

Draadloze tijdgevoelige netwerken: wanneer elke microseconde telt

Een vlotte uitwisseling van data is cruciaal om moderne fabrieken efficiënt te kunnen aansturen. Voor tal van andere applicaties is timing cruciaal. Denk aan systemen die volledig autonoom moeten kunnen functioneren. Voor dat soort toepassingen telt vaak elke (micro)seconde en is de ondersteuning door tijdgevoelige netwerken (time-sensitive networks, of TSN's) een must.

DOOR WIM VAN DAELE, IMEC WETENSCHAPSREDACTIE | FOTO'S: IMEC

Sinds de jaren 80 wordt voor het uitwisselen van tijdkritische data in fabrieken in de eerste plaats een beroep gedaan op ethernettechnologie. Ondanks hun robuuste karakter hebben bekabelde TSN's een gigantisch nadeel: een gebrek aan flexibiliteit wanneer een werkplaats moet worden heringericht. De roep om draadloze tijdgevoelige netwerken klinkt dan ook steeds luider. Maar is draadloze technologie wel in staat om aan de specifieke TSN-eisen te voldoen? We gingen te rade bij Ingrid Moerman en Jeroen Hoebeke – experts draadloze netwerktechnologie bij IDLab, een imec onderzoeksgroep met onderzoekers verspreid over de UGent en UAntwerpen.

Wanneer elke microseconde telt

De voorbije jaren stonden doorbraken in de telecomsector vooral in het teken van capaciteit/bandbreedte. Waar lange tijd veel minder aandacht aan werd besteed, was het bieden van garanties op het vlak van bijvoorbeeld latency (signaalvertraging) en redundantie (de mechanismen en back-upsystemen die ervoor moeten zorgen dat het netwerk overeind blijft wanneer één of meerdere netwerkcomponenten defect raken). Zeker wanneer communicatienetwerken op industriële sites worden uitgerold, zijn die garanties



Dankzij zijn openwif-onderzoek heeft imec als eerste de tijdssynchronisatie van wifi met een factor 10.000 kunnen verbeteren ten opzichte van de state-of-the-art tot op het niveau van 1 μ s.

van cruciaal belang om de productie te waarborgen. Dat is bijvoorbeeld het geval wanneer tijdkritische industrie 4.0-applicaties ondersteund moeten worden. Denk aan drones, cobots en AGV's, maar ook aan closed-loop controlesystemen. Voor dat soort toepassingen zijn een beperkte signaalvertraging, een gegarandeerde quality-of-service en een nauwkeurige tijdssynchronisatie (vaak tot op de microseconde) absoluut noodzakelijk. Moerman: "Met name die tijdssynchronisatie tussen de verschillende geconnecteerde toestellen wordt steeds belangrijker. Closed-loop controlesystemen zijn bijvoorbeeld afhankelijk van hoe snel en nauwkeurig je de communicatie tussen de onderliggende sensoren en actuatoren kan inplannen. Maar ook gedistribueerde luidsprekersystemen die in één ruimte simultaan dezelfde audio moeten afspelen en geavanceerde augmented en virtual reality- en videotoeepassingen zijn erg tijdgevoelig. In het geval van audio en video is een gebrekkige synchronisatie zelfs hoor- en zichtbaar, en erg storend."

TSN's in een draadloze fabriek

De ethernet community nam al snel het voortouw in de ondersteuning van TSN's – onder meer dankzij de introductie van een TSN-gebaseerde ethernetspecificatie (IEEE 802.1Qbv) die beantwoordt aan drie belangrijke eigenschappen van bekabelde tijdgevoelige netwerken:

- Een end-to-end signaalvertraging van 2 ms (over 7 hops) voor het meest kritische verkeer;
- Een tijdssynchronisatie van minder dan 1 μ s, waarbij in bepaalde scenario's zelfs een precisie van een paar nanoseconden vooropgesteld (en behaald) wordt;
- Een betrouwbaarheid van 99.99999%.

Toch heeft het gebruik van bekabelde netwerken in een fabrieksomgeving ook nadelen. Telkens wanneer een fabriek heringericht moet worden om op nieuwe productienoden in te spelen, moeten alle kabels opnieuw getrokken worden. Dat vraagt een immense

planning en voorbereiding, kost massa's tijd en geld, en laat allesbehalve toe om kort op de bal te spelen. Bovendien gaat de installatie van elke nieuwe machine (en elke individuele sensor) gepaard met de uitrol van nog meer kabels, en worden omwille van de redundantie kabels vaak zelfs dubbel geïnstalleerd. Vanuit de industrie klinkt de roep om draadloze TSN's dan ook steeds luider. Dat is echter allesbehalve evident: draadloze netwerken zijn inherent veel gevoeliger aan netwerkstoringen, bandbreedtebeperkingen en geblokkeerde signalen dan hun bekabelde tegenhangers. Weliswaar hebben draadloze netwerken qua stabiliteit en betrouwbaarheid de voorbije jaren belangrijke stappen gezet, vooral op het vlak van tijdssynchronisatie is er werk aan de winkel. Een belangrijke vraag is dus: zijn draadloze TSN's überhaupt een realistische optie in de fabriek van morgen? En, indien ja, moet er voor de uitrol van die netwerken dan een beroep worden gedaan op cellulaire (4G of 5G) technologie, of toch eerder wifi?

5G versus wifi

Moerman: "De 5G-community heeft voor de uitrol van draadloze TSN's vol ingezet op de ultra-reliable low-latency communication (URLLC) feature. Met die introductie wil men zo dicht mogelijk aanleunen bij de prestaties van ethernet-gebaseerde TSN's. Concrete streefcijfers zijn een signaalvertraging van maximaal 1 ms, een tijdssynchronisatie van maximaal 1 μ s en een betrouwbaarheid van 99.999%. Maar ook wifi heeft zo zijn voordelen. Enerzijds kan wifi een pak makkelijker, sneller én goedkoper geïnstalleerd worden, anderzijds speelt de factor compatibiliteit. Ethernet (IEEE 802.3) en wifi (IEEE 802.11) maken immers deel uit van dezelfde familie van standaarden. Dat gezegd zijnde: op radioniveau lijken 5G en wifi sowieso erg sterk op elkaar. Het grote verschil is dat 5G gebruik maakt van gelicentieerd spectrum dat exclusief aan een telecomoperator wordt toegewezen. Wifi, daarentegen, is werkzaam in het vrije spectrum en is daardoor aan meer (beleefdheids)

regels gebonden." Hoebeke pikt daarop in: "Wanneer een wifitoestel gebruik wil maken van het vrije spectrum, moet het eerst checken of er op dat moment geen andere toestellen in diezelfde radio-band aan het communiceren zijn. Bij elke transmissie moet dus een korte of langere (onvoorspelbare) pauze worden ingelast. Dat kan aanleiding geven tot extra signaalvertraging. Wat dat betreft, is het strikter gereguleerde 5G dus in het voordeel. Misschien verandert dat wel. In sommige landen bestaat nu al de mogelijkheid om lokaal spectrum aan te kopen om een privaat 5G-netwerk uit te rollen. Aangezien spectrum technologie-neutraal is, zou je hetzelfde principe kunnen toepassen voor het opzetten van een wifinetwerk dat dan niet langer aan die 'beleefdheidsregels' gebonden is." Moerman: "Omwille van hun grotere bereik zullen cellulaire technologieën zoals 5G lichtjes in het voordeel zijn wanneer TSN's in openlucht worden uitgerold, terwijl wifi bij voorbaat geschikt is om te functioneren in indooromgevingen waar compactheid en installatiegemak primeren. Maar



"We gaan de komende jaren geleidelijk meer TSN-features in draadloze netwerken zien verschijnen, maar dat zal stap per stap gebeuren"

Jeroen Hoebeke

uiteindelijk staat of valt alles met de mate waarin beide technologieën een nog nauwkeurigere tijdssynchronisatie zullen toelaten."

Primeur: openwifi-chip ondersteunt een tijdssynchronisatie met een nauwkeurigheid van 1 μ s

Hoebeke: "Voor elk wifi-gebaseerd tijdgevoelig netwerk moet de communicatie op voorhand worden ingepland in tijdssloten. Een nauwkeurige tijdssynchronisatie tussen de verschillende geconnecteerde toestellen is daarbij cruciaal, omdat elke synchronisatie-onnauwkeurigheid moet worden opgevangen door buffers, de zogenaamde



Imec kan nu ook wifipakketten verrijken met realtime netwerk- en end-to-end monitoringinformatie om op elk moment vast te stellen wat de performantie van het wifinetwerk is, ook tussen de eindapplicaties.

guard time. Maar dat gaat dan weer ten koste van de efficiëntie: je wil je nuttige tijdssloten immers zo dicht mogelijk op elkaar inplannen, en buffers waarin geen communicatie mogelijk is zo kort mogelijk houden. Het probleem met wifi is dat de technologie vandaag slechts een tijdssynchronisatie toelaat tot op enkele tientallen ms nauwkeurig, terwijl een typisch wifipakket maar een honderdtal μ s lang is.” Moerman: “Maar nu is er dus openwifi, onze radiochip-op-maat waarbij we de volledige controle hebben over de hardware waarin de tijdssynchronisatiefeatures

zitten ingebed. Als je experimenteert met commerciële chips heb je tot dat soort functionaliteiten normaal gezien geen toegang. Dankzij ons openwifi-onderzoek hebben wij als eersten de tijdssynchronisatie van wifi met een factor 10.000 kunnen verbeteren ten opzichte van de state-of-the-art tot op het niveau van 1 μ s. Dat is zelfs een stuk beter dan de ambities van de internationale wifi-Alliantie, die een richtcijfer van 5,5 μ s vooropstelt.”

Innovatie versnellen dankzij open source software en de toegang tot remote testfaciliteiten

Moerman: “Om innovatie van draadloze TSN’s verder te versnellen, hebben we ervoor gekozen om een aantal basisfunctionaliteiten van onze openwifi chip ter beschikking te stellen als open source software. Op die manier willen we de mogelijkheid geven om met openwifi te experimenteren. Ook onze remote testfaciliteiten staan trouwens ter beschikking.” Op Github – het grootste open source softwareontwikkelingsplatform ter wereld – gooit openwifi alvast hoge ogen: het staat er niet alleen in de top-4 van de meest gewaardeerde FPGA-contributies, maar werd ook al meer dan 200 keer gedownload. Hoebeke: “Bovendien loopt er ondertussen een SBO project ondersteund door het Vlaamse Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek. In het kader daarvan geven we industriële partners de kans om hun toepassingen te testen bovenop openwifi en te evalueren of die compatibel zijn met de tijdgevoelige wifi-oplossingen van morgen. Als onderdeel van ons industrieel-wetenschappelijk



“Tijdssynchronisatie tussen de verschillende geconnecteerde toestellen wordt steeds belangrijker”

Ingrid Moerman

engagement geven we onze partners de mogelijkheid om nu al een aantal wifi-gebaseerde TSN-features te testen, los van vendor-specifieke implementaties en chipsets die op dit ogenblik sowieso nog niet commercieel beschikbaar zijn. Dat levert onze partners op termijn een belangrijk concurrentievoordeel op. En ondertussen bieden we nog een extra meerwaarde doordat we nu ook wifipakketten kunnen verrijken met realtime netwerk- en end-to-end monitoringinformatie. Zo kunnen we op elk moment vaststellen wat de performantie van het wifinetwerk is, ook tussen de eindapplicaties. Daarbij meten we wat er met een wifipakket gebeurt, zonder extra trafiek met meetinfo door het netwerk te jagen. Op die manier weet je precies waar je moet gaan zoeken wanneer er iets fout loopt. Maar je kan die input evengoed gebruiken in het kader van herconfiguraties – of gewoon om te controleren of je wel de afgesproken quality-of-service krijgt.”

Conclusie:

Rest de vraag: wanneer zullen industriële installaties gebruik kunnen maken van draadloze TSN’s? Daarover zijn Moerman en Hoebeke het roerend eens: dat is nog niet voor morgen. “We gaan de komende jaren geleidelijk meer TSN features in draadloze netwerken zien verschijnen, maar dat zal stap per stap gebeuren. Eerst moeten de commerciële chips ontwikkeld worden die de nodige features ondersteunen, en dan pas volgen de toepassingen. Maar wat ondertussen wel interessant is, is om te zien welke stappen zowel 5G als wifi hierin de volgende maanden gaan zetten. Want allebei zien zij een duidelijke toegevoegde waarde in het faciliteren van tijdscritische toepassingen.” ■



Zelf aan de slag met openwifi?

Openwifi is één van de resultaten uit het ORCA-project dat werd ondersteund door het Europese Horizon2020-programma. Interesse om zelf met openwifi aan de slag te gaan? Binnenkort wordt een evaluatiekit gelanceerd met een full TSN wifi-stack, en de nodige support waarmee bedrijven op een unieke, laagdrempelige manier met tijdgevoelige wifinetwerken kunnen experimenteren, en evalueren hoe hun applicaties daarmee omgaan. Meer info via Ingrid.Moerman@imec.be.