



Time Sensitive Networking:

Ett Ethernet som kan

Time Sensitive Networking gör det ofta realistiskt att använda Ethernet för tillämpningar inom fordons-elektronik och industriell automation

Industriell automation och fordons-elektronik har något gemensamt: att digitaliseringen går undan i svängarna just nu. Möjliggöraren för detta är att det dykt upp nya snabba chips för artificiell intelligens (AI) och maskininläring (ML). De används för att addera avancerad funktionalitet till traditionella styrsystem.

I de nya arkitekturer som används är både intelligens och styrning distribuerade system. Det kräver kapacitet att förflytta stora datamängder både snabbt och med förutsägbarhet.

Zonarkitekturer är en av de viktigaste trenderna inom fordonsindustrin när det handlar om distribuerad AI. Istället för att styrenheter (ECU:er) dedikerade för specifika funktioner kopplas samman via Ethernet och fältbussar, så konsolideras tillämpningarna på ett mindre antal SoC:er med hög beräkningsprestanda som får köra flera tillämpningar vardera.

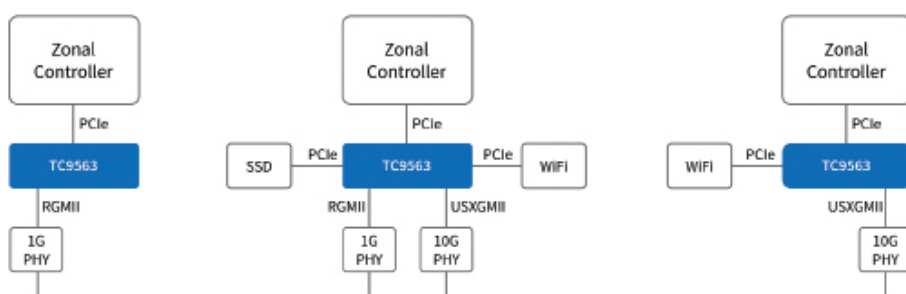
I EN ZONARKITEKTUR fördelas olika uppgifter på olika SoC:er. Det kan exempelvis finnas en nod som används för datalagring generellt och både lagrar instrumentdata från fordonet och multimedia för passagerarna. All kommunikation passerar genom zongateways som ansvarar för att upprätthålla sekretess mellan tillämpningarna, så att infotainmentssystemen inte kommer åt motor-, styrnings- och bromssystemen.

Liknande arkitekturer förekommer även i industriella system. I stället för att verktygsmaskiner är oberoende enheter som kommunicerar med varandra via långsamma fältbussar som Profibus, används bredbandigt Ethernet. Detta gör det möjligt att



Av Goran Filimonovic, Toshiba Electronics

Goran Filimonovic har arbetat som chefstekniker på Toshiba Electronics Europe GmbH sedan oktober 2019. Han har drygt 20 års erfarenhet inom halvledarområdet med fokus på Ethernet för fordon, CMOS bildsensorer samt digital design och verifiering. Han läste mikroelektronik vid universitetet Gerhard-Mercator i Duisburg och fick sin första anställning på Fraunhofer Institute for Microelectronic Circuits and Systems.



Figur 1. En implementering i en fordonstillämpning: En av controllererna är kopplad till en solid-state-disk som används för emulering av beteendet hos ett trådlöst datalager i fordonet.

skicka video och rika sensordata för bearbetning i edgedatorer där AI snabbt avgör om verktygsmaskinerna fungerar korrekt eller om det behövs justeringar exempelvis för att kompensera för temperatur eller andra miljöförhållanden.

En utmaning i zonarkitekturer är att se till att de distribuerade systemen har nödvändig realtidsprestanda. Inom industriell automation är en styrslinga typiskt konstruerad för att ta emot sensoruppdateringar i konstant takt. Systemet kan degenerera till att bli instabilt och positioneringsnoggrannhet kan gå förlorad om uppdateringar och sensoravläsningar försenas bortom sitt bearbetningsfönster. Maskinen tvingas i praktiken att använda data som sannolikt är inaktuell och inte längre representerar den fysiska verkligheten.

OFÖRUTSÄGBARA FÖDRÖJNINGAR kan även påverka passagerarnas användargränssnitt negativt. Dataströmmar kan störa varandra till den grad att bilens passagerare får uppleva att videofilmen stannar upp. Upplevel-

sen blir att systemet inte klarar av att hålla tempot.

En möjlig lösning är att öka marginalerna genom att uppgradera dataakten på Ethernet. Men generellt räcker den lösningen inte till på grund av Ethernets best-effort-princip.

Den innebär att godtycklig nod med paket redo att sända, kan ta över och blockera all annan aktivitet på nätsegmentet tills den är färdig.

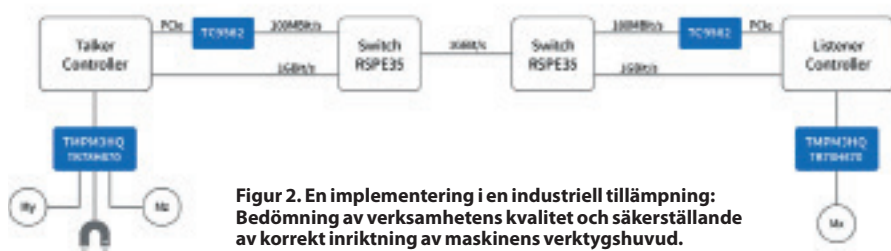
Principen gör i många fall avtryck hela vägen ner till utformningen av Ethernet-kontrollern. Den kan exempelvis använda enkla buffertar som köar upp väntande paket utan att skilja mellan olika trafikslag. Ett högprioriterat kommando inkapslat i ett litet paket kan mycket väl tvingas vänta på att en eller flera stora videobilder skickas innan det släpps in i i nätet.

Toshiba har undersökt de här effekterna i en referensplattform för att visa hur en tillämpning i fordons- och industrisystem kan påverkas av oförutsägbarhet i nätet.

TOSHIBAS INGENJÖRER skapade följande testbädd. Bredbandiga Ethernet-kontrollers (1 och 10 Gbps) anslöts till en och samma värd-SoC som körde olika program som simulerade olika beteenden hos användningsfall typiska för fordon respektive industriautomation.

En liknande referenskonstruktion skapades för demonstration av en automationsmiljö med begränsad latens och lågt jitter under bredbandigt Ethernet.

Toshibas tester visade att användningen



Figur 2. En implementering i en industriell tillämpning: Bedömning av verksamhetens kvalitet och säkerställande av korrekt inriktning av maskinens verktygshuvud.

passa tider

av konventionell IEEE 802.1 Ethernet kan leda till att en viss andel av de paket som behöver förutsägbar leverans blir kraftigt försenad.

Det kan få allvarliga effekter på en realtidsapplikation. I ett experiment där ickekritisk trafik förbrukade relativt lite bandbredd (mindre än 1 Mbps i ett 1 Gbps-nät) uppmättes fördröjningen av kritisk trafik (till exempel motorstyrning) till upp till 60 μ s.

Paketet överfördes över tre hopp genom två switchar. När den lägprioriterade bakgrundstrafiken ökades till 840 Mbps ökade toppfördröjningen drygt sju gånger, till nästan 440 μ s.

Fördelningen av fördröjningar var tydligt bimodal (den hade två distinkta toppar). I den ena kategorin fanns paket som drabbades av fördröjningar på mer än 300 μ s. I den andra fanns paket som nådde sin destination på mindre än 60 μ s.

I ett industriellt testscenario – där sena paket kasserades för att inte riskera att inaktuella data påverkade styrningen – blev rörelserna ryckiga och målpositionerna uppnåddes inte.

TSN (Time Sensitive Networking) är ett tillägg till Ethernet som bland annat öppnar för möjligheten att använda realtid och strömmande data. Profilen IEEE 802.1AS (Generalized Precision Time Protocol, gPTP) definierar tids- och synkroniseringsbeteende för Ethernet medan IEEE 802.1Qbv förbättrar möjligheten att schemalägga trafik.

Nätets ändnoder synkroniserar sina klockor med hjälp av gPTP. Precisionen hamnar på under mikrosekunden. Synkroniseringen tar även hänsyn till de fördröjningar som hoppen ger upphov till. Med denna gemensamma tidsreferens blir det möjligt att planera trafiken så att kritiska paket levereras inom robusta kända tidsfönster.

En schemaläggare i 802.1Qbv använder en cyklisk tidslucka av fast längd för paketöverföringen. Cykeln är uppdelad i mindre delar som var och en tilldelas en av åtta prioritetsnivåer. De prioriterade paketen får exklusiv tillgång till nätet under tidsfönstrets längd.

TOSHIBAS TESTBÄDD byggdes av Ethernetcontrollers med inbyggt stöd för gPTP- och 802.1Qbv. Syftet var att undersöka vilken effekt protokollen har i representativa tillämpningar inom fordon och industri.

Hoppfördröjningen i en uppställning baserad på konventionella protokoll summerade sig till mellan 50 och 430 μ s. Tidskritiska paket som använde gPTP och 802.1Qbv såg sin fördelning krympa till en betydligt smalare normalfördelning med ett medelvärde på 25,5 μ s och ett jitter på bara 0,3 μ s. Därmed kunde alla verktygsmaskinernas axlar styras smidigt utan att positioneringsmålen missades. ■

FAKTA



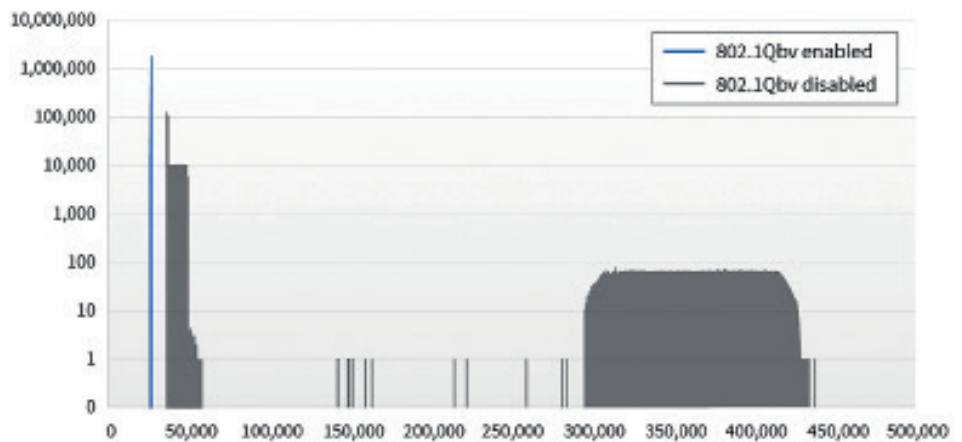
De talar TSN

Toshibas kretsar TC9562 och TC9563 stöder gPTP, IEEE 802.1Qav, IEEE 802.1Qbv och andra element centrala för realtidsstyrning. Det gör att de kan spela en viktig roll i tillförlitliga styrsystem i fordon och industriell automation.

TC9562 stöder en dataatak på 1 Gbps Ethernet medan TC9563 bjuder över med två portar som båda stöder 10 Gbps.

Därutöver har båda enheterna funktioner som effektiviserar kommunikationen till och från värd-SoC:er via PCIe. TC9563 stöder Gen3 och SR IOV (single-route I/O-virtualisering) som förbättrar prestandan för mjukvara som körs under en hypervisor.

I både fordon och industriell automation är realtid och hög bandbredd centralt. TSN-stödet i TC9562 och TC9563 hjälper att se till att OEM:er och systemintegratorer har vad som krävs för att implementera realtidsnätverk med hög bandbredd i avancerade fordon och fabrikkssystem.



Figur 3. Jämförelse av hoppfördröjningen mellan standard-Ethernet och TSN-Ethernet som utnyttjar gPTP och IEEE 802.1Qbv.