Technologies clés pour des usines 4.0 – Jumelages numériques

Mark Patrick, Mouser Electronics

L'Union européenne représente actuellement plus de 30 % des investissements mondiaux dans l'industrie 4.0, et les usines intelligentes (en particulier celles utilisées pour la production automobile) sont en plein essor dans la zone Europe. Concept essentiel de l'usine intelligente, le jumelage numérique intègre les capteurs/appareils IoT, l'analyse et le stockage des données, ainsi que l'apprentissage machine au niveau système.

Comme mentionné dans l'article précédent de cette série en six parties, un jumeau numérique peut être défini simplement comme une représentation à définition logicielle d'une opération physique. Il peut être créé pour émuler un actif donné au sein d'un atelier (comme un élément de machinerie) ou potentiellement l'ensemble du site ; il permet également d'émuler des produits individuels après leur départ de l'usine. Dans les systèmes de capteurs, de stockage sur le cloud et d'algorithmes IA intégrés, les jumeaux numériques peuvent collecter, assimiler et analyser les données afin d'établir des prédictions (communément appelées « inférences »). En offrant un mode de visualisation des données plus simple et plus concret, les jumeaux numériques aident les parties prenantes à collaborer et à prendre des mesures concrètes.

Cas d'utilisation - Conception/test produit

En simulant le fonctionnement d'un composant du produit (ou d'un produit dans son ensemble) dans des conditions variables, les jumeaux numériques peuvent identifier des problèmes qui émergent généralement bien plus tard, après le prototypage ou lors des tests finaux. Cette identification anticipée améliore non seulement la conception initiale du produit, mais limite également le nombre de cycles de test requis, accélérant ainsi les phases de développement tout en réduisant les délais de commercialisation et les coûts de conception.

Prenons l'exemple de Maserati : lors de la conception de la gamme de véhicules Ghibli, le constructeur italien a créé un jumeau numérique de sa voiture. Celui-ci a contribué à résoudre les problèmes de conception en réduisant le nombre de tests en soufflerie et de tests de conduite, tout en limitant le nombre de prototypes requis avant la finalisation du produit. En outre, Maserati a utilisé le jumeau numérique pour planifier la production des composants automobiles et l'automatisation du procédé de fabrication. Le jumelage numérique a également permis d'optimiser la chaîne d'approvisionnement : Maserati a pu réduire les délais de commercialisation d'environ 50 %, soit 16 mois (dépassant de loin les attentes standard du secteur automobile, en particulier dans sa branche haut de gamme).

Alors que la demande de produits personnalisés ne cesse de croître, les jumeaux numériques vont également s'avérer très utiles en matière d'adaptation de produits. Jusqu'à présent, pour intégrer les exigences du client dans le processus de fabrication, il était nécessaire d'effectuer des ajustements sur les lignes de production, ce qui provoquait souvent un allongement considérable des délais. En utilisant un jumeau numérique, les ingénieurs sont en mesure d'observer l'impact de la personnalisation sur la ligne de production, et peuvent déterminer comment la mettre en œuvre sans générer de délais dans la chaîne d'assemblage ou de coûts supplémentaires.

Une fois le produit déployé, son jumeau numérique aide le fabricant à comprendre dans quelle mesure les différentes configurations affecteront ses performances, ce qui lui permet de faire des recommandations mieux avisées au client concernant la reconfiguration.

Cas d’utilisation - Optimisation de la production

La visualisation des données permise par un jumeau numérique influence considérablement les modes de communication et de collaboration des équipes. Même avant le lancement en production, le jumeau numérique aide à simuler et à prévoir le processus de fabrication d’un produit à l’aide de données historiques et comparatives – afin que les ingénieurs puissent identifier les zones d’amélioration. En cas de problème lors de la production, des alertes sont immédiatement envoyées aux responsables concernés, accélérant ainsi l’identification et la correction des points de défaillance.

Cette technologie permet aux parties prenantes de mieux comprendre comment les différents processus de production s’influencent mutuellement, pour identifier et résoudre les scénarios problématiques de façon proactive. Les capteurs installés sur chaque machine consignent des données en continu, offrant aux collaborateurs un meilleur aperçu des relations entre les étapes de production et la qualité des produits. Ainsi, un système de jumeaux numériques peut aider les ingénieurs d’un atelier de soudage à analyser le flux de travail et les tâches effectuées par les bras robotiques, afin d’identifier le trajet robotique optimal pour améliorer la qualité et la productivité du processus. Cet exemple préfigure les collaborations humains-robots qui devraient voir le jour dans un futur proche : les robots (ou cobots) assumeront les travaux dangereux et les tâches répétitives, tandis que leurs collègues humains prendront des décisions plus complexes. Enfin, les jumeaux numériques joueront un rôle essentiel dans la formation de la main d’œuvre, en facilitant l’optimisation des paramètres tout en identifiant les contraintes potentielles.

Cas d’utilisation - Planification opérationnelle

Pour les fabricants, il peut être intéressant de créer un jumeau numérique de l’atelier d’usine : dans ce cas, la technologie permet de consigner et d’analyser les flux et les mouvements des pièces d’assemblage et du personnel, afin d’appréhender de potentielles modifications. Cette approche présente l’avantage d’optimiser le nombre d’opérateurs nécessaires, les tâches affectées à chacun d’eux, mais également la charge de travail par poste, afin d’équilibrer le volume et la qualité de production.

Cas d’utilisation - Maintenance prédictive

Si, dans une certaine mesure, les pannes machines demeurent inévitables, le fait de pouvoir prédire à quel moment elles sont susceptibles de survenir offre un précieux avantage aux fabricants. Les prévisions de ce type permettent de planifier des opérations de maintenance ou de remplacer les pièces nécessaires de façon anticipée – limitant ainsi les temps d’arrêt et les coûts de réparation.

La maintenance prédictive individualisée est également plus économique, car les fabricants n’ont pas à remplacer les pièces de toutes les machines, et évitent ainsi de gaspiller celles qui sont encore fonctionnelles. En outre, les ingénieurs de maintenance sont notifiés des composants à réparer, ce qui évite les temps d’arrêt coûteux. Enfin, un jumeau numérique IoT industriel offre également une perspective hybride, en combinant les données historiques et récentes pour fournir aux responsables une vision granulaire de l’état d’entretien de chaque machine.

Conclusion

Face à l’adoption croissante des jumeaux numériques, les cas d’utilisation vont continuer à se multiplier. Outre la conception produit, le rendement de production, la planification opérationnelle et la maintenance prédictive, les jumeaux numériques sont appelés à contribuer au développement des futurs cycles produit. Grâce à des capteurs intégrés aux produits, il sera possible de collecter des insights et des données sur le comportement et les préférences des clients, puis de combiner ces données aux informations démographiques et relatives au mode de vie. Ce type d’intégration et d’analyse permettra d’améliorer les produits existants, mais également d’en concevoir de nouveaux