

TED 04-Robert Full The sticky wonder of gecko feet

https://www.ted.com/talks/robert_full_the_sticky_wonder_of_gecko_feet

Biologist Robert Full shares slo-mo video of some captivating critters. Take a closer look at the spiny legs that allow cockroaches to scuttle across mesh and the nanobristle-packed feet that let geckos to run straight up walls.

Quiero que imaginen que son estudiantes de mi laboratorio. Quiero que creen un diseño inspirado en biología. Entonces este es el desafío: Quiero que me ayuden a crear un modelo de contacto totalmente 3D, dinámico y parametrizado. Traducido sería: ¿me ayudarían a contruir un pie? Es que es un verdadero reto y realmente quiero que me ayuden Claro, en el reto hay un premio. No será el TED Prize pero es una camiseta exclusiva de nuestro laboratorio. Así que mándenme sus ideas sobre cómo diseñar un pie.

00:50

Ahora, si queremos diseñar un pie, ¿qué tenemos que hacer? Primero tenemos que saber qué es un pie. Si vamos al diccionario, dice: "Es la extremidad inferior de una pierna que está en contacto directo con el suelo cuando se está de pie o caminando" Esa es la definición tradicional. Pero si deseamos realmente investigar, ¿qué tenemos que hacer? Hay que ir a la literatura y ver qué se sabe sobre el pie. Así que vamos a la literatura. (Risas)

01:12

Quizá estén familiarizados con esta literatura. El problema es que hay muchos, muchos pies. ¿Cómo se hace? Hay que inspeccionar todos los pies y extraer principios de cómo funcionan. Y quiero que me ayuden a hacer eso en el siguiente video. Mientras ven este video busquen los principios y piensen también en los experimentos que podrían diseñar para entender cómo funciona un pie.

01:44

¿Ven algunos temas comunes? ¿Principios? ¿Qué harían? ¿Qué experimentos realizarían? ¡Guau! (Aplausos) Nuestra investigación de la biomecánica de la locomoción animal nos ha permitido hacer un plano del pie. Es un diseño inspirado en la Naturaleza pero no es copia de un pie específico que uno vio sino una síntesis de los secretos de muchos, muchos pies.

03:52

Ahora resulta que los animales pueden ir donde sea. Pueden desplazarse en superficies que, como vieron, varían en la probabilidad de contacto, el movimiento de esa superficie y el punto de apoyo de los pies que están presentes. Si se quiere estudiar cómo funcionan los pies vamos a tener que simular esas superficies, o simular esas piedras. Luego de eso hicimos un experimento: pusimos un animal y lo hicimos correr, a esta araña de pasto, en una superficie con el 99% del área de contacto retirada. Pero ni siquiera eso redujo su velocidad. Aun esta corriendo al equivalente humano de 480 km por hora.

04:25

Ahora, ¿cómo pudo hacerlo? Bien, miremos más detenidamente. Cuando reducimos la velocidad 50 veces vemos cómo la pata está golpeando ese escombros simulado. La pata actúa como pie. Y, de hecho, el animal hace contacto con otras partes de su pata más seguido que con el pie definido tradicionalmente. El pie está distribuido en toda la pata. Pueden hacer otro experimento donde se toma una cucaracha con un pie y se le quita el pie. Estoy pasando algunas cucarachas en el auditorio. Miren sus pies. Sin un pie esto es lo que hace. Ni siquiera se desacelera. Puede correr a la misma velocidad sin siquiera esa parte. No es problema para la cucaracha; pueden regenerarlas, si les preocupa. ¿Cómo lo hacen? Miren detenidamente: 100 veces más lento miren qué hace con el resto de sus patas. Actúa, nuevamente, como un pie distribuido. Muy eficaz.

05:19

Ahora, la pregunta que nos hicimos es ¿cuán general es un pie distribuido? El próximo comportamiento que les mostraré de este animal nos sorprendió la primera vez que lo vimos. Periodistas, esto es confidencial ¡miren qué es! Es un pulpo bípedo disfrazado de coco rodante. Fue descubierto por Christina Huffard y filmado por Sea Studios, aquí en Monterrey.

05:56

También describimos otras especies de pulpos bípedos. Este se disfraza de alga flotante. Camina en dos patas y deja las otras en el aire para que no se vean. (Aplausos) Y miren lo que hace con su pie para reponerse de terrenos complicados. Usa su pie distribuido para hacer como que esos obstáculos no estuvieran allí. Realmente extraordinario.

06:33

En 1951 Escher hizo este dibujo. Pensaba que creaba una fantasía animal. Pero sabemos que el arte imita la vida y se vuelve naturaleza, hace tres millones de años, evolucionó el siguiente animal. Es un animal tipo camarón llamado estomatópodo y así es como se mueve en las playas de Panamá: en verdad rueda, y hasta puede hacerlo cuesta arriba. Es el pie distribuido definitivo; todo su cuerpo en este caso hace las veces de pie.

07:03

Así, si queremos agregarle a nuestro diseño la primera característica importante queremos agregarle contacto de pie distribuido. No sólo con el pie tradicional sino también a la pata y a todo el cuerpo. ¿Puede esto inspirar el diseño de nuevos robots? Nos inspiró, biológicamente, este robot llamado RHex construido por esos ingenieros extraordinarios en los últimos años. El pie del RHex comenzó como algo muy simple luego se fue refinando con el tiempo y finalmente terminó en este semicírculo. ¿Por qué? Lo verán en el video. Miren dónde hace contacto el robot con su pata para sortear este terreno difícil. Van a ver que, de hecho, está usando esa pata semicircular como pie distribuido. Mírenlo en movimiento. Pueden verlo bien en estos escombros. Extraordinario. Sin sentido, todo el control está en las patas adaptadas Realmente simple pero hermoso.

08:01

Ahora, habrán notado algo más en los animales cuando corrían por el terreno desparejo. Mi asistente me va a ayudar con esto. Cuando tocaste la pata de la cucaracha.

¿pueden ponerle el micrófono? Cuando tocaste la pata de la cucaracha, ¿qué sentiste? ¿Notaste algo?

08:17

Niño: espinoso.

08:18

Robert Full: Es espinoso, ¿verdad? Es muy espinoso, ¿cierto? Como que duele. Tal vez podríamos dársela a nuestro curador y ver si es tan valiente como para tocar la cucaracha. (Risas)

08:29

Chris Anderson: ¿La tocaste?

08:30

RF: Entonces si la miran con atención se ve que tienen espinas y hasta hace pocas semanas nadie sabía qué hacían. Se suponía que eran para protección, estructuras sensoriales. Hallamos que sirven para algo más; aquí hay un fragmento de esa espina. Están dispuestas de manera que fácilmente caen en una dirección para alejar la pata de los escombros pero queda rígida en la otra dirección para capturar salientes en la superficie.

08:54

Los cangrejos no necesitan puntos de apoyo porque normalmente se mueven en la arena hasta que van a nuestro laboratorio. Y tienen problemas con esta clase de malla porque no tienen espinas. A los cangrejos les faltan espinas por eso tienen problemas en estos terrenos desparejos. pero por supuesto que podemos resolver eso porque podemos producir espinas artificiales. Podemos hacer espinas que se adhieran a escombros simulados y caigan ante la remoción para retirarlas fácilmente. Lo hicimos poniendo estas espinas artificiales a cangrejos como ven aquí y luego las probamos. ¿Entendemos realmente ese principio de adaptación? La respuesta es: ¡sí! Esto está 20 veces más lento y el cangrejo sale zumbando por los escombros simulados. (Risas) (Aplausos) Un poquito mejor que la Naturaleza.

09:40

Así, para nuestro diseño, necesitamos agregar espinas adaptadas. Ahora, ¿nos ayudará esto a pensar el diseño de robots escaladores más efectivos? Bien, este es RHex (RHex tiene problemas sobre rieles) sobre rieles lisos, como ven. Entonces, ¿por qué no agregar espinas? Mis colegas lo hicieron en la Universidad de Pensilvania. Dan Koditschek le puso uñas de acero (una versión muy simple) al robot y aquí tenemos al RHex yendo por esos rieles de acero... ¡sin problemas! ¿Cómo lo hace? Mirémoslo más lentamente para ver las espinas en acción. Miren pasar la pata y la verán adherirse justo allí. No podía hacerlo antes, se habría resbalado, atascado y caído. Y miren de nuevo, justo allí... éxito.

10:20

Ahora bien, por sólo tener pies y espinas distribuidos no significa que se pueda escalar superficies verticales. Esto es realmente muy difícil. ¡Pero miren como lo hace este

animal! Uno de los que voy pasando está escalando esta superficie vertical que es una placa de metal lisa. Es extraordinario lo rápido que puede hacerlo pero en cámara lenta puede verse algo muy extraordinario. Es un secreto. El animal efectivamente escala resbalando y miren lo hace realmente mal respecto de la adhesión a la superficie Parece, de hecho, que nada contracorriente la superficie. Podemos modelar ese comportamiento mejor como fluido, si lo miran. El pie distribuido, en realidad, funciona más como un remo.

11:01

Lo mismo vale si miramos esta lagartija que corre en un lecho fluidizado. Miren sus pies. En realidad funcionan como remos si bien está interactuando con una superficie que normalmente pensamos como sólida. Esto no difiere de lo que mi antigua estudiante de licenciatura descubrió cuando ella imaginaba cómo pueden correr las lagartijas en el agua. ¿Puede usarse esto para construir mejores robots? Martin Buehler hizo (está en Boston Dynamics ahora) tomó esta idea e hizo de RHex un Aqua RHex. Así tenemos un RHex con remos ahora convertido en un robot nadador increíblemente versátil.

11:46

En superficies irregulares, animales con garras. Y seguro las sienten si los tocan. ¿Las tocaron?

11:51

CA: Yo lo hice.

11:52

RF: Y se adhieren muy bien a las superficies con estas garras. Mark Cutkosky de la Universidad de Stanford, colaborador mío, es un ingeniero fuera de serie que desarrolló esta técnica llamada Fabricación por Deposición de Forma que le permite incrustar garras en un pie artificial. Y aquí está una versión de un pie para un nuevo robot que les mostraré en un momento. Así, para nuestro diseño, agreguemos garras. Si miramos a los animales, para ser realmente versátil en todas las superficies, los animales usan mecanismos híbridos como son garras, espinas, pelos, almohadillas, pegamento, adhesión capilar y un montón de otras cosas. Estas son todas de diferentes insectos. Hay una hormiga arrastrándose por una superficie vertical. Miremos esa hormiga.

12:30

Este es el pie de una hormiga. Ven pelos, garras y esto de aquí. Esto es cuando su pie está en el aire. Miren lo que sucede cuando el pie entra en un sandwich. ¿Ven lo que sucede? Aparece esa almohadilla, donde está el pegamento. Aquí está un pie de hormiga visto desde abajo y cuando las garras no se clavan aparece la almohadilla sin que la hormiga haga nada. Simplemente sale. Y esta toma fue muy difícil... pienso que esta es la toma de la hormiga en las supercuerdas. Por eso es bastante difícil de hacer. Así se ve de cerca este es el pie de la hormiga y ese el pegamento.

13:09

Y descubrimos que este pegamento podría ser una mezcla interesante de 2 fases. Desde luego que ayuda a sostener. Así, para nuestro diseño, peguemos algunas almohadillas adherentes. Podrían pensar que para superficies lisas nos inspiramos en esto. Ahora

tenemos algo mejor aquí. La salamandra es un gran ejemplo de nanotecnología en la Naturaleza. Estos son sus pies. Son... casi parece un alien. Y el secreto que le permite adherirse involucra sus dedos peludos. Pueden recorrer una superficie a un metro por segundo 30 pasos en ese segundo... casi no se puede ver. En cámara lenta, apoyan el pie en ocho milisegundos y lo levantan en 16 milisegundos. Y cuando miran como lo levantan, es raro. Lo despegan de la superficie como si despegaran una cinta adhesiva. Muy extraño. ¿Cómo se pegan?

14:05

Si miran sus pies, tienen estructuras con forma de hoja llamadas linalae con millones de pelos. Y cada pelo tiene el peor caso posible de puntas rotas. Tiene de cien a mil puntas rotas y ese es el secreto porque permite contacto íntimo. La salamandra tiene mil millones de estas puntas rotas de 200 nanómetros. Y no se pegan con pegamento, ni funcionan como el velcro, ni funcionan con succión. Descubrimos que funcionan sólo por fuerzas intermoleculares. Así, para nuestro diseño, partimos algunos pelos. Esto ha inspirado el diseño del primer adhesivo seco autolimpiante patentado, nos complace decirlo. Y aquí está la versión más simple en la Naturaleza y aquí el intento de mi colaborador Ron Fearing en una versión artificial de este adhesivo seco hecho de poliuretano. Y aquí el primer intento de hacerlo funcionar con algo de carga.

14:54

Hay un enorme interés en esto en muchos campos diferentes. Pueden imaginar mil usos posibles, estoy seguro. Mucha gente lo hace y estamos entusiasmados de ver esto como un producto. Hemos imaginado productos, por ejemplo, éste: imaginamos un apósito bio-inspirado, donde quitamos el pegamento del apósito. Tomamos algunos pelos de una salamandra; pusimos tres ovillos de pelos y luego hicimos este apósito adhesivo.

15:19

Esta es una estudiante voluntaria tenemos 30.000 estudiantes así que podemos elegir ese es en realidad sólo un marcador rojo. Pero es un apósito adhesivo increíble. Es aireado, se despega fácilmente, no provoca irritación, funciona bajo el agua. Pienso que este es un muy buen ejemplo de cómo la investigación por curiosidad (simplemente nos preguntábamos cómo escalaban algo) puede llevar a cosas que nunca hubiéramos imaginado. Es sólo un ejemplo de por qué tenemos que apoyar la investigación por curiosidad. Aquí lo tienen, quitando el apósito adhesivo.

15:53

Así hemos redefinido lo que es un pie. La pregunta es si, entonces, podemos usar estos secretos para inspirar el diseño de un mejor pie, mejor que el que vemos en la Naturaleza. Este es el nuevo proyecto: estamos intentando crear el primer robot trepador de búsqueda y rescate (sin succión o imanes) que puede moverse sólo en unas pocas superficies. Llamo al nuevo robot RiSE, por Robot en Entorno Escansorial (ReEE), que es un entorno empinado y tenemos un equipo extraordinario de biólogos e ingenieros creando este robot. Y aquí está el ReEE. Tiene seis patas y cola. Aquí está en una cerca y un árbol. Y aquí los primeros pasos del ReEE en una pendiente. ¿Tienen el audio? Pueden oírlo subir. Y aquí viene hacia ustedes, en su primeros pasos pared arriba. Ahora está

usando sólo sus pies más simples, así que esto es muy nuevo. Pero pensamos que entendimos la dinámica del robot.

16:51

Mark Cutkosky está yendo un paso más allá. Es la persona capaz de construir estos pies y dedos fabricados por deposición de forma. El próximo paso es hacer dedos acordes e intentar agregar espinas, garras y disponerlos en adhesivos secos. Así, la idea es primero conseguir los dedos y un pie intentar que trepe y finalmente colocarlo en el robot. Y eso es exactamente lo que él ha hecho. Construyó, de hecho, un pie-bot escalador inspirado por la Naturaleza.

17:17

Y aquí está el diseño de Cutkosky y de sus asombrosos estudiantes. Y estos son dedos adaptados, hay seis de ellos y usan los principios de los que les hablé, colectivamente para el diseño. Entonces esto no usa succión ni pegamento y finalmente, cuando esté anexado al robot, (está tan inspirado en biología como el animal) con suerte será capaz de escalar todo tipo de superficie. Aquí lo ven, a continuación, subiendo un lado del edificio en Stanford. Está acelerado, de nuevo, es un pie escalando. Todavía no es el robot completo, estamos trabajando en eso ahora pueden ver cómo se agarra. Estas estructuras adaptadas permiten a las espinas, las almohadillas de fricción y pelos adhesivos adherirse a superficies muy desafiantes y difíciles. Y así fueron capaces de obtener esto, esto está acelerado 20 veces, ¿pueden imaginarlo intentando subir a rescatar a alguien en el piso superior? ¿bien? Pueden visualizarlo ahora, no es imposible. Es una tarea que supone un gran reto, pero hay mucho por venir.

18:23

Para terminar: obtuvimos secretos de la Naturaleza mirando cómo están hechos los pies. Hemos aprendido que deberíamos distribuir el control a partes inteligentes. No poner todo en el cerebro sino poner algo de control en pies adaptados, en patas e incluso en el cuerpo. Que la Naturaleza usa soluciones híbridas, no una solución simple, para estos problemas; están integrados y son bellamente robustos. Y tercero, creemos firmemente que no deseamos imitar la Naturaleza sino inspirarnos en la biología y usar estos principios originales con las mejores soluciones de ingeniería existentes para hacer, potencialmente, algo mejor que la Naturaleza.

18:57

Entonces, hay un mensaje claro: tanto si uno se preocupa por la investigación fundamental básica de animales realmente interesantes, raros y maravillosos como si se desea construir un robot de búsqueda y rescate que pueda ayudar en terremotos, o salvar a alguien de un incendio o si uno se interesa por la medicina, debemos preservar los diseños de la Naturaleza. De otro modo estos secretos se perderán para siempre. Gracias.