

Robert Full

TED2002

Robots inspired by cockroach ingenuity

1,081,214 views

Translated by Jerry Elizondo

Reviewed by Estuardo Rivas

00:04

Bienvenidos. ¿Me pueden poner la primera diapositiva? En contra de los cálculos de algunos ingenieros, las abejas pueden volar los delfines pueden nadar y las lagartijas pueden escalar sobre las superficies más lisas. Ahora lo que quiero hacer, en el corto tiempo que tengo, es tratar de permitir a cada uno de ustedes experimentar de alguna manera, la emoción de revelar los secretos del diseño natural. Yo lo hago todo el tiempo, y es simplemente increíble. Quiero compartir un poco de eso con ustedes en esta presentación. El desafío de mirar los diseños naturales - y les diré de qué manera lo percibimos, y cómo lo hemos usado. El desafío desde luego, es responder a esta pregunta: ¿Qué concede este extraordinario desempeño que les permite básicamente ir a cualquier parte? Y ¿si pudiéramos encontrar la manera de implementar esos diseños?

01:15

Bueno, muchos biólogos le dirán a los ingenieros y a otros, que los organismos han tenido millones de años para perfeccionarse, que son espectaculares, que pueden hacer todo maravillosamente bien. Así que la respuesta es el bio-mimetismo - copiar a la naturaleza directamente. Sabemos al trabajar con animales que la verdad es que eso es exactamente lo que no quieres hacer. Porque la evolución trabaja bajo el principio de "apenas-bien-basta", no bajo el principio de la perfección. Y las limitaciones en construir cualquier organismo, cuando lo piensas bien, son realmente severas. Las tecnologías naturales tienen increíbles limitaciones, Piénsalo. Si fueras un ingeniero y yo te dijera que tienes que construir un automóvil pero que debes empezar así de pequeño y luego tiene que crecer a tamaño completo y tiene que funcionar en cada etapa. Piensa en el hecho de que construyeras el automóvil y de que yo te dijera que dentro de él tienes que construirle también un fábrica que le permita hacer otro automóvil.

02:09

(Risas)

02:11

Y no puedes absolutamente nunca, absolutamente nunca, a causa de la historia y del plan heredado, comenzar de ceros. Así que los organismos tienen esta importante historia. Realmente la evolución trabaja más como alguien que repara experimentando y jugueteando que como un ingeniero. Y esto es realmente importante cuando comienzas a estudiar a los animales. Al contrario, creemos que debes inspirarse en la biología. Necesitas descubrir los principios generales de la naturaleza y entonces usar esas analogías cuando sean ventajosas. Es un verdadero desafío hacer esto porque los animales, cuando comienzas a mirar dentro de ellos, cómo

funcionan, parecen ser desesperantemente complejos. No hay una historia detallada de los planos de diseño, no puedes encontrarlos en parte alguna. Tienen demasiados movimientos para sus articulaciones, demasiados músculos aún el más simple de los animales que se nos ocurra, como un insecto, y tienen más neuronas y conexiones de lo que pueda imaginar.

03:10

¿Cómo puedes entender esto? Bueno, creímos - y suponemos - que una manera en la cual los animales pueden funcionar simplemente, es si el control de sus movimientos tendiera a estar construido dentro de sus cuerpos mismos. Hemos descubierto que los animales de dos, cuatro, seis y ocho patas producen las mismas fuerzas sobre el terreno cuando se mueven. Todos funcionan como este canguro, rebotan. Y pueden ser modelados por un sistema de resortes y aunque lo llamamos sistema de resortes porque somos bio-mecánicos, en realidad es un saltador que rebota. Todos producen el patrón de un saltador. ¿De qué forma es esto verdad? Bueno, un ser humano, una de sus piernas, trabaja como dos piernas de un perro trotando y trabaja como las tres piernas juntas de un insecto trotando, o cuatro piernas juntas como en un cangrejo trotando. Y entonces alternan su propulsión pero los patrones son los mismos. Casi todo organismo que hemos estudiado - lo verán la semana entrante - les daré una pista, saldrá un artículo que dice que animales realmente grandes como el T. Rex probablemente no podían hacer esto, pero lo verán la semana próxima.

04:24

Ahora lo que es interesante es que los animales que dijimos que rebotan en el plano vertical de esta manera, y en nuestra colaboración con Pixar en la película "Bichos", discutimos la naturaleza bípeda de los personajes de las hormigas. Y les dijimos que desde luego, se mueven en otro plano también y nos hicieron esta pregunta. Dijeron, "¿Por qué modelar sólo el plano sagital o plano vertical cuando nos están diciendo que esos animales se mueven en el plano horizontal?" Esta es una buena pregunta. Nadie en biología los había modelado de esta forma. Seguimos su consejo y modelamos a los animales moviéndose en la plano horizontal también. Tomamos sus tres patas y las colapsamos a una pusimos a algunos de los mejores matemáticos del mundo de Princeton a trabajar en este problema. Y pudimos crear un modelo donde los animales no sólo rebotan de arriba a abajo, sino también rebotan de lado a lado al mismo tiempo. Y muchos organismos entran en esta clase de patrón. Ahora, ¿por qué es importante tener este modelo? Porque es muy interesante. Cuando tomas este modelo y lo perturbas, le das un empujón, como cuando choca con algo, se auto-estabiliza, sin cerebro, o sin reflejos, sólo gracias a la estructura. Es un modelo bello. Ahora, veamos las matemáticas.

05:33

(Risas)

05:35

Eso es suficiente.

05:36

(Risas)

05:40

Los animales, cuando los ves correr, parecen estar auto-estabilizados de esta manera, usando básicamente piernas con resortes. Esto es, las piernas pueden hacer cálculos por sí mismas, en cierto sentido los algoritmos de control están integrados en la forma del animal mismo. ¿Por qué no hemos sido inspirados más por la naturaleza y esta clase de descubrimientos? Bueno, argumentaría que las tecnologías humanas son realmente diferentes de las tecnologías naturales, al menos lo han sido hasta ahora. Piensa en la típica clase de robot que ves. Las tecnologías humanas han tendido a ser grandes, planas con ángulos rectos, rígidas, hechas de metal. Tienen mecanismos para rodar y ejes. Tienen muy pocos motores, muy pocos sensores. Mientras que la naturaleza tiende a ser pequeña, y curva, y flexible y girable y a cambio tiene patas y apéndices, y tiene muchos músculos y muchos, muchos sensores. Así que es un diseño muy diferente. Sin embargo, lo que está cambiando, lo que es realmente excitante - y les mostraré algo de ello enseguida - es que al empezar a tomar la tecnología humana algunas de las características de la naturaleza, entonces la naturaleza puede convertirse en una maestra más útil.

06:50

He aquí un ejemplo que es verdaderamente excitante. Esta es una colaboración con Stanford. Y ellos han desarrollado esta nueva técnica llamada Manufactura de Depósito Formado. Es una técnica en la cual mezclan los materiales y moldean cualquier forma que gusten, y entonces ponen las propiedades del material. Pueden integrar sensores y actuadores dentro de la forma misma. Por ejemplo, aquí está una pata - la parte clara es rígida, la parte blanca es flexible, y no necesitas ejes o cualquier otra cosa. Se dobla por sí misma bellamente. Así que puedes poner tales propiedades dentro. Les inspiró a presumir este diseño en la producción de un pequeño robot llamado Sprawl [desgarbado]. Nuestro trabajo ha inspirado también otro robot, un robot saltador inspirado en la biología de las universidades de Michigan y McGill llamado RHex, por robot hexápodo, y este es autónomo. Vayamos al video y déjenme mostrarles a algunos de esos animales moviéndose. Y después algunos de los robots simples que han sido inspirados por nuestros descubrimientos. He aquí lo que algunos de ustedes hicieron esta mañana, aunque lo hicieron afuera y no sobre una caminadora. Esto es lo que hacemos.

08:00

(Risas)

08:02

Esta es una cucaracha calavera - esta es una cucaracha americana la cual ustedes piensan que no tienen en su cocina. Este es un escorpión de ocho patas, hormiga de seis patas, y un ciempiés de cuarenta y cuatro patas. He dicho que todos esos animales funcionan como un saltador - rebotan al moverse y ustedes pueden verlo en el cangrejo fantasma de las playas de Panamá y Carolina del Norte. Puede alcanzar los cuatro metros por segundo cuando corre. De hecho brinca en el aire y tiene fases aéreas cuando lo hace, como un caballo, y verán que está rebotando aquí. Lo que descubrimos es que ya sea que mires la pierna de un ser humano, como Richard, o de una

cucaracha, o de un cangrejo o de un canguro, la rigidez relativa de la pierna en el brinco es la misma para todo lo que hemos visto hasta ahora. Ahora ¿de qué sirven piernas con resorte? ¿qué pueden hacer? Bueno, queríamos ver si les permitían a los animales tener mayor estabilidad y maniobrabilidad. Así que construimos un terreno que tenía obstáculos tres veces más altos que la cadera de los animales que estábamos observando y estábamos seguros que no podían hacerlo. Y esto es lo que hicieron. El animal corre sobre los obstáculos y sin siquiera disminuir su velocidad. No disminuyó su velocidad preferida para nada. No podíamos creer que pudiera hacer esto. Esto nos dijo que si construyes un robot con una piernas con resorte muy simples puedes hacerlo tan maniobrable como cualquier cosa que se haya construido antes.

09:24

Aquí está el primer ejemplo de ello, este es el robot de Stanford construido con la Manufactura de Depósito Formado llamado Sprawl. Tiene seis patas - y son las patas sincronizadas con resorte. Se mueve de la misma manera que un insecto y aquí está en la caminadora. Ahora, lo que es importante respecto de este robot comparado con otros robots, es que no puede ver, no puede sentir, no tiene un cerebro, sin embargo puede maniobrar sobre estos obstáculos sin dificultad alguna. Esta es la técnica de integrar las propiedades en la forma. Este es un estudiante de doctorado, esto es lo que él le hace a su proyecto de tesis, muy robusto si un estudiante de doctorado le hace esto a su proyecto de tesis.

10:11

(Risas)

10:12

Este viene de las universidades de Michigan y McGill, este es el RHex, haciendo su primer salida en una demostración.

10:19

(Risas)

10:23

El mismo principio. Sólo tiene seis partes móviles. Seis motores, pero tiene patas con resorte, patas sincronizadas. Se mueve con postura de un insecto la pata central se mueve en sincronía con la frontal y la trasera del lado opuesto. Como un trípode alternante, y puede maniobrar obstáculos tal como el animal.

10:46

(Risas)

10:52

¡Dios Mío!

10:53

(Aplausos)

10:58

Puede moverse en diferentes superficies, aquí en la arena, aunque no hemos perfeccionado los pies todavía, pero hablaré de ello más tarde. Aquí está RHex entrando al bosque.

11:08

(Risas)

11:23

Otra vez, este robot no puede ver, no puede sentir cosa alguna, no tiene cerebro. Trabaja solamente con un sistema mecánico sincronizado con partes muy simples. Pero está inspirado en las dinámicas fundamentales del animal. ¡Ah! Lo adoro Bob. Aquí avanza sobre un pasillo. Le presenté esto al Jet Propulsion Lab de la NASA y dijeron que ellos no tenían la habilidad de bajar a los cráteres para buscar hielo, y finalmente vida, en Marte. Y él dijo - particularmente usando robots con patas, porque son demasiado complicados. Nada puede hacer eso. Yo hablo después. Les muestro este video con el simple diseño de RHex, y solo para convencerlos que debemos ir a Marte en el 2011, entinté el video en color naranja para darle la impresión de estar en Marte.

12:19

(Risas)

12:20

(Aplauso)

12:28

Otra razón por la cual los animales tienen este extraordinario desempeño y pueden ir a donde sea, es porque tienen una interacción efectiva con el medio. El animal que voy a mostrarles que estudiamos para ver esto es la lagartija. Tenemos una aquí y noten su posición. Se adhiere. Ahora, los voy a desafiar. Les mostraré un video. Uno de los animales está corriendo en una superficie horizontal, y el otro está escalando una pared. ¿Cuál es cuál? Están corriendo a un metro por segundo. ¿Cuántos de ustedes piensan que el de la izquierda está escalando una pared?

13:04

(Aplauso)

13:08

Muy bien. El punto es que es realmente difícil distinguirlos, ¿no es así? Es increíble, vimos a estudiantes hacer esto y no podían diferenciarlos. Pueden correr sobre una pared a un metro por segundo, 15 pasos por segundo y parece que estuvieran corriendo en un plano horizontal. ¿Cómo lo hacen? Es fenomenal. El de la derecha está escalando la pared. ¿Cómo hacen esto? - tienen dedos extraños - tienen dedos que se desenrollan como espantasuegras cuando los inflas y luego se despegan de la superficie como cinta adhesiva. Como si tuviéramos un pedazo de cinta adhesiva

y lo despegáramos de esta forma. Esto es lo que hacen con sus dedos. Es estrafalario. Este despegarse inspiró el iRobot con el que trabajamos, para construir Mecho-Geckos. Esta es la versión con patas y la versión tractor, o una versión bulldozer. Veamos algunas lagartijas moverse en el video y entonces les mostraré un corto de los robots. Aquí está la lagartija escalando una superficie vertical, aquí va, en tiempo real, aquí va otra vez. Obviamente tenemos que lentificar esto un poco.

14:13

No puedes usar cámaras comunes. Tienes que tomar 1,000 cuadros por segundo para ver esto. Aquí está un video a 1,000 cuadros por segundo. Ahora, miren la espalda del animal. ¿Ven cuánto se dobla de esa manera? No lo entendemos - es un misterio por resolver. No sabemos cómo funciona. Si tienen un hijo o hija que quiere venir a Berkeley, que vengán a mi laboratorio y resolveremos esto. Bueno, mándenlos a Berkeley porque es la siguiente cosa que quiero hacer. Aquí está la caminadora para lagartijas.

14:39

(Risas)

14:40

Es una caminadora transparente con una banda transparente para que podamos ver las patas de los animales y tomarles video a través de la banda, para ver cómo se mueven. Aquí está el animal que tenemos, corriendo sobre una superficie vertical, escojan una pata y traten de ver un dedo, a ver si pueden ver lo que el animal está haciendo. Véanlo desenrollar y despegar esos dedos. Lo puede hacer en 14 milisegundos. Es increíble. Aquí están los robots que han inspirado, el Meco-Geckos de iRobot. Primero vemos los dedos del animal despegarse - miren eso. Y aquí está la acción de despegar del Meco-Gecko usa un adhesivo sensible a la presión para hacerlo. Despegar en el animal, despegar en el Meco-Gecko, que les permite escalar autónomamente, subir una superficie plana, pasar a una pared y luego al techo. Esta es la versión bulldozer. Ahora, no usa el pegamento sensible a la presión. El animal no usa eso. Pero eso es a lo que estamos limitados por el momento.

15:43

¿Qué hace el animal? El animal tiene dedos extraños y si miras sus dedos tienen estas pequeñas hojas ahí, y si las magnificas verás que hay pequeñas estriaciones en esas hojas. Y si amplías 270 veces, verás que parece una alfombra. Y si amplías 900 veces puedes ver que tiene pelos ahí, pequeños pelos, y si miras cuidadosamente esos diminutos pelos tienen estriaciones. Y si los amplías 30,000 veces puedes ver que cada pelo termina en una bifurcación. Y si amplías esos puedes ver que tienen pequeñas estructuras en la punta. La más pequeña rama de los pelos parece una espátula y un animal como este tiene mil millones de esas puntas bifurcadas de nano-tamaño para entrar en contacto con la superficie. De hecho, aquí está el diámetro de un cabello humano una lagartija tiene dos millones de esos y cada pelo tiene entre 100 y 1,000 puntas bifurcadas. Piense en el contacto que eso hace posible.

16:49

Tenemos la fortuna de trabajar con otro grupo en Stanford que construyó un sensor nano especial que puede medir la fuerza de una pelo individual. Aquí está un pelo individual con la punta bifurcada aquí, cuando medimos las fuerzas eran enormes, eran tan grandes que un pedazo de pelos de este tamaño, la pata de la lagartija podría soportar el peso de un niño pequeño - unos veinte kilos fácilmente. ¿Cómo lo hacen? Recientemente descubrimos esto. ¿Lo hacen por fricción? No, la fuerza es demasiado baja. ¿Lo hacen por electrostática? No, puedes cambiar la carga, y siguen adheridos. ¿Lo hacen por enlaces? Algo como el velcro. No, puedes ponerlos en superficies molecularmente lisas - no lo hacen. ¿Qué tal succión? Tampoco, pueden sujetarse en el vacío. ¿Qué tal adhesión mojada? ¿O adhesión capilar? No tienen pegamento y se sostienen aun bajo el agua sin problemas. Si pones sus patas bajo el agua igual se sostienen. ¿Cómo lo hacen entonces? Lo creas o no, se sostienen por fuerzas intermoleculares, fuerzas de Van Der Waals.

17:49

Probablemente estudiaron esto hace mucho tiempo en Química donde tienes estos dos átomos, muy juntos y los electrones se mueven alrededor. Esa pequeña fuerza es suficiente para permitirles hacer esto porque se multiplica muchas veces con esas pequeñas estructuras. Lo que estamos haciendo es tomar la inspiración de los pelos y con otro colega en Berkeley, los estamos fabricando. Y recientemente tuvimos un avance extraordinario por el cual creemos que vamos a poder crear el primer adhesivo sintético, auto-limpiante, Muchas compañías están interesadas en esto.

18:25

(Risas)

18:28

También se lo presentamos a Nike.

18:30

(Risas)

18:33

(Aplauso)

18:39

Ya veremos a dónde nos lleva esto. Estamos muy contentos por ello y nos dimos cuenta que a pequeña escala, y donde todo se vuelve adherible y la gravedad ya no importa, necesitamos mirar a las hormigas y a sus patas porque uno de mis otros colegas en Berkeley, ha construido un robot de silicón de seis milímetros con patas. Pero se queda pegado. No se mueve muy bien. Pero las hormigas lo hacen y tenemos que entender por qué, así que finalmente tendremos que hacer esto. Imaginen, van a ser capaces de tener enjambres de estos robots de seis milímetros corriendo. ¿Qué pasa? Creo que ya lo pueden ver.

19:13

Claramente la Internet empieza a tener ojos y oídos, tenemos cámaras web y tal. Pero ahora también tendrá piernas y manos. Van a poder hacer trabajo programable con esa clase de robots, de tal forma que puedan correr, volar y nadar donde sea. Lo vimos con David Kelly al principio con sus peces. Así que en conclusión, creo que el mensaje es claro. Si necesitas un mensaje, si la naturaleza no es suficiente, si te importan las operaciones de búsqueda y rescate, desactivación de minas o la medicina o las varias cosas en las que estamos trabajando, debemos preservar los diseños naturales, de otra manera esos secretos se perderán para siempre. Gracias.

19:53

(Aplauso)