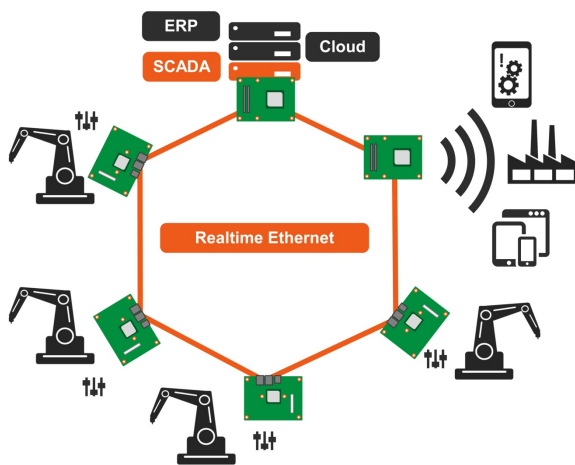


Importance des réseaux Ethernet temps réel pour l'IloT

Auteur: Markus Gruber, directeur R&D et Expert TSN Expert chez congatec

Avec l'émergence des technologies 5G et l'arrivée des réseaux GbE 10+ dans le secteur industriel, le traitement en temps réel tirant parti des réseaux sensibles au temps dans les environnements Internet tactile est en train de devenir un nouveau domaine d'application important. Quelles sont les exigences requises pour les ordinateurs de périphérie compatibles TSN ?

Aujourd'hui, contrairement au passé, les appareils industriels connectés sont censés communiquer directement avec les applications des entreprises. Afin d'obtenir un aperçu détaillé et différencié de leurs propres opérations de production, certaines entreprises font même fonctionner ces applications directement sur des terminaux industriels.



Légende 1 : La mise en réseau sensible au temps permet la réalisation d'un contrôle en temps réel via Ethernet ainsi que la mise en place de sessions Internet tactiles.

Qu'il s'agisse d'analyse en temps réel ou d'algorithmes IA à part entière, l'intégrité de ces applications est rapidement compromise si leurs composants ne sont pas adaptés de manière optimale. Il est important de garantir que les appareils et les systèmes puissent continuer à remplir leurs fonctions essentielles en temps réel. Les ingénieurs industriels ont donc besoin d'un concept qui permette l'intégration des technologies informatiques et d'OT dans un seul appareil. Une telle plate-forme de solution devrait idéalement tirer parti des réseaux informatiques et du traitement des données standard tout en étant déterministe, sûre et fiable.

Mise en réseau temps réel avec TSN

Élément important pour la réalisation de ces réseaux de communication de données en temps réel dans l'Internet Industriel des Objets (IIoT) : la mise en réseau sensible au temps (TSN). La technologie

TSN comprend un certain nombre de normes, telles que la norme IEEE 802.1q pour les réseaux locaux virtuels via Ethernet, la mise en forme en fonction du temps (TAS) telle que standardisée dans la norme IEEE 802.1Qbv pour une latence de transmission minimale garantie, ou la synchronisation en temps réel via le protocole de temps de précision (PTP) défini dans la norme IEEE 1588.

Le PTP est responsable de la synchronisation temporelle entre les nœuds. Un maître fixe l'heure. Les esclaves synchronisent leurs horloges avec une précision de deux chiffres en nanoseconde. Sur la base de ces horloges synchronisées, les paquets peuvent être horodatés et envoyés. Cela signifie que les réseaux PTP peuvent se synchroniser avec une précision à deux chiffres à l'échelle nanoseconde, le temps de parcours des paquets IP ayant naturellement aussi une incidence sur le comportement ultime en temps réel de l'application. Dans le cas de l'interface Ethernet Intel I219, la synchronisation de l'horloge est basée à 100 % sur ce composant standard. Cela lui confère le double avantage d'être coulée dans le matériel et de ne pas nécessiter d'applications propriétaires supplémentaires ou de matériel dédié.

Consolidation de la charge de travail avec des VM et des CPU multi-cœurs

En même temps, des dispositifs industriels sont nécessaires pour intégrer des fonctions d'entreprise telles que l'analyse de périphérie en temps réel. Les systèmes industriels, traditionnellement basés sur des unités fonctionnelles clairement définies, sont maintenant regroupés sur un processeur multicœur sous le nom de "équilibre de la charge de travail à la périphérie". Cela accroît l'importance de l'utilisation des technologies d'hyperviseur dans les systèmes industriels en temps réel.



Légende 2 : L'hyperviseur RTS permet à plusieurs systèmes d'exploitation temps réel et généralistes de fonctionner sur des machines virtuelles avec un processeur multi-cœur X86.

La technologie de virtualisation permet à certains cœurs de processeur d'effectuer des analyses de données, tandis que d'autres peuvent être réservés à l'acquisition de données ou à des tâches de contrôle, par exemple. Par conséquent, les tâches en temps réel telles que le contrôle des robots ou l'IA basée sur la vision, qui est également idéale pour la robotique collaborative, peuvent s'exécuter

sur des machines virtuelles (VM) complètement séparées au sein d'un serveur, parallèlement à des applications moins critiques en termes de temps, telles que l'administration à distance ou la connexion cloud.

Une preuve de concept (PoC) d'un tel système RTOS compatible TSN avec un contrôle industriel en temps réel a été présentée pour la première fois par congatec, Intel et Real-Time Systems lors d'une démonstration en direct à Embedded World 2019 à Nuremberg. La plate-forme de serveur d'application industrielle de ce PoC est basée sur les principes de consolidation de la charge de travail et de TSN via Ethernet.

Le serveur d'applications en temps réel en fonctionnement

Le cœur de la plate-forme de démonstration est composé d'un module COM Express de type 6 (conga-TS370). Équipé d'un processeur Intel Xeon E2, il peut fournir jusqu'à six cœurs de CPU pour le multi-tâche. Grâce à l'hyperviseur RTS de Real-Time Systems, le processeur est divisé en plusieurs machines, chacune ayant son propre système d'exploitation, ce qui permet d'attribuer à chaque VM un ou plusieurs cœurs CPU et les E/S nécessaires.

La plate-forme PoC utilise trois VM en parallèle et en temps réel pour contrôler des machines et des dispositifs réels. La première VM utilise quatre cœurs de CPU et le système d'exploitation Linux pour piloter une caméra de vision Basler et une carte FPGA Arria 10 connectée via PCIe. La carte FPGA exécute des algorithmes d'IA pour la détection d'objets basée sur la vision, créés avec la boîte à outils Intel OpenVINO. En conséquence, les images de la caméra sont capturées et vérifiées à des fréquences d'images extrêmement élevées.

Une deuxième VM indépendante fait tourner Linux en temps réel et pilote un servomoteur qui maintient un pendule inversé en position verticale. Lorsque l'équilibre du pendule est perturbé, par exemple en le touchant, le système réagit en temps réel et ramène le pendule à sa position initiale - de manière totalement indépendante des autres systèmes d'exploitation fonctionnant ou démarrant en parallèle.

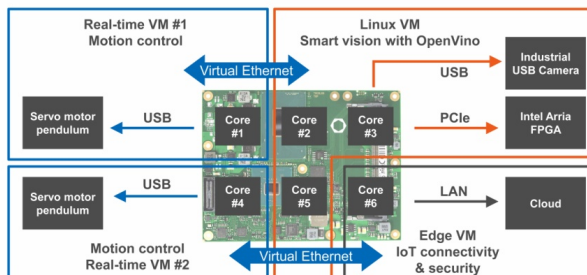
La troisième VM fait tourner un système d'exploitation pour effectuer des tâches de sécurité et, en tant que SE de périphérie, pour assurer la liaison montante vers le cloud. Pour démontrer l'indépendance de ces applications et leur comportement en temps réel sur un serveur unique avec plusieurs machines, les différents systèmes d'exploitation peuvent être redémarrés à des fins de test sans que cela ait d'impact sur les autres systèmes. Même le comportement critique en temps réel de la commande du pendule n'est pas affecté.

Bien que toutes ces applications fonctionnent en parallèle sur la même plate-forme matérielle, l'hyperviseur peut facilement redémarrer une VM non temps réel alors que les VM temps réel continuent de fonctionner sans interruption. Cela permet de déployer des mises à jour logicielles pour des applications individuelles sans avoir à interrompre les tâches de contrôle de l'ensemble du

système. Il permet même d'isoler efficacement les vulnérabilités de sécurité sur les machines virtuelles individuelles de l'entreprise car elles n'affectent pas l'ensemble du système intégré.

Contrôle en temps réel via le TSN Ethernet dans les VM

Une autre caractéristique importante de la carte conga-TS370 est le contrôleur de réseau local GbE Intel i219-LM car il prend en charge nativement la synchronisation temporelle PTP IEEE 1588. Dans la plate-forme PoC pour les serveurs d'applications industrielles de congatec, Intel et Real-Time Systems, le i219-LM détermine la source et la destination des paquets PTP tout en utilisant le timer intégré pour les coordonner. Le contrôleur travaille également avec le système d'exploitation pour aligner les paquets pour la transmission TSN dans un délai défini.



Légende 3 : congatec a virtualisé plusieurs systèmes d'exploitation sur un CPU Xeon 6 cœurs en coopération avec Intel et Real-Time Systems avec en plus un contrôleur temps réel. Pour le système d'exploitation qui a un accès physique au contrôleur Ethernet, les technologies de mise en réseau sensibles au temps sont également une option.

Depuis la sortie du noyau Linux 4.20, une prise en charge supplémentaire pour le formateur de priorité en fonction du temps (TAPRIO) et l'heure de transmission la plus ancienne en premier (ETF) selon IEEE 802.1Qbv est également disponible. Ces modules permettent aux développeurs de configurer les systèmes de manière à ce que les paquets Ethernet TSN puissent être priorisés quelle que soit leur position dans la file d'attente de transmission.

L'hyperviseur RTS, quant à lui, offre un mode privilégié qui permet à un système d'exploitation hôte d'accéder aux ressources du réseau du système en quelques microsecondes. Cela permet de traiter les paquets TSN dans les VM hôtes avec la priorité requise et la latence la plus faible possible.

Par conséquent, l'utilisation de ces systèmes IIoT puissants et flexibles basés sur l'hyperviseur peut réduire les coûts de l'entreprise, minimiser les sources d'erreur potentielles et prolonger le cycle de vie des produits sans que les mises à jour des logiciels d'entreprise ne perturbent le système temps réel matériel.

TSN, futur standard industriel pour l'Ethernet temps réel



Aujourd'hui, la communication en temps réel est encore basée sur une variété de protocoles de transmission déterministes, pour la plupart propriétaires, et de protocoles de bus de terrain traditionnels qui nécessitent souvent des composants et des pilotes coûteux pour s'adapter. En outre, la capacité à planifier et à mettre en œuvre des plates-formes industrielles en temps réel est limitée par le fait que le choix des fabricants et des gammes de produits correspondants pour ces systèmes de transmission hautement spécialisés est également restreint.

Le TSN Ethernet permet d'utiliser le même câble Ethernet pour le trafic réseau régulier et le trafic TSN prioritaire, à condition que les composants du réseau prennent en charge les standards requis tels que IEEE 1588 PTP ou IEEE 802.1Qbv TAS. La mise en œuvre cohérente de ces standards IEEE TSN dans les composants de réseau industriels standard aura un impact sur la prévalence des protocoles de transmission en temps réel sous licence et propriétaires. À tout le moins, ces systèmes jusqu'ici fermés devront s'ouvrir de plus en plus. Et pour ce faire, ils auront besoin de la technologie TSN et de l'hyperviseur pour pouvoir continuer à exploiter les ressources existantes.

www.congatec.com