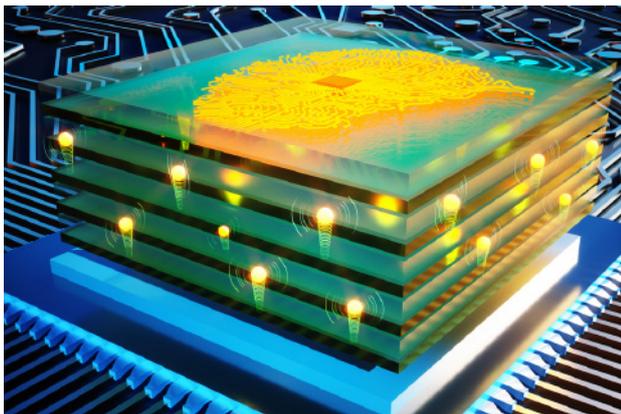


EL NUEVO HARDWARE DESARROLLADO POR EL MIT OFRECE UNA INTELIGENCIA ARTIFICIAL QUE ES AL MENOS 1 MILLÓN DE VECES MÁS RÁPIDO QUE EL CEREBRO HUMANO ¹.

Los ingenieros que trabajan en el “aprendizaje profundo analógico” han encontrado una forma de impulsar protones a través de sólidos a velocidades sin precedentes.



La imagen muestra el funcionamiento de un procesador de aprendizaje profundo analógico alimentado por protones ultrarrápidos. Créditos: Ella Maru Studio, Murat Onen.

A medida que los científicos amplían los límites del aprendizaje, el tiempo, energía y recursos necesarios para desarrollar y entrenar los modelos de redes neuronales incrementan. A raíz de esto, una nueva área en la inteligencia artificial llamada aprendizaje profundo analógico promete desarrollar mayor número de cálculos utilizando una fracción de energía.

Es importante conocer que los bloques de construcción en el aprendizaje profundo analógico fueron diseñados con matrices de resistencias programables en capas complejas y transistores como ejes centrales de los procesadores digitales; todo esto con el fin de crear una “red de neuronas” que han podido generar una sinapsis artificial analógica que ha podido ejecutar cálculos complejos como una red neuronal digital, pudiendo entrenarse para lograr áreas complejas de IA como reconocimiento de imágenes y reconocimiento de lenguaje natural.

El equipo de investigación del MIT superó los límites de velocidad de versiones anteriores utilizando material inorgánico que ha permitido tener velocidades de funcionamiento que superan 1 millón de veces a sus versiones anteriores, que, de igual manera, ha superado inclusive 1 millón de veces a la sinapsis del cerebro humano.

El material inorgánico también lo vuelve extremadamente eficiente, desde un punto de vista energético, e inclusive, es compatible con las técnicas de fabricación de silicio, pudiendo fabricar dispositivos a escala nanométrica y pudiendo posteriormente despejar el camino la integración de hardware comercial en aplicaciones de deep-learning.

Jesús A. del Alamo, Profesor Donner en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación (EECS) del MIT nos dice que “Con esa información clave y las poderosas técnicas de nano fabricación que tenemos en MIT.nano, hemos podido juntar estas piezas y demostrar que estos dispositivos son intrínsecamente rápidos y funcionan con voltajes razonables... este trabajo realmente ha colocado a estos dispositivos en un punto prometedor para futuras aplicaciones “

Bilge Yildiz, profesora Breene M. Kerr en el departamento de Ciencia e Ingeniería Nuclear y Ciencia e Ingeniería de Materiales comenta que el “mecanismo de trabajo del dispositivo es la inserción electroquímica del ion más pequeño, el protón, en un óxido aislante para modular su conductividad electrónica. Debido a que estamos trabajando con dispositivos muy delgados, podríamos acelerar el movimiento de este ion mediante el uso de un fuerte campo eléctrico y llevar estos dispositivos iónicos al régimen de operación de nanosegundos”

¹ MSc. Jorge Chimarro.

JuLi, profesor de ciencia e ingeniería nuclear de Battelle Energy Alliance. profesor de ciencia e ingeniería de materiales y otro de los autores principales nos explica que "El potencial de acción en las células biológicas sube y baja con una escala de tiempo de milisegundos, ya que la diferencia de voltaje de aproximadamente 0,1 voltios está limitada por la estabilidad del agua... aquí aplicamos hasta 10 voltios a través de una película de vidrio sólido especial de espesor a nanoescala que conduce protones, sin dañarlo permanentemente. Y cuanto más fuerte es el campo, más rápidos son los dispositivos iónicos "

El autor principal y posdoctorado del MIT, Murat Onen. agrega que "Una vez que tenga un procesador analógico, ya no estará entrenando las redes en las que todos los demás están trabajando, sino que estará entrenando redes con complejidades sin precedentes que nadie más puede permitirse y, por lo tanto, las superará ampliamente a todas. En otras palabras, este no es un automóvil más rápido, es una nave espacial"

Acelerar el aprendizaje profundo

El aprendizaje profundo analógico es más rápido y eficiente energéticamente que su contraparte digital por dos razones principales. Primero, el cálculo se realiza en la memoria, por lo que no se transfieren enormes cargas de datos de la memoria al procesador. Los procesadores analógicos también realizan operaciones en paralelo. Si el tamaño de la matriz se expande, un procesador analógico no necesita más tiempo para completar nuevas operaciones porque todos los cálculos ocurren simultáneamente.

La clave en la nueva tecnología de procesador analógico del MIT es su resistencia programable protónica. Estas resistencias nanométricas, están dispuestas en matrices

como un tablero de ajedrez, y al igual que el cerebro humano, el aprendizaje ocurre por el fortalecimiento y debilitamiento de las conexiones entre sus neuronas, conocido como sinapsis. Las redes neuronales han adoptado esta estrategia durante mucho tiempo, entrenando los pesos de las redes mediante logaritmos, ahora, para el caso de este nuevo procesador, el aumentar y disminuir la conductancia eléctrica de las resistencias protónicas permite el aprendizaje automático analógico.

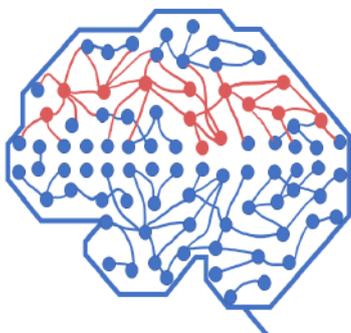
Esta conductancia está controlada por el movimiento de los protones, el aumento de protones en un canal de la resistencia aumenta la conductancia, y, para disminuirla es necesario extraer protones, la inyección y extracción de protones se logra mediante el uso de un electrolito (similar a una batería) la cual conduce protones mientras bloquea los electrones.

Una resistencia programable de ese estilo fue posible mediante el uso de vidrio fosfosilicato inorgánico (PSG), que es básicamente dióxido de silicio, el cual es un conductor de protones en condiciones de humedad. Onen planteó la hipótesis: un PSG optimizado puede tener una alta conductividad de protones a temperatura ambiente sin la necesidad de un medio húmedo, estaba en lo correcto, el PSG resultó ser el electrolito sólido ideal para esta aplicación.

Velocidad sorprendente

Para Onen, el PSG permite el movimiento ultrarrápido de protones porque contiene una multitud de poros de tamaño nanométrico cuyas superficies proporcionan caminos para la difusión de protones. Aplicar más voltaje al dispositivo permite que los protones se muevan a velocidades deslumbrantes, pero en cambio, los protones terminaron viajando a velocidades inmensas a través de la pila de dispositivos, específicamente un millón

de veces más rápido en comparación con lo que teníamos antes. Y este movimiento no daña nada, gracias al pequeño tamaño y poca masa de los protones.



Ejemplo de sinapsis en una red neuronal. Créditos: Jorge Chimarro A.

Onen respecto a la velocidad nos comenta que “La velocidad ciertamente fue sorprendente. Normalmente, no aplicaríamos campos tan extremos en los dispositivos para no convertirlos en cenizas. Pero en cambio, los protones terminaron viajando a velocidades inmensas a través de la pila de dispositivos, específicamente un millón de veces más rápido en comparación con lo que teníamos antes. Y este movimiento no daña nada, gracias al pequeño tamaño y poca masa de los protones. Es casi como teletransportarse”.

De igual manera para Li nos explica que “La escala de tiempo de nanosegundos significa que estamos cerca del régimen de tunelización balística o incluso cuántica para el protón, bajo un campo tan extremo”.

Gracias a que los protones no provocan daños en el material, la resistencia puede funcionar durante millones de ciclos sin romperse, al igual que debido a las propiedades aislantes del PSG, la cantidad de corriente que pasa a través del material cuando los protones se mueven es casi nula.

Una vez demostrado la efectividad de estos resistores programables, los investigadores planean rediseñarlos para la fabricación de alto volumen, dice del Alamo. Luego,

pueden estudiar las propiedades de las matrices de resistencias y escalarlas para que puedan integrarse en los sistemas; al mismo tiempo, planean estudiar los materiales para eliminar los cuellos de botella que limitan el voltaje que se requiere para transferir eficientemente los protones a través y desde el electrolito.

Resultados prometedores

Para Elizabeth Dickey, profesora distinguida de Teddy & Wilton Hawkins y jefa del Departamento de Materiales. Ciencias e Ingeniería de la Universidad Carnegie Mellon, que no participó en esta investigación, sin embargo, enaltece este trabajo: “demuestra un avance significativo en los dispositivos de memoria resistiva de inspiración biológica. Estos dispositivos protónicos de estado sólido se basan en un exquisito control de protones a escala atómica, similar a las sinapsis biológicas, pero a velocidades mucho más rápidas”, además, felicitó al equipo interdisciplinario del MIT por este emocionante desarrollo, que permitirá dispositivos computacionales de generación futura.

De igual manera para William Chueh, profesor asociado de ciencia e ingeniería de materiales en la Universidad de Stanford, quien no participó en esta investigación dice que “Las reacciones de intercalación como las que se encuentran en las baterías de iones de litio se han explorado ampliamente para los dispositivos de memoria. Este trabajo demuestra que los dispositivos de memoria basados en protones ofrecen una velocidad de conmutación y una resistencia impresionantes y sorprendentes”, además “Sienta las bases para una nueva clase de dispositivos de memoria para impulsar algoritmos de aprendizaje profundo”

Fuente:

Zewe A., (2022, Julio), New hardware offers faster computation for artificial intelligence, with much less energy, MIT News, <https://news.mit.edu/2022/analog-deep-learning-ai-computing-0728>