especial. Esta comunicación pasiva redujo el consumo de energía en las motas, pero tenía muchas limitaciones, ya que las motas pasivas no podían “comunicarse” con otras motas, y su comunicación dependía de una estación central equipada con una fuente óptica para enviar y para recibir datos de otras motas.



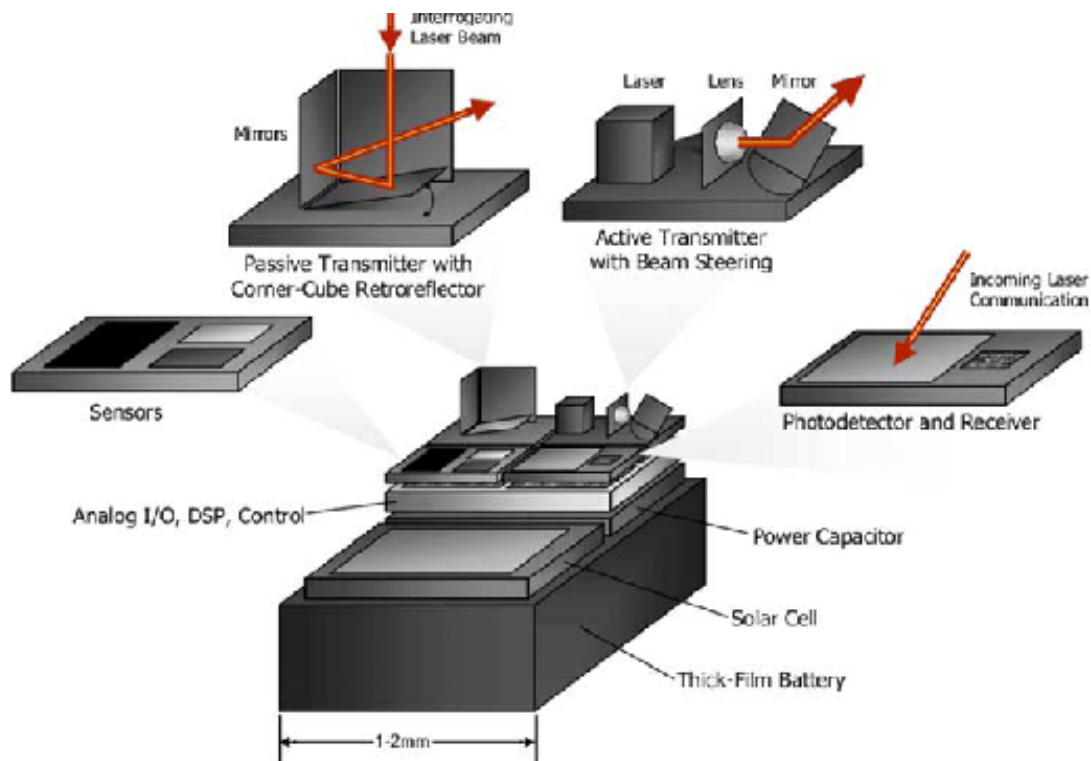
El esquema de comunicación de motas más común fue la utilización de señales de frecuencias de radio (RF) para distancias relativamente cortas. Esto permitió a los diseñadores reducir el tamaño de las motas, ya que el consumo de energía no era excesivo. Para lograr mayores alcances las motas iban pasando los mensajes o sus vecinos más cercanos, y este a su vez lo volvía a reenviar, hasta que el mensaje llegaba a su destino, que era la “Estación de Monitoreo Central” asociada con ese grupo de motas.

Lo que se buscaba era una red de motas robusta, esto es, una red que continúe operando inclusive si una de sus trayectorias de comunicación fallara, y si se metía una mota en una red ya existente, esta se tenía que adaptar a la red y mezclarse con las otras motas para formar una red más grande, y si una de estas motas falla, otras motas pueden tomar el control de su información. Todo esto puede ser visto como un equipo de fútbol pasándose la pelota hasta llegar al gol.

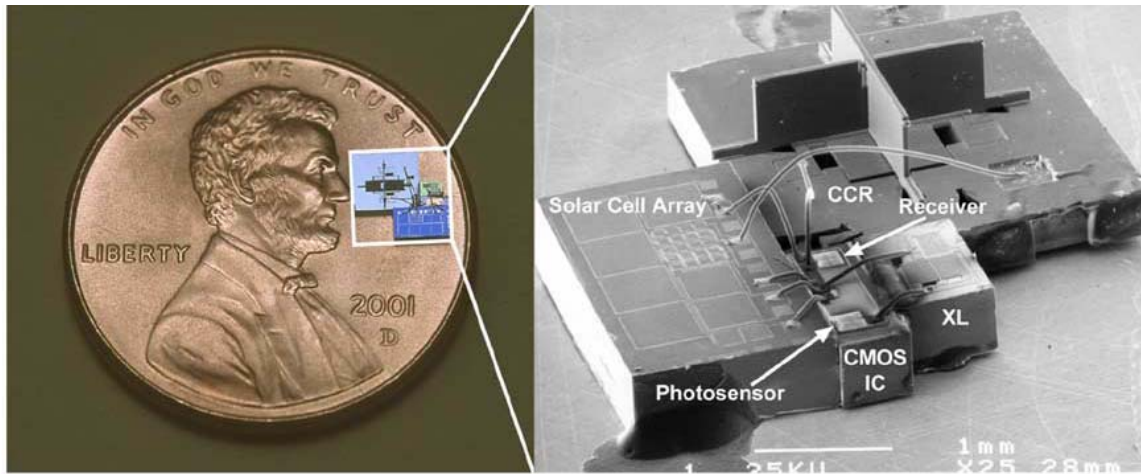
Durante el desarrollo de Smart Dust, el Dr. Culler junto con un equipo de investigadores de la UC Berkeley crearon un sistema operativo llamado TinyOS, que una vez instalado en la mota, este era el responsable de operar el dispositivo, controlando el consumo de energía y la comunicación con las otras motas de la red. El software puede ser descargado de www.tinyos.net.

LA TECNOLOGÍA DE SMART DUST

La meta del proyecto Smart Dust es, como ya mencionamos, integrar en una sola plataforma sensores MEMS, un diodo láser, arreglos de espejos MEMS para la transmisión óptica, un receptor óptico, un circuito de control y de procesamiento de señales, y un sistema de energía basado en celdas solares y baterías.



El mayor desafío era incorporar todas estas funciones mientras se mantenía un bajo consumo de energía, de tal modo a maximizar el almacenamiento de energía ya que el volumen era muy limitado. Dentro de lo que se quería, que era un volumen de un milímetro cúbico, usando la mejor tecnología de baterías, la energía almacenada llegaba a 1 J. Si esta energía se consume continuamente durante un día, el consumo de potencia de la mota no puede exceder los 10 μ W, que no llega a ser lo que consume un IC de baja potencia. La funcionalidad deseada de las motas solo puede ser llevada a cabo si el consumo se mantiene en el nivel de los microwatts y con una buena administración de la energía. Para permitir que las motas funcionen durante el transcurso de los días, las celdas solares deberían ser empleadas para absorber la mayor cantidad de energía posible cuando el sol brilla (aprox. 1 J por día) o cuando las luces están encendidas (aprox. 1 mJ por día).



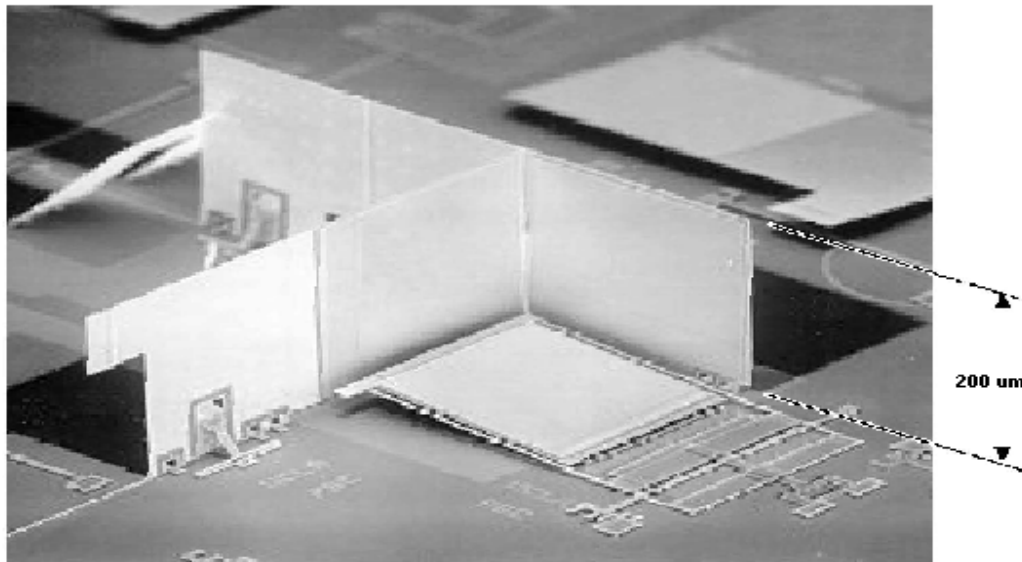
Como la energía es el recurso maspreciado, y el tiempo no es una consideración de diseño tan importante, las operaciones elementales y los algoritmos a utilizar serán elegidos de acuerdo a su costo en energía en vez de su consumo de potencia. Algunos microprocesadores que optimizan energía usan aproximadamente 1nJ para una instrucción de 32 bits, los chips de adquisición de datos 1nJ por muestra, los dispositivos Bluetooth y RF 100nJ por bit transmitido. Se darán notables avances en algunos de estas categorías, ya que por cada joule que una mota almacene podrá realizar millones de operaciones. Entonces, el desafío de los diseñadores de redes y de la teoría de la información es determinar como y donde será almacenada esta energía.

Las técnicas del manejo de los sensores y lógica computacional a baja potencia ya son bien conocidas, pero el desarrollo de un sistema de comunicación para ultra-baja potencia no es tan sencilla. Los primeros candidatos para la comunicación fueron RF y las técnicas de transmisión óptica. Cada una tiene sus ventajas y sus desventajas. RF presenta un problema, ya que las motas tienen muy poco espacio para antenas, y esto implica longitudes de onda muy cortas (comunicación a altas frecuencias), que no es recomendable para el bajo consumo de potencia. Además sus circuitos son muy complejos, requieren circuitos de modulación, filtros, y circuitos de demodulación.

Una alternativa atractiva es la de utilizar la comunicación óptica. Estudios mostraron que cuando tenemos una trayectoria visual disponible, enlaces ópticos bien diseñados requieren un consumo de energía por bit transmitido mucho menor que RF.

La comunicación óptica tiene muchas ventajas en términos de consumo de potencia. Requiere un simple circuito digital y otro analógico en banda base, no se requieren moduladores, filtros y demoduladores, las longitudes de onda pequeñas como la de la luz visible o de la luz infrarroja permitirá dispositivos mucho mas pequeños, y si la BTS (*Base Tranceiver Station*) esta adecuadamente equipada, se podrán multiplexar las transmisiones de varias motas.

Otra ventaja de los enlaces ópticos es que con una estructura MEMS especial se puede llevar a cabo técnicas de transmisión pasiva, para transmitir las señales ópticas sin la utilización de energía. Esta estructura se conoce como CCR (*Corner-cube Retroreflector*)



Esta formado por tres diminutos espejos perpendiculares. El CCR tiene la propiedad de que cualquier rayo incidente es reflejado de nuevo a la fuente, si un espejo esta mal alineado esto no funciona. El CCR contiene un actuador electroestático que puede mover los espejos a una taza del orden de los kilohertz.

CONSIDERACIONES

El desarrollo y el uso de Smart Dust presento varios problemas que fueron abordados por los diseñadores. Estos tenían que ver con la privacidad, los puntos débiles de la seguridad, la necesidad de Standard, y el impacto ambiental de Smart Dust.

Privacidad

Es fácil imaginar como una pequeña mota de Smart Dust puede ser usada de manera ilegal. Las grandes corporaciones, los gobiernos y personas maliciosas pueden usar las motas para monitorear a otras personas sin que estas lo sepan. Entonces, Smart Dust se puede convertir en una útil arma de espionaje. Este tema se volverá cada vez más preocupante a medida que las motas se vuelvan cada vez más pequeñas y baratas.

Seguridad

Smart Dust es una red de dispositivos, y entonces la seguridad es un tema a tener en cuenta. Como las motas son reprogramables, el administrador puede actualizar el software en una sola mota y luego comandar para que la actualización se riegue a las otras motas en la red. Por mas que los algoritmos de identificación de las motas en el sistema operativo TinyOs lo haga difícil, esta característica puede ser explotada por hackers que quieran infectar la red con algún virus.

Standards

A medida que Smart Dust avanza, los fabricantes y empresas se interesan cada vez mas . Para que los usuarios tengan mas posibilidades y trabajen mas efectivamente se necesitan Standards. Algunas propuestas fueron muy interesantes. Se propuso ZigBee como uno de los Standard para la comunicación en aplicaciones de corto alcance, residenciales, industriales y algunas aplicaciones de control.

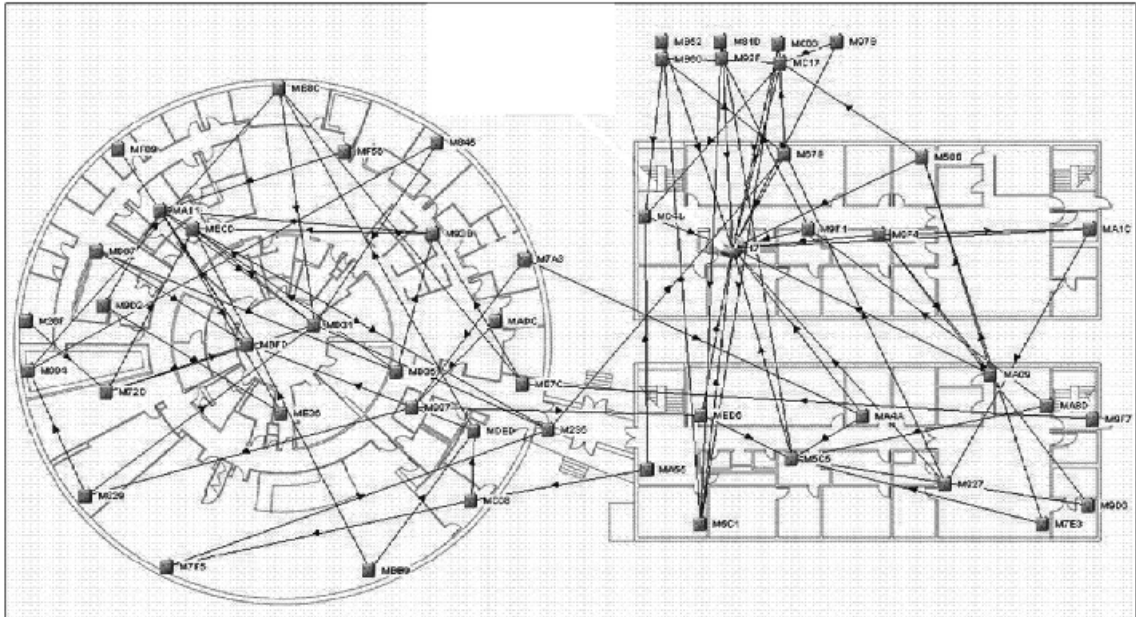
Impacto ambiental

Como Smart Dust esta pensado para numerosas aplicaciones en relación con el medio ambiente, si una mota falla quedara abandonada y esto representara un impacto ambiental, ya que una mota contiene muchos componentes dañinos para nuestro medio, circuitos integrados, baterías, placas impresas, etc. Este es un punto a tener en cuenta por los fabricantes y los usuarios.

APLICACIONES

Redes de monitoreo

Monitoreo de temperatura, humedad, presión, en lugares como hospitales, cultivos, edificios, etc.



Redes relacionadas con tácticas de defensa

Vigilancia del campo de batalla, monitoreo de las fronteras y límites, monitoreo de transportes

Control de inventario

Se podría saber donde y en que condiciones se encuentran los productos que están siendo enviados.

Monitoreo de calidad de productos

Temperatura, supervisión de la humedad de la carne, productos lácteos. Impacto, vibración, supervisión de temperatura de artefactos electrónicos.

Smart office

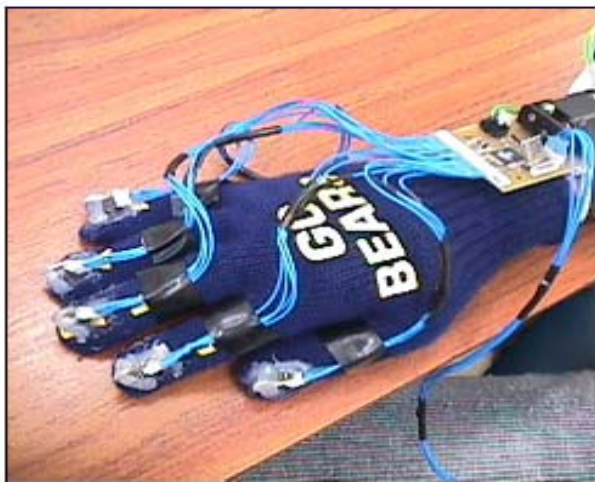
La oficina del futuro esta en marcha, donde las condiciones ambientales se adaptan de acuerdo a las exigencias de cada persona. Quizás pronto estemos llevando diminutos, casi invisibles e imperceptibles sensores de confort ambiental, de humedad, temperatura, etc., cosidos a nuestra ropa y hablando continuamente con nuestro ambiente de trabajo y enviando información de acuerdo a nuestras necesidades.

Interfaces para lisiados

Se podrían colocar las motas en el rostro de las personas cuádruplejicas o en otro lugar a personas con problemas motrices severos, de tal forma a detectar movimientos y contracciones nerviosas, y enviar comandos a una computadora o dispositivo acoplado a la silla de ruedas o algún otro dispositivo.

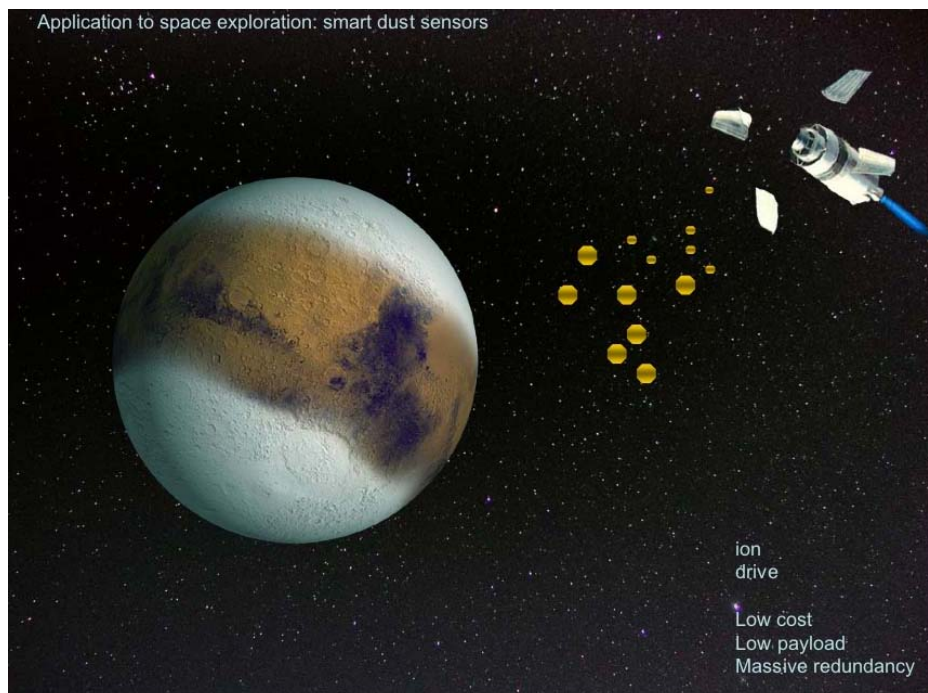
Virtual Keyboard

Pegando una mota en cada uno de los dedos, acelerómetros detectarían la orientación y el movimiento de cada uno de los dedos y se comunicaría con tu computadora. Es inimaginable la cantidad de aplicaciones útiles y lo creativa que pueden ser las interfaces si tu computadora sabe donde están tus dedos: se podrían crear esculturas 3D con arcilla virtual, tocar el piano, utilizar el lenguaje gestual para luego ser traducida por tu computadora, etc.



Aplicaciones espaciales

Para el monitoreo espacial Smart Dust también está siendo tenido en cuenta. La idea principal es la de empaquetar varias motas y enviarla en una sonda a la atmósfera del planeta y esparcirlas ahí donde serán arrastradas por el viento. La forma y la composición de las motas dependerán de la aplicación, por ejemplo, para que respondan a los vientos solares y a la radiación.



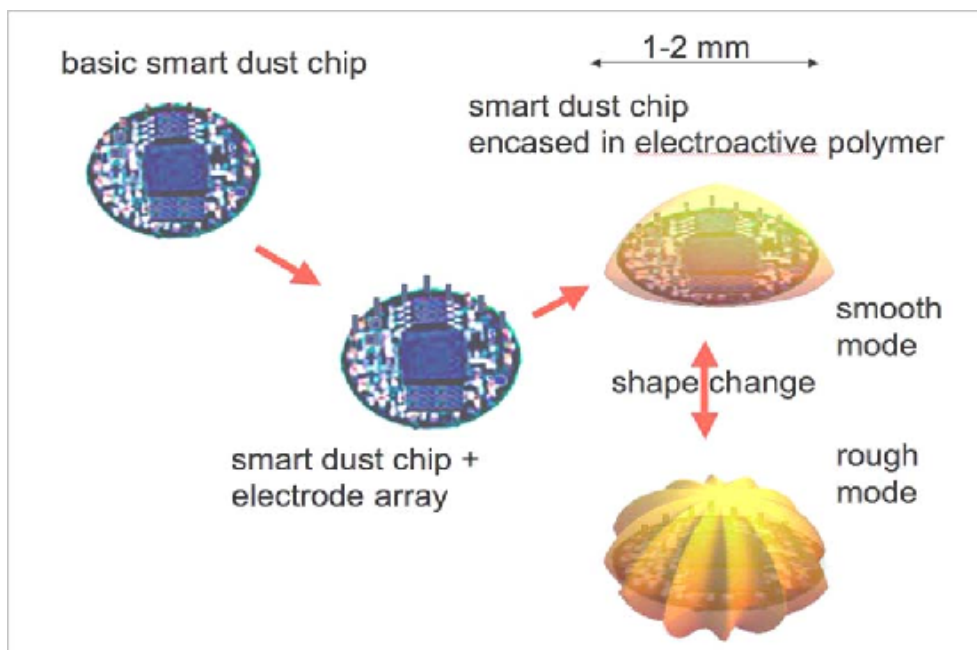
The dark side

La privacidad de las personas corre un gran riesgo. Smart Dust también puede ser utilizado para espionaje, ya que se podría captar voz, sonidos y hasta imágenes. Cualquiera podría estar siendo observado y no se daría cuenta.

EL FUTURO DE SMART DUST

Como ya se menciona antes, la meta del proyecto Smart Dust es que lleguen a ser tan pequeños como un grano de arena, que tengan energía suficiente para funcionar varios años soportando la comunicación inalámbrica y todas las operaciones necesarias y que sean muy baratos y que llegue a ser parte de nuestras vidas.

Pero también hay varios proyectos de investigación para lograr que las motas de Smart Dust puedan organizarse ellas mismas con movilidad propia. Las claves están en un polímero electro-activo especial que se deforma con el voltaje y otro que cambia su forma y rugosidad de acuerdo a las condiciones climáticas.



Como se ve en la figura, estos polímeros estarán rodeando a las motas. Con estos polímeros y con algoritmos para controlar la forma y textura, se podrá mantener a las motas en el área de interés.



Para la movilidad de las motas se están pensando en pequeñas alitas ultralivianas de silicona, que serán manejadas por el sistema operativo de las motas. Pequeñas celdas solares de silicona también se están integrando al diseño de Smart Dust.

CONCLUSION

La tecnología de Smart Dust nos ayuda a solucionar problemas de manera remota y a la distancia que sea necesaria, y en el lugar que necesitemos. Algunas empresas ya lo están produciendo pero son de un mayor tamaño. Sus baterías duran casi 10 años y sus plataformas soportan varios tipos de sensores. Como ya hemos visto, los investigadores están trabajando para que las motas sean como un grano de arena, muy baratas, y tengan duración casi ilimitada.

Claramente es una tecnología innovadora con numerosas aplicaciones muy útiles, como lo son el monitoreo de condiciones de interés, aplicaciones a los negocios, aplicaciones de confort, etc. Todas estas aplicaciones ayudan al ahorro de los recursos que tenemos, que siempre son limitados, y ayudan a un mejor reraconamiento y control de parámetros que afectan a nuestra vida.

BIBLIOGRAFIA

- <http://www.cs.berkeley.edu>
- <http://www.berkeley.edu>
- <http://robotics.eecs.berkeley.edu>
- K. S. J. Pister, J. M. Kahn and B. E. Boser, "Smart Dust: Wireless Networks of Millimeter-Scale Sensor Nodes", Highlight Article in 1999 Electronics Research Laboratory Research Summary.
- V. Hsu, J. M. Kahn, and K. S. J. Pister, "Wireless Communications for Smart Dust", Electronics Research Laboratory Technical Memorandum Number M98/2, February, 1998.