

Maintenance, réparation et remise en état et IIoT

Auteur : Edel Griffith Technical Marketing Manager at S3 Semiconductors

Les processus MRO (Maintenance, Repair and Overhaul, ou maintenance, réparation et remise en état) sont importants dans toute industrie pour obtenir le meilleur ROA (Return On Assets, ou retour sur actifs) possible. C'est particulièrement vrai pour les industries très capitalistiques comme les industries pétrolière et gazière, l'industrie chimique, l'exploitation minière ou l'aéronautique. Par exemple, pour une compagnie aérienne, le MRO peut représenter jusqu'à 15% des coûts d'exploitation.

Le MRO fait appel à de nombreuses fonctions au sein de l'entreprise, comme des systèmes pour collecter, stocker et analyser des données, gérer la documentation des procédures, la planification des ressources, la chaîne d'approvisionnement et la planification des livraisons aux clients. Il doit également veiller à ce que les opérations restent conformes à toutes les normes et réglementations applicables en matière de qualité et de sécurité. Accroître le niveau de maturité de ces processus réduit les coûts de maintenance, mais procure aussi des avantages commerciaux.

Cet article examine comment la combinaison de la technologie des capteurs, de l'IIoT (Industrial Internet of Things, ou Internet industriel des objets), et de l'analyse de données avancée, permet aux entreprises d'améliorer leurs stratégies MRO.

Niveaux de maturité MRO

L'objectif du MRO est d'utiliser le plus efficacement possible les ressources de l'entreprise pour améliorer la productivité et la rentabilité. Ceci peut se faire en minimisant les temps d'arrêt et en optimisant l'ordonnancement du travail. Les données provenant de tous les composants du système (par exemple, les machines d'une usine ou les sous-systèmes d'un avion) peuvent servir à surveiller l'état du

système et à réduire les temps et les coûts de maintenance, notamment quand celle-ci n'est pas nécessaire.

Un système MRO efficace, s'appuyant sur la technologie IIoT, réduit le temps consacré à la maintenance, en s'assurant qu'elle ne soit effectuée que lorsque c'est nécessaire ; par exemple, en cas de signes avant-coureurs de panne de composant. Des processus de maintenance plus efficaces permettent de prolonger la vie des équipements, ce qui contribue également au ROA.

Les différents niveaux de maturité d'un processus MRO se caractérisent comme suit (source ARC Advisory Group) :

1. **Réactif** : Tourner jusqu'à ce qu'une panne se produise, puis réparer ou remplacer. Approprié lorsque la panne est improbable, non critique et facilement réparable. Exemple : autoradio.
2. **Préventif** : Effectuer une maintenance à période fixe ou à intervalle d'utilisation fixe. Utilisé lorsque la probabilité de panne augmente avec l'âge, ou le temps d'utilisation, de l'actif. Exemple : remplacer l'huile moteur tous les 8.000 km.
3. **Fonction de l'état** : Vérifier les tendances négatives ou suivre une autre logique basée sur une certaine valeur de données. Comprend les inspections et la collecte manuelle des données. Convient aux actifs dont les défaillances sont aléatoires ou imprévisibles. Exemples : pression d'huile, température du liquide de refroidissement ou diagnostic OBD (On-Board Diagnostics, ou diagnostic embarqué).
4. **Prédictif** : Utiliser des algorithmes spécifiques à l'équipement ou le "machine learning" (apprentissage machine). Utilise plusieurs équipements et des données de processus (analyse multi-variables) et, typiquement, collecte de données automatisée. Adapté aux actifs critiques où les temps d'arrêt non-planifiés ont un impact significatif sur l'activité de l'entreprise. Exemple : système de gestion de batterie dans les voitures électriques.
5. **Prescriptif** : Identifier les problèmes et les réparations nécessaires; grâce à des données temps-réel, à la modélisation cyber-physique, et à l'analyse multi-variables. Adapté aux actifs complexes nécessitant des compétences avancées pour diagnostiquer les problèmes. Peut nécessiter une

connaissance de la dynamique des processus. Exemple : équipement de diagnostic de niveau concessionnaire.

Les exigences strictes en matière de sécurité et la nature hautement concurrentielle de l'industrie aéronautique ont conduit à l'élaboration de nouveaux modèles économiques et de nouveaux processus MRO. D'autres industries sont mues par des moteurs différents, comme les coûts ou la satisfaction des clients, que l'on peut également améliorer par une stratégie MRO plus efficace. Une production plus efficace et plus prévisible, sans retards inattendus causés par des pannes, améliore la qualité des produits et la satisfaction des clients.

Même des gains minimes d'efficacité MRO peuvent apporter un avantage concurrentiel.

IloT/Industrie 4,0

Les technologies derrière l'IloT favorisent l'atteinte des objectifs MRO, en permettant la collecte, l'analyse et la communication continue de données.

Réalisant que ces technologies pouvaient transformer l'industrie, le gouvernement allemand a développé une stratégie de haute technologie dénommée "Industrie 4.0", pour promouvoir l'informatisation des systèmes de production. Cela est vu comme la quatrième révolution industrielle, allant au-delà de l'automatisation et de la robotique, pour créer des systèmes en réseau, qui s'appuient sur la fusion de données, les communications et l'apprentissage machine. Cela permet le contrôle et la surveillance de sous-systèmes d'être affectés à des nœuds de traitement locaux. Ces concepts sont désormais appliqués à un large éventail d'industries, au-delà de la simple fabrication.

Ceci fait appel à des technologies telles que :

- Création d'un modèle virtuel du système pour simuler les effets des changements.
- Utilisation de l'apprentissage machine et de l'IA (intelligence artificielle) pour permettre une planification intelligente et une prise de décision autonome.
- Mise en place de communications en temps réel entre les capteurs, les actionneurs, les nœuds de traitement et les utilisateurs.
- Fourniture d'une aide technique aux personnes qui gèrent et assurent la maintenance des systèmes.

Ces systèmes permettent de passer d'une maintenance préventive, effectuée sur une base régulière - qu'il y ait des pannes ou non - à une approche plus efficace basée sur des données. Cela fait appel à de nombreuses sources d'information sur le système pour mettre en place des processus prédictifs (déterminer qu'une panne est possible) et prescriptifs (identifier les causes de pannes).

Un modèle de maintenance réactive ou préventive simple peut entraîner des temps d'arrêt non-planifiés, ou une maintenance planifiée des systèmes, même lorsqu'elle n'est pas réellement nécessaire. Cela peut représenter un coût énorme pour l'entreprise ; par exemple, fermer une raffinerie de pétrole peut coûter plus de 20 millions de dollars par jour (et les procédures d'arrêt et de redémarrage elles-mêmes peuvent prendre plusieurs jours). Fournir des informations plus détaillées peut améliorer la planification des processus MRO, et aussi permettre d'éviter un arrêt complet en isolant certains sous-systèmes spécifiques qui doivent absolument rester opérationnels.

Une méthodologie basée sur des données issues de l'apprentissage machine et des technologies d'IA, permet d'augmenter le niveau de maturité du processus en prévoyant les problèmes, et même en prescrivant des solutions.

La maintenance prescriptive permet une meilleure utilisation des actifs en minimisant les temps d'arrêt, en maintenant le système dans un état de fonctionnement optimal, et en réduisant les coûts par rapport à un entretien purement préventif.

L'une des difficultés de cette approche est la gestion de l'énorme volume de données générées. Par exemple, un avion produit plusieurs téraoctets de données à partir de ces nombreux capteurs ; le moteur seul peut générer 5.000 données par seconde.

Les systèmes complexes nécessitent de nombreux types de capteurs, avec des contraintes spécifiques au niveau interface et traitement. Certaines données de capteurs doivent être traitées localement, en périphérie, afin de fournir une réponse en temps réel. D'autres données peuvent être envoyées dans le Cloud pour une analyse plus approfondie à l'aide d'apprentissage machine ou d'algorithmes d'IA.

Ces données permettent de détecter les signes précoces de panne, bien avant qu'un problème ne survienne. En plus de prédire une panne potentielle, le système peut également en déterminer la cause. Ces informations peuvent servir à planifier la maintenance. Dans un avion par exemple, les données recueillies en vol peuvent

servir à commander les pièces nécessaires et à planifier la maintenance à l'atterrissage de l'avion. Cela réduit le temps d'immobilisation de l'avion au sol, ce qui représente un coût à éviter pour la compagnie aérienne.

Cela nécessite une surveillance continue et en temps réel de tous les composants du système. Ceci est rendu possible par la technologie IIoT, ainsi chaque sous-système peut être équipé de capteurs, de capacités de traitement et de moyens de communication.

Plates-formes IIoT

Le nombre et la variété des dispositifs et des sous-systèmes mis en réseau dans le cadre de l'IIoT augmentent rapidement. Beaucoup d'entre eux nécessitent de nouveaux types de capteurs et davantage de puissance, pour traiter les données en temps réel en périphérie.

Les capteurs permettent de mesurer un certain nombre de paramètres environnementaux, allant de la température et de la pression, à l'accélération et à l'orientation. Nombre de ces capteurs disposent de sorties analogiques, nécessitant un conditionnement du signal et une conversion analogique-numérique.

Ces besoins doivent être mis en balance avec les limites de consommation énergétiques et les contraintes d'encombrement des appareils mobiles.

Il existe plusieurs protocoles de communication sans fil, chacun ayant des caractéristiques de vitesse, de portée et de consommation différentes. Le choix de l'un ou l'autre dépend des besoins du système ; par exemple de la quantité de données à transmettre et du budget énergétique. Le tableau ci-dessous résume les principaux attributs des normes les plus couramment utilisées.

	Puissance (vie de la batterie)	Débit de données	Portée
Wi-Fi	Elevée (jours)	11 à 450 Mbits/s	Jusqu'à 100 m
Bluetooth	Faible (semaines)	723 ko/s	Jusqu'à 100m [1]
IEEE 802.15.4	Très faible (mois ou années)	250 ko/s	10 à 300m

[1] Bluetooth 5 augmente la portée maximale à 400 m.
--

Tableau 1 : Technologies de communication sans fil

Le Wi-Fi est optimisé pour le transfert de données rapide et ne convient pas aux applications à très faible consommation. Il peut encore être utile dans les réseaux IIoT en tant que lien entre le système et le Cloud.

Les nouvelles technologies réseau, comme Zigbee, 6LoWPAN et d'autres basées sur IEEE 802.15.4 supportent la transmission de données à très faible consommation. Elles utilisent aussi une topologie maillée, où chaque nœud peut communiquer avec n'importe quel autre nœud, ce qui permet de créer de grands réseaux, qui ne soient pas limités par la portée du protocole sans fil.

Répondre à tous les besoins des nœuds IIoT ne peut se faire qu'en utilisant une solution SoC (System on Chip, ou système sur puce). Une telle solution intègre la plupart des fonctionnalités requises sur une seule puce, notamment une CPU, des interfaces de capteurs analogiques et des communications sans fil. La conception d'un SoC personnalisé requiert une expertise dans la conception, la vérification et la fabrication de silicium. La plupart des entreprises, qui n'ont pas ces compétences, choisissent de travailler avec une tierce partie, comme S3 Semiconductors, qui développe de tels systèmes depuis plus de 20 ans. S3semi a développé une offre complète d'interfaces et de technologies de support de capteurs, qui permettent de concevoir des SoC personnalisés à l'aide de la plateforme [SmartEdge](#) ; voir Figure 1.

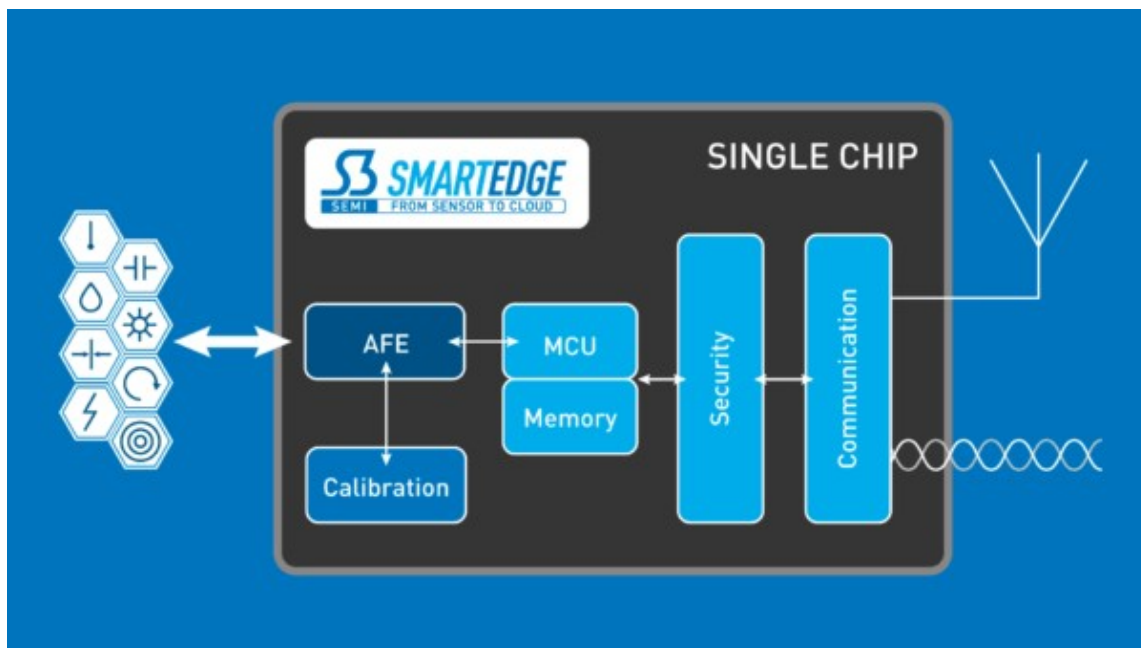


Figure 1 : La plate-forme SmartEdge de S3 Semiconductors

Exemples de plateformes IIoT

Etant donné que les processus MRO sont devenus plus complexes, les entreprises ont besoin d'appliquer des techniques de "big data" pour analyser les énormes quantités de données, provenant des nombreux capteurs de leurs systèmes. Il s'agit d'un nouveau défi pour de nombreuses entreprises.

Il y a maintenant plusieurs entreprises qui fournissent des services et des outils pour le développement et le déploiement d'applications, la gestion des nœuds IIoT et la communication, et l'analyse de données.

Au Japon, Yokogawa Electric développe une infrastructure IIoT pour fournir un accès distant aux données système. Un premier projet consiste à surveiller l'état des pompes, fabriquées par son partenaire Iwaki, qui sont utilisées dans les usines chimiques et agro-alimentaires. Les données d'exploitation comme le courant consommé par une pompe, la pression de refoulement et le débit, et la température, sont transmises au Cloud via une passerelle IIoT, permettant aux gestionnaires d'installations d'y accéder depuis n'importe quel endroit.

Air France-KLM a créé une division Ingénierie et Maintenance (AFI KLM E&M) pour proposer des services de support MRO à d'autres compagnies aériennes.

L'entreprise a développé un outil logiciel appelé PROGNOS, qui utilise les données

téléchargées automatiquement à partir de l'avion pour prédire les pannes de composants. Les résultats sont transférés au centre de maintenance, et permettent aux ingénieurs de planifier la maintenance nécessaire. Développé à l'origine pour les moteurs, le système est désormais étendu à d'autres sous-systèmes de l'avion.

Conclusion

Les processus MRO sont de plus en plus axés sur les données et peuvent exploiter la technologie IIoT pour collecter et analyser les données. Le volume de données produit par les capteurs intégrés à l'intérieur des actifs a augmenté de façon spectaculaire. Des solutions innovantes sont nécessaires pour convertir ces données en informations capables d'aider la prise de décision et de maximiser le retour sur investissements.

Les grandes entreprises investissent aujourd'hui dans le matériel et les logiciels IIoT, pour passer de processus de maintenance planifiés, à des modèles prédictifs et prescriptifs plus efficaces. Un ASIC personnalisé est le moyen le plus efficace d'intégrer les interfaces de capteurs, les communications et la capacité de traitement dont a besoin votre application spécifique.

L'existence de fonderies de semi-conducteurs, d'un vaste catalogue d'IP (Intellectual Property, ou propriété intellectuelle) de grande qualité et éprouvée sur silicium, et d'entreprises de conception spécialisées, signifie que l'option ASIC personnalisé est à la portée de la plupart des entreprises.

Niveaux de maturité ARC Advisory Group : <https://www.arcweb.com/industry-concepts/asset-performance-management-maturity-model>