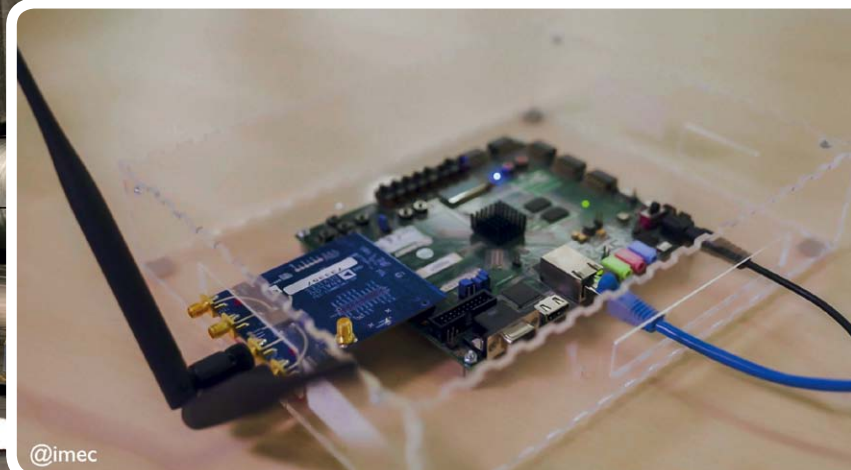
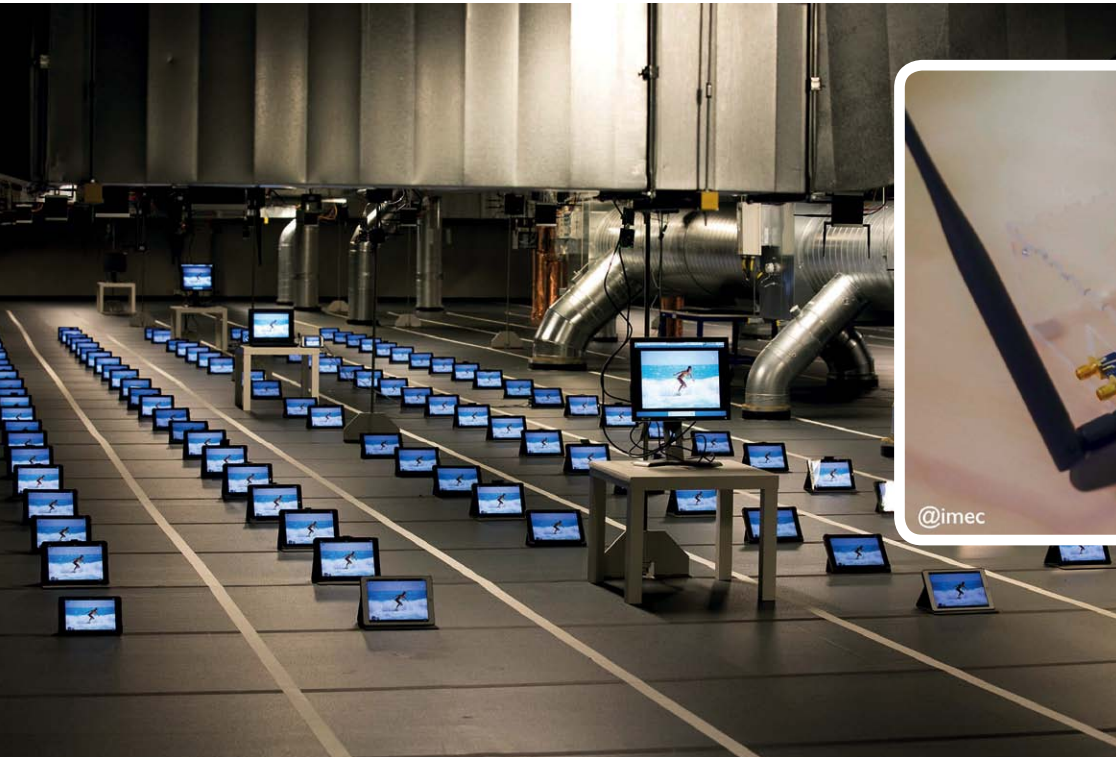


Der Open-Source-Chip für drahtloses TSN



Welche Optionen für ein drahtloses TSN gibt es? Ingrid Moerman und Jeroen Hoebeke, Experten der Universitäten Gent und Antwerpen, gehen auf die 5G- und Wi-Fi-Varianten ein und stellen einen Open-Source-Chip für Wireless-TSN vor.

Ingrid Moerman und Jeroen Hoebeke sind Experten für drahtlose Netzwerk-Technologie bei IDLab, einer imec-Forschungsgruppe an der Universität Gent, und der Universität Antwerpen. In diesem Artikel bewerten sie die verschiedenen Technologie-Optionen für die Einführung von drahtlosen TSN-Netzen. Sie gehen auch auf die Bedeutung einer exakten Zeitsynchronisation ein und zoomen dabei auf den kürzlich entwickelten Open-Source-Chip „Openwifi“.

5G versus Wi-Fi

Ingrid Moerman: „Wenn es um die Einführung von drahtlosen TSNs geht, setzt die 5G-Community auf die kürzlich spezifizierte 5G-URLLC-Funktion – die ‚Ultra Reliable Low-Latency Communication‘. Mit der Einführung von 5G URLLC will die Community so nah wie möglich an die Leis-

tungsspezifikationen von Ethernet-basierten TSNs herankommen. Konkrete Ziele sind eine Signalverzögerung von nicht mehr als 1 Millisekunde, eine Zeitsynchronisationsgenauigkeit von nicht mehr als 1 Mikrosekunde und eine Zuverlässigkeit von 99,999 %. Damit hat 5G unbestreitbar einen großen Trumpf in der Hand.“

„Davon abgesehen hat Wi-Fi aber auch seine Vorteile“, so Moerman. „Zum einen lässt sich ein Wi-Fi-Netzwerk viel einfacher, schneller und kostengünstiger installieren als ein zellulares. Und zum anderen ist da der Faktor Kompatibilität: Ethernet – IEEE 802.3 – und Wi-Fi – IEEE 802.11 – gehören zur gleichen Familie von Standards. Das macht Wi-Fi zur naheliegendsten Technologieoption für Unternehmen, die ihr kabelgebundenes Ethernet-Netzwerk in eine drahtlose Alternative umwandeln wollen.“

„Auf der Funkebene sind 5G und Wi-Fi ziemlich ähnlich – sie können ungefähr die gleichen Bitraten verarbeiten. Der große Unterschied ist, dass 5G lizenziertes Spektrum nutzt, das exklusiv einem Telekommunikationsbetreiber zugewiesen ist. Wi-Fi hingegen arbeitet im freien Spektrum – und ist daher an strengere Höflichkeitsregeln gebunden“, sagt sie.

„Wenn ein Wi-Fi-Gerät das freie Spektrum nutzen möchte, muss es zunächst überprüfen, ob keine anderen Geräte dasselbe Funkband nutzen“, fügt Jeroen Hoebeke hinzu. „Das hat zur Folge, dass jedes Mal, wenn ein drahtloses Paket übertragen wird, eine – unvorhersehbare – kürzere oder längere Pause eingelegt werden muss. Und das kann die Latenzzeit erhöhen. Hier hat also 5G – das strenger reguliert ist – einen klaren Vorteil.“

„Aber das könnte sich ändern“, meint er. „Einige Länder erlauben bereits den Kauf von lokalem Spektrum für den Aufbau eines privaten 5G-Netzwerkes. Da das Funkspektrum aber technologieneutral ist, könnte man das gleiche Prinzip anwenden, um ein Wi-Fi-Netz aufzubauen, das nicht mehr an diese strengeren Höflichkeitsregeln gebunden wäre.“

Ingrid Moerman: „Aber letztendlich erwarten wir, dass 5G und Wi-Fi koexistieren werden. Auch wenn es um die Unterstützung zeitkritischer Netzwerke geht. Aufgrund ihrer größeren Reichweite wer-

Bilder: Imec

den Mobilfunktechnologien wie 5G bei TSN-Einsätzen im Freien leicht im Vorteil sein, während Wi-Fi a priori für den Einsatz in Innenräumen geeignet ist. Aber letztlich hängt alles davon ab, dass die Technologien eine noch genauere Zeitsynchronisation unterstützen.“

Der Openwifi-Chip

Jeroen Hoebeke: „Wie bereits erwähnt, muss jedes Wi-Fi-basierte TSN seine Kommunikation in bestimmten Time Slots planen. Daher ist eine genaue Zeitsynchronisation zwischen den verschiedenen angeschlossenen Geräten von entscheidender Bedeutung, da jegliche Ungenauigkeiten bei der Synchronisation durch Puffer – die sogenannte Guard Time – aufgefangen werden müssen. Das wiederum geht auf Kosten der Effizienz. Schließlich will man nützliche Time Slots möglichst dicht beieinander einplanen und die Puffer, in denen keine Kommunikation möglich ist, minimieren.“

„Eine der Herausforderungen von Wi-Fi ist, dass es heute nur eine Zeitsynchronisationsgenauigkeit von einigen zehn Millisekunden zulässt; und das, obwohl ein typisches Wi-Fi-Paket nur etwa hundert Mikrosekunden lang ist. Wenn man zwischen jedem dieser kurzen Pakete einen Puffer von, sagen wir, 30 Millisekunden einfügen muss, ist das alles andere als effizient“, erklärt er.

Ingrid Moerman: „Aber jetzt gibt es Openwifi, unseren maßgeschneiderten Funkchip, mit dem wir die Hardware, in die die Zeitsynchronisationsfunktionen eingebettet sind, vollständig kontrollieren können. Und das ist einzigartig, denn wenn man mit kommerziellen Chips experimentiert, hat man normalerweise keinen Zugang zu dieser Art von Funktionalität.“

„Dank Openwifi konnten wir eine Weltneuheit erreichen – die Verbesserung der Zeitsynchronisationsgenauigkeit von Wi-Fi um den Faktor 10.000 im Vergleich zum Stand der Technik; bis hinunter auf den Wert von 1 µs. Das ist viel besser als die Ambitionen der internationalen Wi-Fi Alliance, die ein Ziel von 5,5 µs gesetzt hatte.“

Open-Source-Software zum Experimentieren

Ingrid Moerman: „Um die Forschung und die kommerzielle Einführung von drahtlosen TSNs zu beschleunigen, haben wir



„Wir haben uns entschieden, einige der grundlegenden Funktionalitäten von Openwifi als Open-Source-Software zur Verfügung zu stellen.“

INGRID MOERMAN

uns entschieden, einige der grundlegenden Funktionalitäten von Openwifi als Open-Source-Software zur Verfügung zu stellen. Das soll Anwendungsentwicklern und Chipherstellern aus der ganzen Welt die Möglichkeit geben, mit Openwifi zu experimentieren.“

Openwifi macht sich bereits gut auf Github – der größten Open-Source-Software-Entwicklungsplattform der Welt – wo es unter den Top 4 der meistgeschätzten FPGA-Beiträge rangiert und bereits über 200-mal heruntergeladen wurde.

Jeroen Hoebeke: „Es ist unsere Absicht, industriellen Partnern eine einzigartige Gelegenheit zu geben, ihre Anwendungen auf Openwifi zu testen und zu evaluieren, ob diese Anwendungen mit den zeitkritischen Wi-Fi-Lösungen von morgen kompatibel sind. Um ein Beispiel zu nennen: Televic, ein belgischer Anbieter von spezialisierten Kommunikationslösungen, hat bereits Interesse an Openwifi gezeigt, um eines seiner Low-Latency-Audio-Streaming-Systeme zu testen.“

„Wir ermöglichen diesen Unternehmen, eine Reihe von Wi-Fi-basierten TSN-Funktionen zu testen – unabhängig von herstel-

Konkurrenz oder Symbiose?

„Wird sich TSN oder 5G durchsetzen?“ ist eine häufig gestellt Frage. In Anbetracht der Art und Weise wie die Technologien präsentiert und vermarktet werden, wundert es kaum, dass viele einen Technologiekampf wittern. In diesen scheint nun auch noch deterministisches Wi-Fi eingestiegen zu sein. Doch gibt es diese Konkurrenz überhaupt?

Sicherlich gibt es insbesondere bei den Drahtlos-Technologien eine gewisse Überschneidung des potenziellen Marktes, dennoch sollten die Technologien aus Anwendersicht als komplementäre Bestandteile des konvergenten Netzwerks der Zukunft gesehen werden. Ein Blick auf die technologischen Details offenbart, dass insbesondere bei TSN nicht ‚entweder oder‘ gilt, sondern TSN stets ein integraler Teil der drahtlosen Echtzeitleösungen ist. Bei Wi-Fi ist dies aufgrund derselben Standard-Familie recht offensichtlich. Bei 5G lohnt sich ein genauer Blick hinter die Kulissen der ‚Ultra Reliable Low-Latency Communication‘, um zu erkennen, dass aus Endpunktsicht ein TSN-Netzwerk vorliegt.

Eine Betrachtung der Technologien für die industrielle Kommunikation hinsichtlich deterministischer Eigenschaften wie Synchronisationsgenauigkeit und Latenz, Umgebungsbedingungen, Komplexität, Flexibilität und Kosten legt nahe, dass wir mittelfristig eine ähnliche Aufteilung der Anwendungen sehen werden, wie es heute im IT-Umfeld der Fall ist. Entscheidend für den Erfolg aller Technologien ist, dass diese gemeinsam als konvergentes Echtzeitnetz funktionieren und effizient durch den Anwender nutzbar sind. Während viele der offenen Punkte innerhalb der einzelnen Technologien bereits in einem sehr fortschrittlichen Stadium sind, stehen uns die großen Herausforderungen bei der Konvergenz in nächster Zeit bevor. Doch auch hier ist ein gewisser Optimismus angebracht: Selbst wenn auf den großen Bühnen bisher noch nicht allzu viel davon zu sehen ist, so erhält man bei einschlägigen Konferenzen wie der TSN/A Conference am 29. und 30. September 2021 sowie im Gespräch mit involvierten Firmen häufig schon Informationen über sehr vielversprechende Entwicklungen und Ergebnisse.

In dieser Ausgabe legen Ingrid Moerman und Jeroen Hoebeke von IDLab ihre Sicht auf drahtlose TSN-Netzwerke dar und stellen eine offene Chip-Lösung vor, welche der Forschung und Entwicklung gute Dienste erweisen könnte. Wie immer freuen wir uns über Rückmeldungen, Kommentare oder Anregungen zu unserer Serie.

Ihr Florian Frick und Meinrad Happacher

FOLLOW US



shutterstock.com - Alexander Supertamp

Computer & AUTOMATION
Fachmedium der Automatisierungstechnik

computer-automation.de

TSN -Serie

lerspezifischen Implementierungen und Chipsätzen –, die bis dato ohnehin noch nicht kommerziell verfügbar sind. Das sollte ihnen einen erheblichen Wettbewerbsvorteil verschaffen“, sagt er.

„Darüber hinaus sind wir in der Lage, Wi-Fi-Pakete mit Echtzeit-Netzwerk- und End-to-End-Monitoring-Informationen anzureichern. So können wir – während die Pakete durch das Netzwerk laufen – feststellen, wie die Leistung eines bestimmten Wi-Fi-Netzwerks aussieht. Wir messen damit, was tatsächlich mit einem Wi-Fi-Paket passiert, ohne zusätzlichen Traffic durch das Netzwerk schicken zu müssen. Das macht es viel einfacher, herauszufinden, wo Probleme ihren Ursprung haben. Außerdem könnte man diesen Input für die Neukonfiguration des Netzwerks nutzen oder um zu überprüfen, ob die vereinbarte Dienstgüte eingehalten wird. Das ist eigentlich eine Technik, die schon seit einiger Zeit in Rechenzentren eingesetzt wird, aber wir sind die ersten, die diese Funktion in einem drahtlosen Netzwerk implementieren“, fasst Hoebeke zusammen.

Die ersten Schritte sind getan

Wann also werden Fabriken in der Lage sein, drahtlose TSNs einzusetzen? Da sind sich Ingrid Moerman und Jeroen Hoebeke völlig einig: Soweit ist es noch nicht.

Nähere Informationen

Openwifi ist eines der Ergebnisse aus dem ORCA-Projekt, das vom europäischen Horizon2020-Programm unterstützt wurde. Ein Openwifi-Evaluierungskit mit einem vollständigen TSN-Wi-Fi-Stack und dem notwendigen Support ist derzeit in der Entwicklung. Das Evaluierungskit wird die Schwelle für Unternehmen, die Vorteile von zeitkritischem Wi-Fi zu evaluieren, deutlich senken. Mehr Infos über Ingrid.Moerman@imec.be. Der Openwifi-Linux-Treiber und die Software können heruntergeladen werden von <https://github.com/open-sdr/Openwifi> (Linux mac80211 compatible full-stack IEEE802.11/Wi-Fi FPGA design based on SDR). Mittels der (Remote-)IDLab-Testinfrastruktur von imec, der Universität Antwerpen und der Universität Gent können alle möglichen Funktechnologien auf den Prüfstand gestellt werden – von Wi-Fi über 4G, 5G und sogar zukünftige 6G-Funkarchitekturen auf Basis von verteiltem Massive MIMO.



„Wir ermöglichen Unternehmen, eine Reihe von Wi-Fi-basierten TSN-Funktionen zu testen – unabhängig von herstellereinspezifischen Implementierungen und Chipsätzen.“

JEROEN HOEBEKE

„Wir werden in den nächsten Jahren nach und nach TSN-basierte Funktionen in drahtlosen Netzwerken sehen, aber das wird Schritt für Schritt geschehen. Zuerst müssen die kommerziellen Chips, die diese Funktionen unterstützen, entwickelt werden; erst dann können die Anwendungen folgen. In der Zwischenzeit wird es jedoch interessant sein, zu sehen, wie 5G und Wi-Fi den Bedarf an drahtlosen TSNs weiter angehen werden. Klar ist schon jetzt, dass beide einen klaren Mehrwert in der Unterstützung zeitkritischer Anwendungen sehen“, sagen sie. *hap*



Wim Van Daele ist im Imec Science Communication Team.