

IA sur un dispositif MEMS : Apprentissage machine neuromorphique dans les MEMS

Contexte

Les microsystèmes électromécaniques (MEMS) sont omniprésents dans les appareils modernes. Ils sont particulièrement utiles en tant que capteurs pour mesurer l'orientation, l'accélération ou la pression acoustique. Un téléphone intelligent typique contient une demi-douzaine de capteurs MEMS, tandis que plus d'un tiers des capteurs d'une voiture moderne sont des MEMS (y compris dans les sous-systèmes de coussins gonflables de sécurité, de capotage, de dérapage, de pression des pneus et de contrôle dynamique). Le marché mondial des MEMS et des capteurs devrait atteindre 26,1 milliards de dollars d'ici 2023 (un taux de croissance annuel composé d'environ 10% pour 2018-2023(CAGR), selon Market Research Future). Les MEMS fournissent des signaux électriques en réponse aux stimuli mesurés. Ces signaux doivent en général être traités et analysés par des composants électroniques complexes, qui consomment beaucoup d'espace et d'énergie, en particulier dans les dispositifs portables ou mobiles (où les MEMS sont principalement utilisés). Une intégration plus efficace des MEMS et des moteurs de traitement du signal avancés permettrait à un certain nombre de dispositifs d'être nettement plus efficaces, moins chers et plus robustes, en particulier pour les appareils électroniques mobiles, les véhicules automobiles et les robots.

Description

Une nouvelle architecture MEMS (AI-MEMS) a été développée pour produire des dispositifs présentant les caractéristiques combinées des capteurs MEMS conventionnels et des processeurs de signaux par apprentissage machine. La partie capteur de l'appareil est conçue comme un MEMS classique, mais elle est couplée à un résonateur à dynamique non linéaire, qui est utilisé pour implémenter des fonctionnalités d'apprentissage machine dans le domaine mécanique. Le résultat est un capteur MEMS capable de mesurer un stimulus et d'être entraîné à générer un signal de sortie pour une tâche donnée. Les accéléromètres montés sur une structure de robot pouvant générer directement des signaux de commande pour le robot, ainsi que les microphones capables de reconnaître des mots prononcés, sont des exemples de dispositifs utilisant cette nouvelle architecture MEMS. Dans tous les cas, les AI-MEMS utilisent une électronique simple et très compacte, et ils peuvent être fabriqués à l'aide de méthodes conventionnelles. Les AI-MEMS intègrent une forme d'apprentissage machine (ou intelligence artificielle) qui peut être utile pour construire des systèmes robustes en enseignant une réponse appropriée à différents stimuli ou en utilisant d'autres formes d'apprentissage (telles que l'apprentissage non supervisé). Les AI-MEMS permettent également aux concepteurs de systèmes de contourner complètement de nombreux types de composants électroniques lents, encombrants, et énergivores.

L'approche AI-MEMS a été décrite pour la première fois dans une publication scientifique qui a été bien couverte dans les médias grand public. Il a été démontré qu'il fonctionnait très bien dans les tests de performance en traitement de signal appliqués aux données du capteur recueillies par l'AI-MEMS, notamment le traitement de séquences de bits, la reconnaissance des chiffres prononcés, la commande d'un pendule inversé et la commande d'un drone.

Applications

Cette technologie est extrêmement flexible et permet de remplacer de nombreux capteurs MEMS et l'électronique associée au traitement des signaux. L'approche AI-MEMS est particulièrement utile dans les applications où le coût, la taille ou le poids du système (par exemple, les appareils portatifs), l'efficacité énergétique (par exemple, les appareils alimentés par batterie), le fonctionnement en temps réel (par exemple, le contrôle robotique) ou l'apprentissage et la capacité d'entraînement sont des caractéristiques importantes.

La nouvelle architecture MEMS (AI-MEMS) peut être utilisée dans divers produits. Voici quelques exemples de cas d'utilisation importants:

- **Contrôle vocal léger** (dizaines de mots, puce de taille inférieure au millimètre)
- **Détection de vibrations anormales** : dans les voitures ou les machines lourdes (entretien préventif)
- **Technologie portable** (par exemple, détection de modèles de mouvement pouvant entraîner des chutes chez les personnes âgées)
- **Filtrage des événements significatifs** avant la transmission des données dans les réseaux de capteurs (par exemple, dans les applications de l'Internet des objets)



Pavillon Irénée-Pinard
2500, boul. de l'Université, bur. B6-3012
Sherbrooke QC J1K 2R1
CANADA
t 819 821-7961

- **Contrôle de drones ultra-miniature**

Avantages commerciaux

- **Réduction des coûts :**
 - **Faible coût de fabrication :** pour les AI-MEMS grâce à l'utilisation de techniques reconnues de fabrication de MEMS
 - **Réduction des coûts d'application :** élimination ou réduction de la taille des composants électroniques (par exemple, grands microprocesseurs / FPGA, mémoire), réduction de la capacité de la batterie et d'autres éléments du système (par exemple réduction de la bande passante pour le transfert de données).
- **Performance et efficacité accrues:**
 - **Amélioration des niveaux de performance** (par exemple, poids réduit, durée de vie accrue de la batterie).
- **Augmentation de la part de marché:**
 - **Développement d'applications entièrement nouvelles:** en utilisant le coût, la taille et l'efficacité énergétique des AI-MEMS, ainsi que des capacités d'apprentissage machine.
 - **Extrêmement polyvalent:** peut remplacer de nombreux capteurs MEMS et l'électronique associée au traitement des signaux

Avantages techniques

- **Réduction des coûts de fabrication :**
 - Capacités hautement intégrées de détection et de traitement du signal dans un seul MEMS
 - Processus simple: utilisation des infrastructures de fabrication MEMS standard
- **Capacité accrue :**
 - **Petites dimensions**
 - **Faible poids**
 - **Génération directe de signaux de contrôle à partir de la puce du capteur**
- **Haute performance et efficacité:**
 - **Faible consommation d'énergie**
 - **Grande vitesse de traitement**
 - **Robustesse**
 - **Capacités intégrées d'apprentissage machine**

Propriété Intellectuelle

Demande de brevet provisoire 62/780,589
Licence commerciale disponible

Contact inventeur

Professeur Julien Sylvestre
julien.sylvestre@usherbrooke.ca
819 821-8000, poste 62154

<https://www.usherbrooke.ca/gmecanique/departement/corps-professoral/julien-sylvestre/#c73828>

Contact TransferTech Sherbrooke

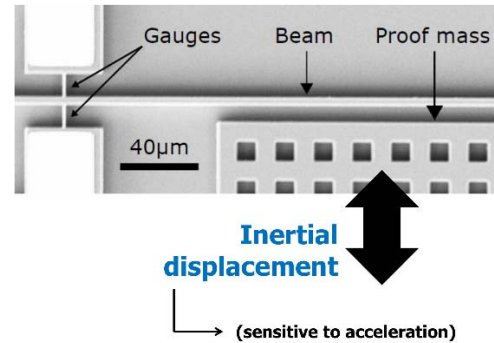
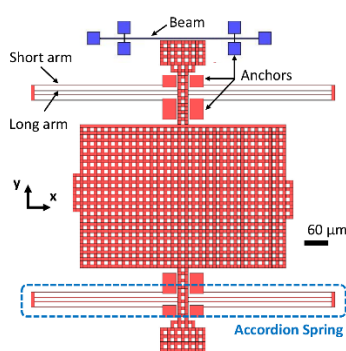
Josianne Vigneault
J.Vigneault@transfertech.ca
819 821-7961, poste 66774
www.transfertech.ca

Annexe

Exemple :

Ci-dessous des exemples de prototypes d'accéléromètre AI-MEMS, qui ont été formés pour traiter des fonctions non linéaires sur des flux de bits (où les bits correspondent à des niveaux d'accélération faibles ou élevés), pour apprendre la réponse non linéaire d'un système complexe et prédire sa trajectoire pour contrôler un pendule inversé ou contrôler un drone.

D'autres conceptions et structures de capteurs sont également disponibles



Articles :

Journal of Applied Physics : <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5038038>

PLOS One Paper : <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0178663>

Notre invention dans les médias :

<https://spectrum.ieee.org/tech-talk/robotics/artificial-intelligence/artificial-intelligence-on-a-mems-device-brings-neuromorphic-computing-to-the-edge>

<https://phys.org/news/2018-10-reservoir-first-ever-microelectromechanical-neural-network.html>

<https://www.usherbrooke.ca/actualites/nouvelles/nouvelles-details/article/38791/>

<https://cacm.acm.org/news/232100-ai-on-a-mems-device-brings-neuromorphic-computing-to-the-edge/fulltext>

https://www.eurekalert.org/pub_releases/2018-10/aiop-nrc101118.php

<https://www.sciencedaily.com/releases/2018/10/181016131940.htm>