

Capteurs intelligents : du Big Data aux « smart data » avec l'intelligence artificielle

Par Dzianis Lukashevich, directeur Plateformes et Solutions, Analog Devices, Inc., et Felix Sawo, CEO de Knowtion



Les applications utilisées dans le cadre du concept Industrie 4.0 génèrent un énorme volume de données d'une grande complexité, communément appelé « Big Data ». Le nombre croissant de capteurs et, de façon générale, de sources de données permet de visualiser les machines, systèmes et autres processus sous une forme virtuelle extrêmement détaillée, ce qui augmente naturellement le potentiel de valorisation d'un bout à l'autre de la chaîne de valeur. Toutefois, une question demeure : comment extraire effectivement cette « valeur ajoutée » alors que les systèmes et les architectures de traitement des données gagnent régulièrement en complexité. Seules des données utiles, pertinentes et de haute qualité — autrement dit, des données intelligentes (« smart data ») — peuvent permettre aux entreprises d'en exploiter pleinement le potentiel économique.

Défis

Collecter toutes les données possibles et imaginables avant de les stocker sur le cloud en espérant qu'elles soient un jour évaluées, analysées et structurées constitue une approche courante qui est utilisée sans grande efficacité pour extraire la valeur présente dans les données. Le potentiel de création de valeur ajoutée que recèlent ces données demeure sous-exploité, et trouver une solution *a posteriori* devient plus complexe.

Il est par conséquent préférable de réfléchir en amont afin de déterminer, d'une part, quelles informations sont pertinentes pour l'application visée et, d'autre part, à quel point du flux de données les informations peuvent être extraites. Cet « affinage » permet de rendre intelligentes des données brutes extraites à différents niveaux de la chaîne de traitement. Le choix des algorithmes d'intelligence artificielle (IA) présentant une forte probabilité de réussite à chaque étape du traitement peut être effectué au niveau des applications. Cette décision dépend de facteurs tels que les données disponibles, le type d'application, les modes de détection disponibles et les informations d'arrière-plan relatives aux processus physiques de niveau inférieur.

À chaque étape du traitement, les données doivent être manipulées et interprétées avec soin pour que les signaux collectés par les capteurs génèrent une réelle valeur ajoutée. En fonction de l'application, il peut être difficile d'interpréter correctement les données discrètes captées et d'en extraire les informations souhaitées. Le comportement au fil du temps joue un rôle important et influence directement les informations recherchées. En outre, il convient souvent de tenir compte des dépendances entre plusieurs capteurs. Pour les tâches complexes, définir de simples valeurs de seuil ou une logique ou des règles déterminées manuellement ne suffisent plus.

Algorithmes d'IA

En revanche, le traitement des données à l'aide d'algorithmes à base d'intelligence artificielle permet d'automatiser l'analyse des données complexes. Grâce à cette analyse, les informations souhaitées et, par conséquent, la valeur ajoutée, sont automatiquement extraites des données collectées tout au long de la chaîne de traitement.

Pour la construction de modèles — une opération à part entière de tout algorithme d'IA —, deux approches différentes existent.

L'une des approches consiste à créer des modèles en s'appuyant sur des formules et des relations explicites entre les données et les informations souhaitées. Ces méthodes nécessitent la disponibilité d'informations d'arrière-plan physiques sous la forme d'une description mathématique. Ces approches « basées sur un modèle » associent les données collectées par des capteurs à ces informations d'arrière-plan pour que les informations souhaitées affichent une plus grande précision. Le filtre de Kalman en est l'exemple le plus connu.

Si des données sont disponibles, mais sans informations d'arrière-plan pouvant être décrites sous la forme d'une équation mathématique, il convient d'opter pour une approche orientée-données ». Ces algorithmes extraient directement les informations souhaitées à partir des données et couvrent toute la gamme des méthodes d'apprentissage automatique, parmi lesquelles la régression linéaire, les réseaux de neurones, la forêt aléatoire et les modèles de Markov cachés

Le choix d'une méthode d'intelligence artificielle dépend dans de nombreux cas de la connaissance de l'application. Si de vastes connaissances spécialisées sont disponibles, l'IA jouera un rôle de support et les algorithmes utilisés seront assez rudimentaires. *A contrario*, si aucune connaissance spécialisée n'est accessible, les algorithmes d'IA utilisés seront nettement plus complexes. Dans de nombreux cas, c'est l'application qui définit le matériel et, par là même, les limites des algorithmes d'IA.

Mise en œuvre intégrée, en périphérie ou en cloud

La chaîne de traitement des données, intégrant l'ensemble des algorithmes nécessaires à chaque étape, doit être mise en œuvre de manière à générer la valeur ajoutée la plus élevée possible. Cette implémentation a généralement lieu à un niveau global — des petits capteurs aux ressources de calcul limitées jusqu'aux grands ordinateurs connectés au cloud, en passant par les passerelles et les ordinateurs en périphérie de réseau. Bien évidemment, les algorithmes ne doivent pas être mis en œuvre à un seul et unique niveau. Au contraire, il est généralement plus intéressant d'implémenter les algorithmes au plus près des capteurs. Les

données peuvent ainsi être compressées et affinées à un stade précoce, avec à la clé une réduction des coûts de communications et de stockage. En outre, en extrayant de façon précoce les informations essentielles présentes dans les données, il est plus facile de développer des algorithmes globaux aux niveaux supérieurs. Dans la plupart des cas, les algorithmes issus du domaine de l'analyse en continu évitent également de stocker des données, ce qui abaisse le coût inhérent à leur transfert et leur enregistrement. Ces algorithmes utilisent chaque point de données une seule et unique fois ; en d'autres termes, les informations complètes sont extraites directement et il est inutile de stocker les données.

Plateforme embarquée avec algorithmes d'IA

Architecturé autour d'un processeur ARM® Cortex®-M4F, l'[ADuCM4050](#) d'ADI est un microcontrôleur basse consommation qui intègre une fonction de gestion de l'énergie, ainsi que des périphériques analogiques et numériques d'acquisition de données, de traitement, de contrôle et de connectivité. De tels atouts en font une solution idéale pour procéder au traitement local et à l'affinage précoce des données grâce à des algorithmes d'IA intelligents.

La plateforme de développement et d'évaluation ultra-basse consommation [EV-COG-AD4050LZ](#) est conçue pour le vaste portefeuille de capteurs, microcontrôleurs et émetteurs-récepteurs HF d'ADI. La carte d'extension (*shield*) [EV-GEAR-MEMS1Z](#) a été principalement, mais pas uniquement, conçue pour évaluer diverses technologies MEMS développées par ADI. À titre d'exemple, les accéléromètres de la série [ADXL35x](#) utilisés dans cette carte d'extension, parmi lesquels l'[ADXL355](#), conjuguent une très bonne rectification des vibrations, une répétabilité à long terme et un faible niveau de bruit dans un format compact. La combinaison de la plateforme EV-COG-AD4050LZ et de la carte EV-GEAR-MEMS1Z permet d'aborder le monde de la santé structurelle et de la maintenance prédictive (CbM) qui repose sur l'analyse des vibrations, du niveau de bruit et de la température. Le cas échéant, d'autres capteurs peuvent être connectés à la plateforme COG, de sorte que les méthodes d'IA utilisées fourniront une meilleure estimation de la situation en cours grâce à la fusion de données « multicapteurs ». De cette façon, différents états de fonctionnement et de défaillance peuvent être classés avec une meilleure granularité et une probabilité plus élevée. Grâce au traitement intelligent des signaux sur la plateforme COG, le Big Data se transforme localement en « smart data », si bien que seules les données pertinentes pour l'application seront envoyées en périphérie de réseau ou sur le cloud.

La plateforme COG contient des cartes d'extension (*shield*) supplémentaires pour les communications sans fil. Par exemple, l'[EV-COG-SMARTMESH1Z](#) conjugue un haut niveau de fiabilité et de robustesse, une consommation électrique extrêmement faible et un protocole de communications 6LoWPAN/802.15.4e qui couvre un grand nombre d'applications industrielles. Le réseau IP SmartMesh® est composé d'un maillage multi-sauts hautement modulaire et évolutif, se réorganisant automatiquement et dont les nœuds sans fil collectent et relaient les données. Un administrateur surveille et gère les performances et la sécurité du réseau, tout en échangeant les données avec une application hôte.

L'intelligence artificielle embarquée peut être utilisée pour extraire toute la valeur ajoutée des données disponibles, en particulier pour les systèmes de maintenance prédictive sans fil alimentés par batterie. La conversion locale des données recueillies par des capteurs en données intelligentes à l'aide des algorithmes d'IA intégrés au microcontrôleur ADuCM4050

réduit le flux de données, ce qui minimise la consommation d'énergie par rapport à la transmission directe des données entre les capteurs et la périphérie de réseau ou le cloud.

Applications

La plateforme de développement du COG, et notamment les algorithmes d'IA développés à son attention, couvre un très large éventail d'applications dans le domaine de la surveillance des machines, des systèmes, des structures et des processus, de la simple détection d'anomalies jusqu'au diagnostic de défauts complexes. Grâce aux accéléromètres, au microphone et au capteur de température intégrés, cette plateforme permet, par exemple, de surveiller les niveaux de vibrations et de bruit de diverses machines et systèmes industriels. L'état des processus, l'endommagement des roulements ou du stator, la défaillance de l'électronique de commande, voire des changements inconnus dans le comportement du système — en raison, par exemple, d'une électronique endommagée — peuvent être détectés par l'IA embarquée. Si un modèle prédictif existe, certains dommages pourront même être prédits localement. Cette approche permet de prendre rapidement des mesures de maintenance et ainsi d'éviter des pannes inutiles. En l'absence de modèle prédictif, la plateforme COG peut également aider les experts à « apprendre » le comportement d'une machine et, au fil du temps, en déduire un modèle complet aux fins de maintenance prédictive.

Conclusion

Idéalement, en procédant à l'analyse des données locales correspondantes, les algorithmes d'IA embarqués devraient pouvoir décider quels capteurs sont utiles à telle ou telle application, et quel algorithme convient de façon optimale à ladite application. Cette approche nécessite une évolutivité intelligente de la plateforme. À l'heure actuelle, il revient encore aux experts d'identifier l'algorithme qui convient à une application, même si les algorithmes à base d'IA que nous utilisons peuvent déjà être adaptés à diverses applications de surveillance de l'état des machines moyennant un effort de mise en œuvre minime.

L'IA embarquée doit également prendre une décision concernant la qualité des données et, si elle est insuffisante, trouver et apporter les réglages optimaux pour les capteurs et l'ensemble de la chaîne de traitement du signal. Si différents modes de détection sont utilisés pour la fusion, les inconvénients de certains capteurs et de certaines méthodes peuvent être compensés par l'utilisation d'un algorithme à base d'IA. La qualité des données et la fiabilité du système s'en trouvent ainsi améliorées. Si un capteur est classé par l'algorithme à base d'IA comme « pas » ou « peu pertinent » pour l'application concernée, son flux de données sera réduit en conséquence.

La plateforme ouverte COG d'ADI contient un [kit de développement logiciel](#) disponible gratuitement, ainsi que de nombreux exemples de projets matériels et logiciels permettant d'accélérer la création de prototypes, faciliter le développement et concrétiser des idées originales. Grâce à la fusion de données collectées par plusieurs capteurs (EV-GEAR-MEMS1Z) et à l'IA embarquée (EV-COG-AD4050LZ), il est possible de créer un réseau maillé sans fil (SMARTMESH1Z) de capteurs intelligents, qui allie robustesse et fiabilité.