SONDERHEFT KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Green Hills SOFTWARE

ELEKTRONIK PRAXIS

Wissen.
Impulse.
Kontakte.

April 2019

www.elektronikpraxis.de

Wie Künstliche Intelligenz die Technikwelt verändert

Wenn Deep Learning, Neuronale Netze, Blockchain, IoT und 5G auf die Kreativität von Ingenieuren treffen, entstehen ungeahnte Möglichkeiten.

Automatisches Chip-Design

EDA-Tools könnten bald selbstständig automatische Schaltplan-Generatoren entwickeln. Seite 11

Komponententests „Over the Air“

Bei 5G ist ein drahtgebundener Test meistens nicht möglich. Dann eignet sich ein OTA-Test. Seite 24

Mit Sensoren und Blockchain ins IoT

Sensor-Daten aus einem industriellen Prozess lassen sich mit Blockchain-Technik austauschen. Seite 28

Über 7,6 Millionen Produkte Online
DIGIKEY.DE
Digi-Key ELECTRONICS

VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

Auf Lager und pünktlich

Die weltweit größte Auswahl an elektronischen Komponenten für die sofortige Lieferung!™

KOSTENLOSER VERSAND
BEI BESTELLUNGEN AB 50 € ODER $60 USD*

TELEFON: 0800 180 01 25

DIGIKEY.DE

Digi-Key® ELECTRONICS

ÜBER 7,6 MILLIONEN PRODUKTE ONLINE | ÜBER 750 BRANCHENFÜHRENDE HERSTELLER | 100%-IGER VERTRAGSDISTRIBUTOR

*Für alle Bestellungen unter 50,00 € wird eine Versandgebühr von 18,00 € in Rechnung gestellt. Bei Bestellungen unter $60,00 USD wird eine Versandgebühr von $22,00 USD berechnet. Alle Bestellungen werden per UPS, Federal Express oder DHL für die Lieferung innerhalb von 1 bis 3 Tagen (abhängig vom endgültigen Bestimmungsort) versendet. Keine Bearbeitungsgebühren. Alle Preise werden in Euro oder US-Dollar angegeben. Digi-Key ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. Digi-Key und Digi-Key Electronics sind eingetragene Marken von Digi-Key Electronics in den USA und anderen Ländern. © 2019 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ECIA MEMBER
Supporting The Authorized Channel

Kann Künstliche Intelligenz Bewusstsein entwickeln

Intelligenz ist in der Psychologie ein Sammelbegriff für die kognitive Leistungsfähigkeit des Menschen. Nicht-Psychologen stellen sich unter Intelligenz immer etwas Großartiges und Umfassendes vor, viele Psychologen hingegen als etwas sehr Nüchternes – als ein Rädchen von den vielen, die uns am Laufen halten. Es gibt keine einheitliche Definition von Intelligenz, und es gibt fast ebenso viele Theorien über sie wie Forscher, die sich mit ihr befassen.

Den meisten Theorien ist aber gemeinsam, dass sie Intelligenz als eine Fähigkeit sehen, sich in neuen Situationen durch Einsicht zurechtzufinden oder Aufgaben durch Denken zu lösen. Entscheidend ist aber, dass dies nicht durch Erfahrung, sondern die schnelle Erfassung von Beziehungen ermöglicht wird.

Auch der Begriff Bewusstsein hat im Sprachgebrauch eine sehr vielfältige Bedeutung, die sich teilweise mit den Bedeutungen von Geist und Seele überschneidet. Im Gegensatz zu diesen beiden Begriffen ist Bewusstsein jedoch weniger von theologischen und dualistisch-metaphysischen Gedanken bestimmt, weswegen er auch in den Naturwissenschaften verwendet wird.

„Bewusste KI-Systeme sind möglich oder schon da und versteckten sich vor uns. Alles Unsinn oder doch eine reale Gefahr?“

Johann Wiesböck, *Chefredakteur*
johann.wiesboeck@vogel.de

Im Zeitalter von Alexa, IBMs dialogfähigem Superhirn Watson oder Googles selbstlernenden Schachgigant AlphaZero stellen sich immer mehr Menschen die Frage, ob Maschinen dank Künstlicher Intelligenz zu Wesen mit Bewusstsein werden können. Mit dem Projekt „Abklärung des Verdachts aufsteigenden Bewusstseins in der Künstlichen Intelligenz“ geht das KIT ab sofort dieser Frage nach. „Uns geht es darum, das Thema KI-Bewusstsein zu entmystifizieren“, sagt Projektleiter Professor Karsten Wendland vom ITAS. „Manche“, erläutert der Technikfolgenforscher, „halten es für ausgeschlossen, dass Maschinen, irgendwann einmal ‚bewusst‘ werden. Andere behaupten, bewusste KI-Systeme seien schon längst da und versteckten sich noch vor uns.“ Man darf gespannt sein, was die Forscher herausfinden.

Herzlichst, Ihr

www.next-mobility.news

next-mobility.news
Fachwissen für die Mobilität von morgen

Fachportal für Elektronik-Experten

Technologien, Produkte, Trends und News für die Entwickler von Elektronikkomponenten und -systemen im Mobilitätssektor.

www.next-mobility.news

ELEKTRONIK PRAXIS ist eine Marke der

VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

INHALT

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Kann KI ein Bewusstsein entwickeln?

Im Zeitalter von Amazons „Alexa“, IBMs dialogfähigem Superhirn „Watson“ oder Googles selbstlernenden Schachgigant „AlphaZero“ stellen sich immer mehr Menschen die Frage, ob Maschinen dank Künstlicher Intelligenz zu Wesen mit Bewusstsein werden können.
Bewusste KI-Systeme sind möglich oder schon da und versteckten sich vor uns. Alles Unsinn oder doch eine reale Gefahr?

6

SCHWERPUNKTE

6 **Auf dem Weg zur selbst-bewussten KI?**
Ob Künstliche Intelligenz ein Selbst-Bewusstsein entwickeln kann, erforschen Wissenschaftler am Karlsruher Instituts für Technologie. Dabei nehmen Sie auch mutige Positionen ein und bringen Experten an einen Tisch.

Neuronale Netze

8 **FPGA oder GPU: Was ist besser für neuronale Netze?**
So genannte Deep Neural Networks (DNNs) sind zur Datenanalyse inzwischen auch für die Industrie interessant. Doch welche Hardware wird den Ansprüchen dieser Technologie am Besten gerecht?

11 **Wie maschinelles Lernen das Chip-Design verändert**
Das übergeordnete Ziel für die nähere Zukunft besteht darin, dass EDA-Tools selbstständig einen vollautomatischen Schaltplan-Generator, ohne menschliches Zutun, entwickeln können.

12 **Deep Learning und wie Neuronale Netze entscheiden**
Bei Deep Learning ist es kaum nachvollziehbar, warum ein Neuronales Netz bestimmte Entscheidungen trifft. Doch welche Kriterien spielen bei der Entscheidung eine Rolle?

Künstliche Intelligenz

14 **Was bedeutet KI bei Software-Testverfahren?**
Künstliche Intelligenz ist auch in der Softwareentwicklung ein aktuelles Trendthema. Wie aber unterscheidet sich KI im Kontext von automatisierten Softwaretests von ihrer breiter gefassten Definition?

16 **Herausforderungen für DSPs in der Bildverarbeitung**
Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz verspricht gerade für Anwendungen in der Bildverarbeitung enorme Verbesserungen. Er stellt aber auch neue Ansprüche an die eingesetzte Hardware.

Automotive Electronics

20 **Megatrends ADAS und autonomes Fahren**
Fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme sorgen für immer mehr Autonomie beim Fahren. Der Weg hin zum vollständig autonomen Fahren erfordert intelligente, sichere und robuste Halbleiterbausteine.

5G goes Industry

24 **Komponententests over the Air**
Endgeräte und Basisstationen für 5G sind höher integriert als LTE-Modelle. Zudem gibt es erheblich mehr Gerätevarianten. Bei ihrer Entwicklung werden OTA-Tests eine entscheidende Rolle spielen.

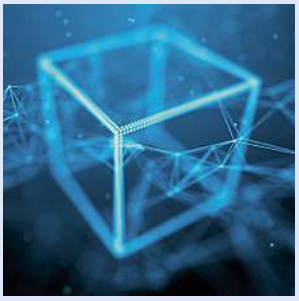
Blockchain

28 **Mit Sensoren und Blockchain ins Internet der Dinge**
Sensible Sensordaten fallen in der vernetzten Industrie in großen Mengen an. Doch der Austausch außerhalb eines Unternehmens birgt Risiken. Sinnvolle Hilfe verspricht die Blockchain.

IoT

32 **Edge Computing braucht kundenspezifischen SoCs**
Viele Hersteller bieten für IoT-Anwendungen optimierte Controller an. Doch diese Universalbausteine sind nicht immer die beste Wahl. Wir zeigen Alternativen.

8 *FPGA oder GPU – Was ist besser geeignet?*



12 *Wie treffen Neuronale Netze eine Entscheidung?*

20 *Megatrends ADAS und autonomes Fahren*

28 *Mit Sensoren und Blockchain in das IoT*

RUBRIKEN

3 **Editorial**

26 **Impressum**

FPGA-Kongress

FPGA-Kongress

21.-23.05.2019, Dornach

FPGA-Technologien haben einen wahren Evolutionssprung vollbracht, was neue Denkansätze und Lösungen von Hardware- als auch Software-Entwicklern erfordert.

Der FPGA-Kongress, der von ELEKTRONIKPRAXIS und dem Schulungscenter PLC2 veranstaltet wird, greift diesen Fortschritt herstellerübergreifend auf – und fokussiert auf anwendergerechte Lösungen, die Sie schnell in Ihren eigenen Entwicklungs-Alltag integrieren können.

www.fpga-kongress.de

www.vogel-fachbuch.de

Die Fitmacher für die digitale Fabrik

Thomas Schulz (Hrsg.)

Industrie 4.0

Potenziale erkennen und umsetzen

1. Auflage 2017, 378 Seiten
ISBN 978-3-8343-3394-0
59,80 EUR

Reinhart / Magaña Flores / Zwicker

Industrieroboter

Planung, Integration, Trends Ein Leitfaden für KMU

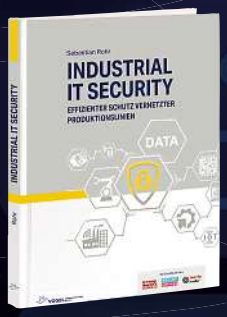
1. Auflage 2018, 192 Seiten
ISBN 978-3-8343-3401-5
59,80 EUR

Miriam Schleipen (Hrsg.)

Praxishandbuch OPC UA

Grundlagen – Implementierung – Nachrüstung – Praxisbeispiele

1. Auflage 2018, 206 Seiten
ISBN 978-3-8343-3413-8
49,80 EUR



Sebastian Rohr

Industrial IT Security

Effizienter Schutz vernetzter Produktionslinien

1. Auflage 2019, 148 Seiten
ISBN 978-3-8343-3382-7
39,80 EUR

12881

Jetzt bestellen!

Weitere Informationen und versandkostenfreie Bestellung unter

www.vogel-fachbuch.de

Eine Empfehlung von ELEKTRONIK PRAXIS – einer Marke der VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

Auf dem Weg zur selbst-bewussten KI?

Ob KI ein Selbst-Bewusstsein entwickeln kann, erforschen Wissenschaftler am Karlsruher Instituts für Technologie. Dabei nehmen Sie auch mutige Positionen ein und bringen Experten an einen Tisch.

Als im Oktober 2017 der Roboter „Sophia“ auf einer Konferenz im saudi-arabischen Riad an das Rednerpult trat und dem halb amüsierten, halb staunenden Publikum sein Selbstverständnis einer lernenden und kommunizierenden Maschine in Menschengestalt erläuterte, war dies in der öffentlichen Wahrnehmung ein Meilenstein auf dem scheinbar immer kürzer werdenden Weg zu einer „erwachenden“, ihre Individualität und ihre internen Zustände reflektierenden Künstlichen Intelligenz.

Auch KI-gestützte Systeme wie der Smart Speaker „Alexa“, IBMs dialogfähiges Superhirn „Watson“ oder Googles selbstlernender Schachgigant „AlphaZero“ befeuern die Vision einer in absehbarer Zeit realisierbaren „Superintelligenz“, die alles Dagewesene in den Schatten stellt. Renommierte Akteure in Wissenschaft und Kunst warnen vor den Folgen eines solchen Epochenwechsels, andere verweisen auf die nachgerade utopischen Chancen. Die grundlegende Frage, was „bewusste KI“ überhaupt sei und was an den Szenarien von Maschinen mit einer eigenständigen Existenz „dran“ sein könnte, wird erstaunlicherweise selten gestellt.

Bild: Pixabay

Hoher Aufklärungsbedarf: *Ob Maschinen dank Künstlicher Intelligenz zu Wesen mit Bewusstsein werden können, ist unklar und umstritten. Das Projekt „Abklärung des Verdachts aufsteigenden Bewusstseins in der Künstlichen Intelligenz“ des KIT soll dieser Frage nun nachgehen.*

Die Entmystifizierung von Künstlicher Intelligenz

An dieser Stelle setzt das zweijährige Forschungsprojekt „Abklärung des Verdachts aufsteigenden Bewusstseins in der Künstlichen Intelligenz (KI-Bewusstsein)“ an. „Uns geht es darum, das Thema KI-Bewusstsein zu entmystifizieren“, sagt Projektleiter Professor Karsten Wendland vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des KIT. „Manche“, erläutert der Informatiker und Technikfolgenforscher seine Zielsetzung, „halten es für ausgeschlossen, dass Maschinen, insbesondere KI-Systeme, irgendwann einmal ‚bewusst‘ werden. Andere behaupten, bewusste KI-Systeme seien schon längst da und versteckten sich noch vor uns. Hier möchten wir ein transdisziplinär tragfähiges Verständnis erarbeiten und die Ergebnisse in den öffentlichen Diskurs einbringen.“

In einem „Mixed-Methods“-Ansatz wird das Projektteam zunächst den Status quo in Sachen KI-Bewusstsein untersuchen – mittels einer systematischen Erfassung der Debatten in den Spezialdisziplinen und im öffentlichen Diskurs, in Experteninterviews sowie in einer bibliometrischen Medienanalyse.

Erstmals sollen auf diese Weise typische Positionen, Argumentationen und Sprechweisen identifiziert und beschrieben werden. „Als Analysten“, sagt Projektleiter Wendland, „nehmen wir hierbei eine inhaltlich neutrale Haltung ein. Zugleich schrecken wir nicht davor zurück, sehr mutige Positionen zum KI-Bewusstsein in unsere Untersuchung aufzunehmen, Positionen, die im europäischen Raum eher selten sind, etwa, dass zwischen Menschen und Maschinen nicht zwingend unterschieden werden muss, da in allem ein Stück Schöpfung stecke.“

Experten fächerübergreifend zusammenbringen

In einem zweiten Schritt wollen die Wissenschaftler zu zentralen Forschungsfragen des Themenfeldes „KI-Bewusstsein“ Expertinnen und Experten zusammenbringen, die bislang noch nicht miteinander sprechen. Diese transdisziplinären Brückenschläge, vertieft in Workshops und Symposien, sollen ein fächerübergreifendes Verständnis für die ebenso geheimnisumwitterte wie heikle Thematik aufbauen und befestigen.

Wesentlich für das Projekt sind zuletzt die allgemeinverständliche Aufbereitung des analytisch und diskursiv erarbeiteten Wissensstandes und die Bereitstellung dieses Wissens für die interessierte Öffentlichkeit, aber auch für Interessenvertreter und weitere wissenschaftliche Communities. Dies geschieht in Bürgerdialog-Formaten ebenso wie mittels Podcasts, Broschüren und einer (im Aufbau befindlichen) Webpräsenz. Darüber hinaus ist ein enger Austausch mit Wissenschaftsredaktionen geplant. Getreu seinem entmystifizierend-aufklärerischen Ansatz geht es dem Projektteam bei der Verbreitung seiner Erkenntnisse darum, die Abklärung der Frage aufsteigenden KI-Bewusstseins nachvollziehbar und fundiert publik zu machen.

Das Projekt „Abklärung des Verdachts aufsteigenden Bewusstseins in der Künstlichen Intelligenz (KI-Bewusstsein)“ endet im Dezember 2020. Im Rahmen des Förderprogramms „Innovations- und Technikanalyse“ wird es vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit insgesamt 335.000 Euro gefördert. // **JW**

Karlsruher Instituts für Technologie

ÜBER 1.300.000 PRODUKTE AUF LAGER | ÜBER 7,6 MILLIONEN PRODUKTE ONLINE

Die weltweit größte Auswahl an elektronischen Komponenten für die sofortige Lieferung!™

KOSTENLOSER VERSAND BEI BESTELLUNGEN AB 50 € ODER $60 USD*

TELEFON: 0800 180 01 25

DIGIKEY.DE

Digi-Key® ELECTRONICS

ÜBER 750 BRANCHENFÜHRENDE HERSTELLER | 100%-IGER VERTRAGSDISTRIBUTOR

*Für alle Bestellungen unter 50,00 € wird eine Versandgebühr von 18,00 € in Rechnung gestellt. Bei Bestellungen unter $60,00 USD wird eine Versandgebühr von $22,00 USD berechnet. Alle Bestellungen werden per UPS, Federal Express oder DHL für die Lieferung innerhalb von 1 bis 3 Tagen (abhängig vom endgültigen Bestimmungsort) versendet. Keine Bearbeitungsgebühren. Alle Preise werden in Euro oder US-Dollar angegeben. Digi-Key ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. Digi-Key und Digi-Key Electronics sind eingetragene Marken von Digi-Key Electronics in den USA und anderen Ländern. © 2019 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ecia MEMBER

FPGAs oder GPUs: Was ist besser für schnelle neuronale Netze?

So genannte Deep Neural Networks (DNNs) sind zur Datenanalyse inzwischen auch für die Industrie interessant. Doch welche Hardware wird den Ansprüchen dieser Technologie am Besten gerecht?

STEFANO ZAMMATTIO *

Bild: THANANIT / Intel

KI-Beschleunigung: *Die Geschwindigkeit und das Ausmaß, mit dem sogenannte Deep Neural Networks (DNNs) trainiert werden können, haben in den vergangenen Jahren rapide zugenommen. Vor allem GPUs und FPGAs kommen hierbei verstärkt zum Einsatz. Doch welche der beiden Technologien eignet sich besser?*

Im heutigen Zeitalter von „Big Data" werden Unternehmen und Verbraucher täglich von großen Datenmengen aus verschiedenen Quellen überflutet, darunter geschäftliche Transaktionen, soziale Medien und Informationen aus Sensor- oder M2M-Daten (Maschine-zu-Maschine). Diese Daten sind in verschiedenen Formaten erhältlich – von strukturierten numerischen Daten in herkömmlichen Datenbanken bis zu unstrukturierten Textdokumenten, E-Mail, Video, Audio und Finanztransaktionen.

Eine sorgfältige Analyse dieser Daten ist entscheidend, um Erkenntnisse zu erlangen und die Entscheidungsfindung sowie das Maschinelle Lernen (ML) zu verbessern. Algorithmen kommen in der modernen Datenanalyse umfassend zum Einsatz. Deep Neural Networks (DNNs) werden in zunehmendem Maße für die Bildverarbeitung eingesetzt, da sie sich zum Erkennen von Objekten hervorragend eignen und höchste Genauigkeit bieten.

Derzeitige DNNs, wie beispielsweise AlexNet und VGG, basieren auf einer dichten Fließkomma-Matrixmultiplikation (GEneral matrix multiply bzw. GEMM), die bisher in Grafikprozessoren (GPUs) mit deren Parallelität und hohen TFLOP/s-Werten durchgeführt wird. FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) sind zwar energieeffizienter als GPUs (was im heutigen IoT-Markt wichtig ist), ihre Leistungsfähigkeit in DNNs entspricht jedoch nicht der von GPUs.

Eine kurze Erklärung zu Deep Neural Networks (DNNs)

Dieser Beitrag gibt einen kurzen Überblick über DNNs und erläutert, wie aktuelle Trends in der DNN-Entwicklung zusammen mit jüngsten Fortschritten bei FPGAs diesen Markt verändern können. Von Intel durchgeführte Tests werden beschrieben, in denen die Leistungsfähigkeit zweier aktueller FPGAs (Arria 10 und Stratix 10 von Intel) mit der zu dem Zeitpunkt leistungsfähigsten GPU (Titan X Pascal) für DNN-Berechnungen verglichen wird.

ML-Algorithmen bestehen aus zwei Phasen (siehe Bild 1). In der ersten Phase (oder Trainingsphase) wird ein Modell mit Vorhersagekraft erstellt, indem iterativ an einem bekannten Satz von Datenproben gearbeitet wird. In der zweiten Inferenzphase werden dann anhand des Modells aus Phase 1 Vorhersagen zu neuen Datenstichproben getroffen.

In Bild 1 bestehen die Datenmuster aus Bildern mit relevanten Kategorien für diese Bilder. In der Trainingsphase werden Bilder den jeweiligen Kategorien zugewiesen, während die Inferenzphase das Modell zur Kategorisierung neuer Bilder verwendet.

DNNs werden häufig als Graphen dargestellt, die auf Schichten von Neuronen basieren, wobei Knoten die Neuronen und Verbindungen zwischen den Neuronen darstellen, die durch Kanten dargestellt werden. Ein Netzwerk mit vier Schichten – mit einer Eingabe-, einer Ausgabe- und zwei verborgenen Zwischenschichten ist in Bild 2 dargestellt.

Die DNN-Berechnung durchläuft jede Netzwerkschicht und berechnet die Werte jedes Neurons durch Multiplizieren und Akkumulieren aller Werte der Neuronen in der vorherigen Schicht mit den entsprechenden Kantengewichten. DNN-Berechnungen sind daher stark von Multiplikations- und Akkumulationsoperationen abhängig.

Bild 2 beschreibt, wie die DNN-Berechnung Vorwärts- und Rückwärtsdurchläufe verwendet. Der Vorwärtsdurchlauf nimmt ein Sample der Eingabeschicht, führt alle verborgenen Schichten durch und erzeugt eine Vorhersage auf der Ausgabeschicht. In der Inferenzphase verwendet die DNN-Berechnung den Vorwärtsdurchlauf, um eine Vorhersage für ein Sample zu erhalten. In der Trainingsphase wird ein Vorhersagefehler aus dem Vorwärtsdurchlauf während des Rückwärtsdurchlaufs (dem Back-Propagation-Algorithmus) zurückgeführt, und die Netzwerkgewichtungen werden entsprechend aktualisiert. Iterative Vor-

*** Stefano Zammattio**
... ist Product Manager bei Intel FPGA in Harrow, Großbrittanien.

wärts- und Rückwärtsdurchläufe verfeinern während der Trainingsphase die Netzwerkgewichtungen, bis die gewünschte Genauigkeit erreicht ist.

DNNs können verschiedene Arten von Schichten aufweisen. Vollständig vernetzte Schichten verbinden alle Neuronen einer Schicht mit allen Neuronen in der nächsten Schicht, während Faltungsebenen nur mit Gruppen benachbarter Neuronen vernetzt sind. Andere Arten umfassen Aktivierungs-, Stapelnormalisierungs- und Pooling-Schichten, und moderne DNNs verfügen über mehrere Sätze von jeder Art.

Bild 3a beschreibt, wie eine 3-Neuron-Eingangsebene (I) und eine 2-Neuron-Ausgangsebene (O) als dichte Vektoren und die Gewichte (W) als eine 2x3-dichte Matrix formuliert werden. Die Berechnung multipliziert den Vektor der Eingangsneuronen mit der Gewichtungsmatrix.

Bild: Intel FPGA

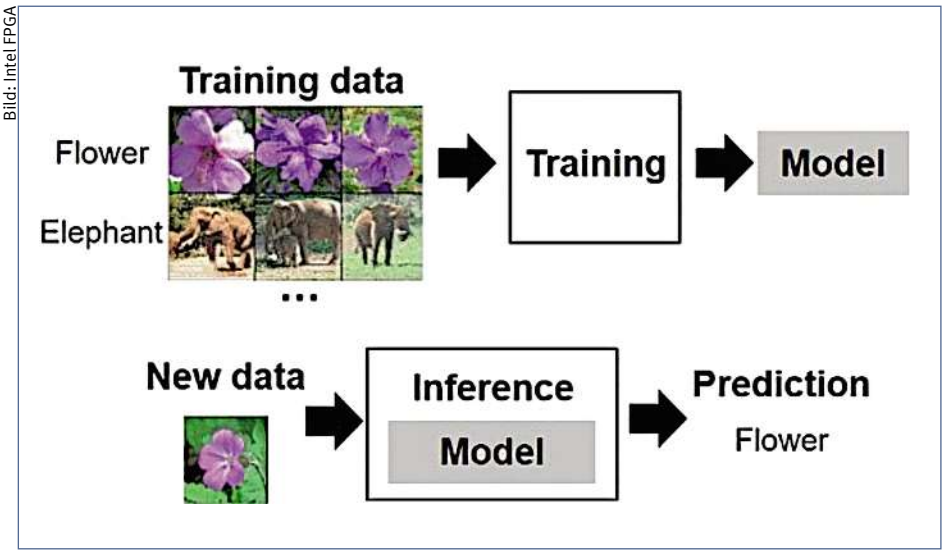


Bild 1: *Maschinelles Lernen für die Datenanalyse.*

Aktuelle Trends bei Deep Neural Networks

Mit der sich rasant weiterentwickelnden DNN-Forschung zeichnen sich drei Trends für kommende DNNs ab:

Tiefer greifende Netzwerke: Es hat sich gezeigt, dass tiefer greifende Netzwerke mit mehr Schichten die Genauigkeit erhöhen. Heutige DNNs können über 150 Schichten aufweisen – Im Jahr 2012 waren es noch gerade einmal 10 Schichten. Die entsprechenden Fehlerquoten sind von 16,4 auf 3,5% zurückgegangen, wobei jedoch tiefere Netzwerke zu größeren Modellen führen, die immer mehr Berechnungen erfordern und letztendlich unlösbar werden.

Kompaktere Datentypen nutzen: Es hat sich auch gezeigt, dass kompaktere Datentypen die DNN-Genauigkeit im Vergleich zu Datentypen mit vollständiger Genauigkeit nicht wesentlich beeinflussen. Einige der neuesten GPUs verwenden FP16- und Int8-Datentypen. Die Verwendung extrem kompakter Datentypen mit BNNs (binäre neuronale Netze), die 1-Bit-Datentypen nutzen, wird derzeit erforscht, um die Speichergröße und die Bandbreite erheblich zu reduzieren und die Berechnung zu vereinfachen.

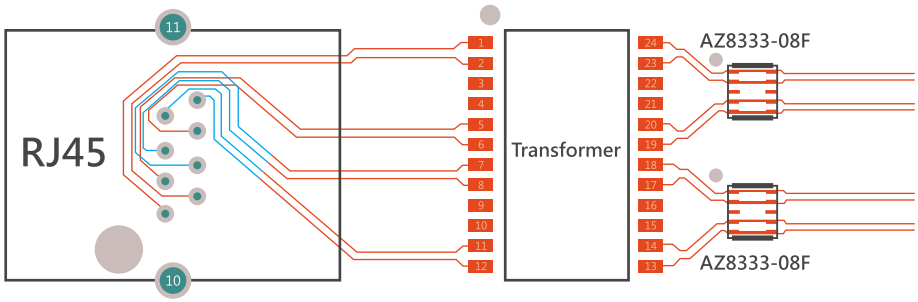
Die Genauigkeit von BNNs bei kleinen Datensätzen ist mit vollpräzisen Netzwerken vergleichbar – bei größeren ist diese Genauigkeit jedoch noch nicht erzielt worden. Die BNN-Forschung ist jedoch in vollem Gange, und in diesem Bereich sind weitere Fortschritte zu erwarten.

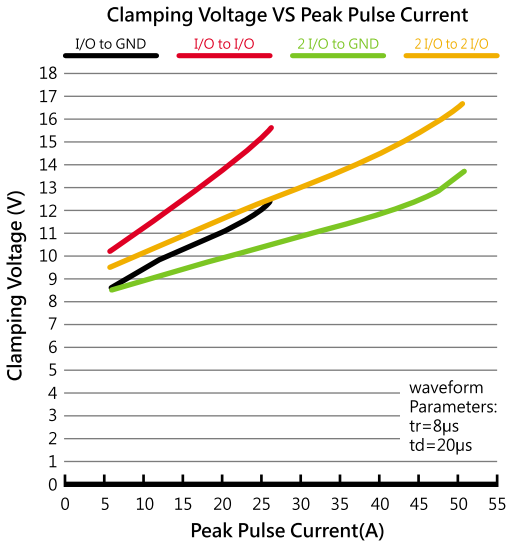
TNNs (ternäre neuronale Netze) beschränken die Gewichtungswerte auf 0, +1 oder -1, behalten jedoch FP32-Neuronenwerte bei, wodurch sich eine höhere Genauigkeit bei großen Datensätzen ergibt. Die Rechenleistung ist jedoch geringer als bei BNNs.

Dünne Besetzung: Viele Studien untersuchen auch eine dünne Besetzung (das Vorhandensein von Nullen) in DNN-Neuronen und Gewichten. Nach Schätzungen sind etwa 50% der Neuronenwerte in bekannten Netzwerken wie AlexNet und VGG Nullen. Eine dünne Besetzung erkennt, dass eine Berechnung von Neuronen mit Nullwert nicht erforderlich ist. Die Berechnung wird bei vorhandenen Null-

Superb Tough LAN ESD/EOS Protector Array
AZ8333-08F

- Can be used for Giga Ethernet
- Operating Temperature: 125˚C
- IEC61000-4-2 (ESD) +/- 30 kV
- IEC61000-4-5 (Surge) 45A (8/20us)





AMAZING
ESD Leading Provider
www.amazingIC.com

werten zu einer Matrixmultiplikation, die weniger Operationen erfordert (Bild 3, rechts).

Hardwarevergleich bei DNNs: GPU contra FPGA

Bislang kommen GPUs für DNNs zum Einsatz, da parallele Datenberechnungen erforderlich sind, die einen hohen Durchsatz an Gleitkommadaten garantieren (regelmäßiger Parallelismus). In jede GPU-Generation wurden mehr Gleitkommaeinheiten, On-Chip-RAM und eine höhere Speicherbandbreite integriert, um die FLOP/s-Werte zu erhöhen.

Berechnungen mit unregelmäßigem Parallelismus können GPUs jedoch aufgrund von Divergenz vor Probleme stellen. Da GPUs nur einen festen Satz nativer Datentypen unterstützen, kann es passieren, dass sie kundenspezifische Datentypen nicht effizient handhaben. Das hat eine unzureichende Nutzung der Hardwareressourcen und eine unbefriedigende Performance zur Folge. Im Gegensatz zu GPUs ist die FPGA-Architektur äußerst anpassungsfähig. In den letzten Jahren haben fünf bedeutende Trends zu erheblichen Fortschritten bei FPGAs geführt, die deren Performance näher an die von GPUs heran bringt:

- Kommende FPGAs bieten mehr On-Chip-RAM.
- Technologien wie HyperFlex ermöglichen wesentlich höhere Taktfrequenzen.
- Es stehen wesentlich mehr Hard-DSPs zur Verfügung.
- Die Einführung von HBM-Speicher führt zu einer höheren Off-Chip-Bandbreite.
- Kommende FPGAs basieren auf fortgeschrittener modernster wie 14-nm-CMOS.

Die künftigen Stratix-10-FPGAs von Intel bieten mehr als 5000 Hard-Fließkommaeinheiten (DSPs), über 28 MByte On-Chip-RAM (M20Ks), Anbindung an Speicher mit hoher Bandbreite (bis zu 4 x 250 GByte/s/Stack oder 1 TByte/s) sowie höhere Taktfrequenzen durch die neue HyperFlex-Technologie. Für den Datendurchsatz führt dies zu einem FP32-Spitzenwert von 9,2 TFLOP/s.

FPGA-Entwicklungsumgebungen und -Toolsets werden ebenfalls weiterentwickelt und ermöglichen das Programmieren auf einer höheren Abstraktionsebene. Dadurch wird die FPGA-Programmierung für Entwickler, die keine Hardware-Experten sind, leichter zugänglich, was die Einführung von FPGAs in Mainstream-Systeme beschleunigt.

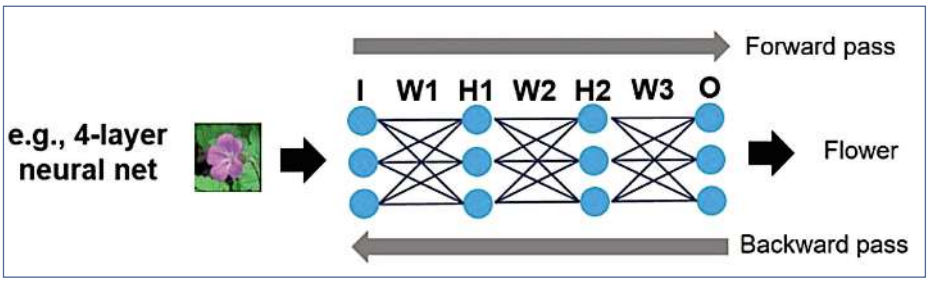


Bild: Intel FPGA

Bild 2: *Beispiel für ein neuronales Netz mit vier vollständig vernetzten Schichten (Eingang I, verborgene Schichten H1 und H2, Ausgang O).*

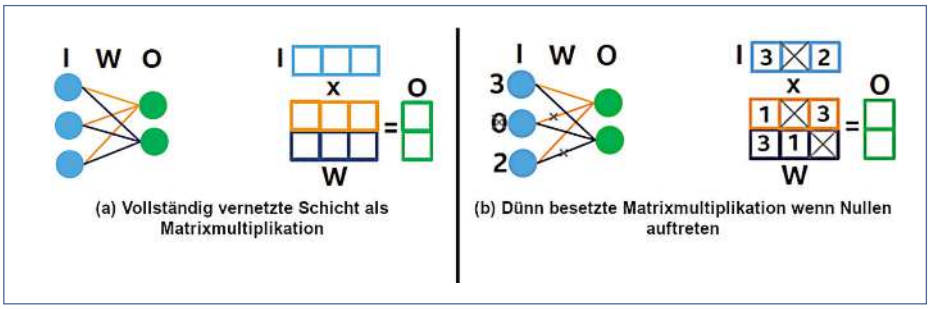


Bild: Intel FPGA

Bild 3: *Vollständig vernetzte Schichten lassen sich als Matrixmultiplikationen formulieren. Treten Nullen auf, wird die Berechnung zu einer Multiplikation einer dünn besetzten Matrix.*

Evaluierungsansatz: GEMM-Vorgänge und Energieeffizienz

Jüngste Forschungen von Intel untersuchten verschiedene GEMM-Operationen für kommende DNNs. Ein DNN-Hardwarebeschleunigungsmuster für FPGAs wurde entwickelt, welches optimale Hardwareunterstützung für dünn besetzte Matrixberechnungen als auch kundenspezifische Datentypen bietet. Das Muster wurde zur Unterstützung verschiedener kommender DNNs entwickelt und lässt sich anpassen, um optimierte Hardware-Instanzen für FPGAs und für kundenspezifische DNN-Varianten zu erstellen.

Die Forscher haben dieses Template zur Ausführung und Evaluierung verschiedener Matrix-Multiplikationsvorgänge für kommende DNNs auf der heutigen und nächsten Generation von FPGAs (Arria 10, Stratix 10) sowie auf der neuen, hochleistungsfähigen Titan X Pascal GPU verwendet, um konkrete Vergleiche ziehen zu können.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Stratix 10 FPGA bei GEMM-Vorgängen für bereinigte, Int6- und binäre DNNs um 10%, 50% bzw. 5,4-mal besser ist als die Titan X Pascal GPU. Die Tests zeigen auch, dass Arria-10 und Stratix-10-FPGAs gegenüber der Titan X GPU eine bessere Energieeffizienz (TOP/s/W) aufweisen, wobei beide Bausteine im Vergleich zu Titan X eine 3- bis 10-fache Energieeffizienz erzielen.

Welche Hardware unterstützt DNN-Algorithmen besser?

Obwohl GPUs bisher erste Wahl für Deep Neural Networks waren, zeigen neueste Performance-Vergleiche bei zwei Generationen von Intel-FPGAs (Arria 10 und Stratix 10) und der neuesten Titan X GPU, dass aktuelle Trends bei DNN-Algorithmen nun auch durch FPGAs unterstützt werden.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass Stratix 10 FPGAs die Titan X Pascal GPU übertreffen – u.a. durch einen geringeren Stromverbrauch. FPGAs werden also zur bevorzugten Plattform für schnellere DNNs. // **SG**

Intel PSG

Veranstaltungstipp: FPGA-Kongress 2019

Auf dem FPGA-Kongress 2019 werden renommierte Referenten von Intel, Xilinx oder Lattice sowie erfahrene Dienstleister ihre Erkenntnisse im Einsatz von FPGAs bei künstlicher Intelligenz, aber auch bei Embedded-Applikationen oder in der Systemimplementierung teilen. Der von ELEKTRONIKPRAXIS und PLC2 veranstaltete Fachkongress fokussiert sich auf anwendergerechte Lösungen, die Sie schnell in Ihren eigenen Entwicklungs-Alltag integrieren können. Mehr zu Programm und Anmeldung finden Sie auf **www.fpga-kongress.de**.

Wie maschinelles Lernen das Chip-Design verändert

Das übergeordnete Ziel für die nähere Zukunft besteht darin, dass EDA-Tools selbstständig einen vollautomatischen Schaltplan-Generator, ohne menschliches Zutun, entwickeln können.

LAZAAR LOUIS *

In den nächsten fünf bis zehn Jahren soll die Produktivität der Chip-Entwickler, mithilfe von maschinellen Lernverfahren, um enorme Größenordnungen gesteigert werden. Die ersten Voraussetzungen dafür sind bereits in Angriff genommen worden. Dazu gehört die Verfügbarkeit von massiven Cloud-Rechenressourcen, die von existierenden Computer-Serverfarmen nicht mehr bedient werden können. Hinzu kommt, dass Unternehmen ihre Forschung in komplett neue Prozessorarchitekturen gesteckt haben, damit Algorithmen für das maschinelle Lernen ermöglicht werden. Mehr Forschung wurde bereits in Entwicklungs-Flows investiert, die maschinelles Lernen, Analysen und Optimierungstechnologien im EDA-Designfluss nutzen können.

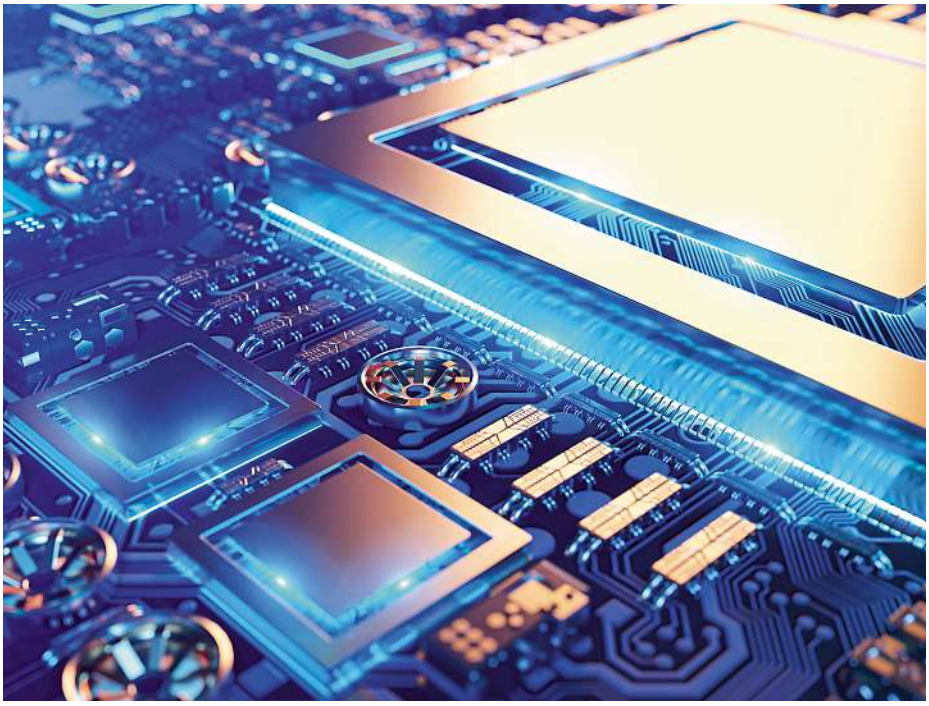


Bild: © sdecoret-stock.adobe.com

EDA-Tools: *werden in naher Zukunft selbstständig einen vollautomatischen Schaltplan-Generator entwickeln, ohne dass Menschen eingreifen müssen.*

Ein vollautomatischer Schaltplan-Generator

Das Ziel besteht darin, dass EDA-Tools selbstständig einen vollautomatischen Schaltplan-Generator entwickeln können. Damit sollen selbst Anwender mit wenig Erfahrung in der Elektronikentwicklung, vollständige physikalische Designs von Elektronik-Hardware entwickeln können. Diese Layout-Plattform soll ein automatisiertes physikalisches Layout mit unterschiedlichen Arten von Elektronikbauteilen, einschließlich Analog- und Digital-SoCs, SiPs und Leiterplatten unterstützen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist die Entwicklung der entsprechenden Infrastruktur, Algorithmen, Methoden und Software für ein erfolgreiches physikalisches Layout ohne menschliches Zutun erforderlich. Dabei soll eine vollständige Design-Netzliste in eine Layout-Datenbank umgewandelt werden. Die Plattform soll maschinelle Lernverfahren nutzen, um die Funktionalität kontinuierlich weiterzuentwickeln. Dabei unterstützen neu zur Verfügung stehende Datensätze. Mit Training lässt sich die Software kundenspezifisch anpassen und auch eine Differenzierung ist möglich, wobei der Umfang und die Qualität, der für den Endanwender verfügbaren Trainingssets, eine entscheidende Rolle spielen. Die entstehenden Vorteile sind stark von der vorhandenen Design-Datenbank abhängig. Durch eine komplette Automatisierung des Elektronik-Layouts wird die Plattform voraussichtlich eine neue Ära im Hinblick auf die Entwicklung von Hardware-Systemen innerhalb von 24 Stunden einläuten.

Entwickler müssen die in diesem Programm geschaffenen Tools und Methodiken annehmen. Auf der Basis unserer Erfahrungen sowohl im EDA-Bereich als auch bei maschinellem Lernen, erfordert das eine Reihe von gestaffelten Technologieeinführungen: Anwender können festzustellen, wie die Tools gewünschte Ergebnisse am besten liefern und das System lernt von den Anwendern. Entweder in dem die Anwender ihre Methodiken als Code einfügen oder das System lernt aus den Aktionen der Anwender. Der gestaffelte Ansatz wird schrittweise mit neuen Tools und Methodiken umgesetzt und bringt die besten Ergebnisse für das Programm. Damit ist es auch möglich, Leistungsziele wie Bandbreite, Frequenzgang und Stromverbrauch zu verbessern und bisherige Einstellungen für die vorhandenen Schaltungen zu nutzen. // KR

*** Lazaar Louis**
... ist bei Cadence Design Systems zuständig für Marketing und Business Development in San Francisco, USA.

Cadence Design Systems

Deep Learning: *Welche Kriterien spielen bei einer Entscheidung eine Rolle und wie lernt das Neuronale Netz?*

Deep Learning und wie ein Neuronales Netz entscheidet

Bei Deep Learning ist es kaum nachvollziehbar, warum ein Neuronales Netz bestimmte Entscheidungen trifft. Doch welche Kriterien spielen bei der Entscheidung eine Rolle?

MATTHIAS WEIDLER UND JAN PAULUS*

Der Kluge Hans, oder im Englischen Clever Hans genannt, war ein Pferd Anfang des 20. Jahrhunderts, das vermeintlich rechnen konnte und dabei das Ergebnis mit Hufklopfen wiedergab [1]. Tatsächlich hatte das Pferd jedoch gelernt, die Körpersprache seiner Aufgabensteller zu lesen, die damit die Lösung vorgaben. Der Clever-Hans-Effekt bezeichnet seitdem in der Wissenschaft die unbewusste Beeinflussung eines Verhaltens. Deep-Learning-Lösungen können einen ähnlichen Effekt haben. Ein System, das Boote in Bildern erkennen soll, reagiert möglicherweise primär auf Wasser. Bei vielen Bildern fällt das nicht auf, da Boote in der Nähe von Wasser anzutreffen sind. Wie Wissenschaftler der TU Berlin vermuten, ist es „durchaus denkbar, dass ungefähr die Hälfte der aktuell eingesetzten KI-Systeme implizit oder explizit solche Clever-Hans-Strategien nutzen." [2] Wie lässt sich erkennen und vermeiden, dass man einen Clever-Hans-Predictor baut und ist es wirklich schlimm, einen solchen Effekt im System zu haben?

Dr. Matthias Weidler
... entwickelt Algorithmen mit Fokus auf Bildverarbeitung und maschinelles Lernen bei ASTRUM IT.

Dr. Jan Paulus
... ist Experte für maschinelles Lernen und Mustererkennung. Beide sind AI and Machine Learning Engineer, Consultant und Trainer bei ASTRUM IT.

Entscheidungs-Kriterien eines Neuronalen Netzes

Ein großer Nachteil des Deep Learning ist, dass es kaum nachvollziehbar ist, warum ein Neuronales Netz bestimmte Entscheidungen trifft. Unter dem Stichwort Explainable AI [3] wird an Methoden geforscht, die zumindest Hinweise darauf geben, anhand welcher Kriterien ein Neuronales Netz seine Entscheidungen trifft, also die Eingabe einer Klasse zuordnet. Dabei gibt es zwei Gruppen an Verfahren: Die einen Verfahren erklären für konkrete Eingabedaten, anhand welcher Informationen eine Entscheidung getroffen wurde. **Layer-wise Relevance Propagation** zeigt in einer Heatmap, welche Datenbereiche für eine Entscheidung herangezogen wurden. Bei Bildern zeigt sie, ob ein Zug hauptsächlich anhand der Schienen im Bild erkannt wurde. Bei der Signalanalyse hebt sie relevante Zeitabschnitte und Kanäle hervor. Vergleichbares gibt es auch bei Neuronalen Netzen für Textanalyse. Mit sogenannten **Attention-Mechanismen** bewertet ein Modell abhängig vom Kontext, welche Wörter besonders wichtig sind. Auch diese Information lässt sich visualisieren.

Die andere Gruppe sind generative Verfahren, die aktuell für die Bilderkennung eingesetzt werden. Generell will man verstehen, was ein Neuronales Netz gelernt hat. Dabei wird ein Bild nach und nach so verändert, dass es möglichst gut zu einer Klasse passt. Der Deep-Dream-Algorithmus von Google gehört zu den ersten Verfahren dieser Gruppe. Google analysierte, welche Information relevant ist, dass ihr Neuronales Netz auf einem Bild eine Hantel erkennt. Das überraschende Ergebnis war, dass das Netz mit einbezieht, ob in diesem Bild ein Arm zu sehen ist, der die Hantel hält. Ein Neuronales Netz lernt ausschließlich datengetrieben. Es müssen Trainingsdaten bereitstehen, welche die komplette Bandbreite an Eingaben bestmöglich repräsentieren. Es muss zunächst der Problemraum definiert werden: Welche Szenarien müssen berücksichtigt werden und wie soll die Ausgabe des Modells sein? Die getroffenen Entscheidungen haben einen großen Einfluss auf den praktischen Nutzen im tatsächlichen Betrieb und auf die Komplexität des Modells. Es hat sich bewährt, den Problemraum am Anfang so stark wie möglich einzuschränken, sodass gerade noch ein praktischer Nutzen vorhan-

Bild: ©Dmitry - stock.adobe.com

den ist, und den Problemraum schrittweise zu erweitern. Bei einer komplexen Eingabe ist die Wahrscheinlichkeit höher, unbewusst Korrelationen in die Eingaben hineinzubringen. Beispielsweise indem alle Trainingsdaten einer Klasse zur selben Tageszeit aufgenommen werden. Deshalb sollten die Daten in einer Art aufgenommen werden, die dem späteren, realen Betrieb so gut wie möglich entspricht. Allerdings ist eine Clever-Hans-Strategie nicht immer problematisch. Entscheidend ist, wie der Problemraum definiert ist. Sollen nur Bilder von Schiffen und von Zügen unterschieden werden, so ist es valide, wenn Bilder von Zügen anhand der Schienen und Bilder von Schiffen anhand des Wassers erkannt werden. Problematisch wird es nur, wenn Schiffe auch in der Nähe von Gleisanlagen erkannt werden sollen. Wie viel Einfluss eine mögliche Clever-Hans-Strategie auf die Erkennungsrate des Modells im realen Betrieb hat, zeigt die Auswertung des Testdatensatzes. Wie bei den anderen Daten sollen die Testdaten der tatsächlichen Anwendung entsprechen. Werden bei einem gut erstelltem Testdatensatz alle definierten Szenarien mit hoher Genauigkeit erkannt, ist die Genauigkeit im späteren Betrieb vermutlich ähnlich gut, auch wenn eine Clever-Hans-Strategie genutzt wird. Verursachen Fehlentscheidungen keinen großen Schaden, ist das Verhalten durchaus akzeptabel.

Deutlich anders ist das beispielsweise in der Medizin, wenn es um Menschenleben geht. Aufgrund des hohen Risikos einer Fehlentscheidung können KI-Systeme nur unter ganz bestimmten Bedingungen eingesetzt werden. Allerdings können gerade hier die Explainable-AI-Ansätze helfen, den Arzt bei einer Diagnose besser zu unterstützen, indem sie auf relevante Datenabschnitte hinweisen. // **HEH**

ASTRUM IT

Künstliche Intelligenz bei ASTRUM IT

Seit mehr als 25 Jahren unterstützt ASTRUM IT bei der Entwicklung von intelligenten Software-Produkten. Die Bandbreite reicht von Schulungen über Beratung bis zum Einsatz vor Ort. Das Unternehmen berät umfassend hinsichtlich Analyse und Verbesserung von IT-Prozessen, Technologie sowie Informationssicherheit. Die Projekte und Produkte kommen in unterschiedlichen Branchen zum Einsatz. Sie interessieren sich für das Thema Künstliche Intelligenz? Dann kontaktieren Sie uns über training@astrum-it.de

Referenzen

[1] *Hans Joachim Gross: Eine vergessene Revolution. Die Geschichte vom klugen Pferd Hans. In: Biologie in unserer Zeit. Band 44, Nr. 4, 2014, S. 268–272*

[2] *Gemeinsame Pressemitteilung der Technischen Universität Berlin und des Fraunhofer Heinrich-Hertz-Instituts HHI vom 11. März 2019: Wie intelligent ist Künstliche Intelligenz? In: Medieninformation Nr. 40/2019: https://www.tu-berlin.de/?203846*

[3] *A. Holzinger. Informatik Spektrum (2018) 41:138. https://doi.org/10.1007/s00287-018-1102-5*

itk ENGINEERING 10x in Deutschland | 4x weltweit

www.itk-karriere.de

GAMING TRIFFT AUTOMOTIVE.

Fahrerassistenzsysteme in realitätsnaher Umweltsimulation testen.

Sie möchten Teil des nächsten Levels der Absicherung sein, sich in virtuellen Welten bewegen, mittels hochspezialisierter Sensorik den Fahrzeugen Sehen und Hören beibringen? Dann sind Sie bei uns genau richtig! Wenn Sie über fundiertes Know-how in der Sensorik oder videobasierten Systemen verfügen, freuen wir uns, Sie in unserem Team zu begrüßen! Besuchen Sie uns auf www.itk-karriere.de und erfahren gleich mehr über die Arbeit und das Miteinander bei ITK Engineering.

Was bedeutet künstliche Intelligenz bei Software-Testen?

Künstliche Intelligenz ist auch in der Softwareentwicklung ein aktuelles Trendthema. Wie aber unterscheidet sich KI im Kontext von automatisierten Softwaretests von ihrer breiter gefassten Definition?

IGOR KIRILENKO *

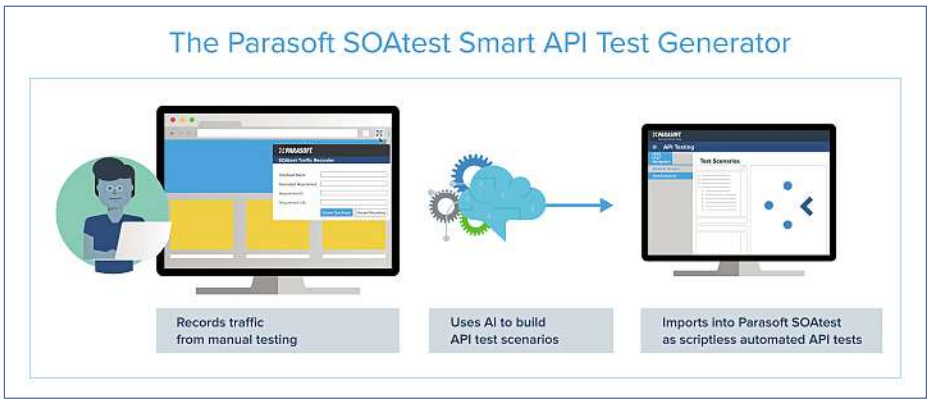


Bild: Parasoft

Künstliche Intelligenz in Software-Test-Tools: *Das neueste Release von Parasoft SOAtest setzt auf künstliche Intelligenz zur Umwandlung von manuellen UI-Tests in automatisierte, skriptlose API-Tests.*

Ist von KI die Rede, gibt es mitunter wilde Assoziationen wie etwa allmächtige Supercomputer, die wild entschlossen sind, die Menschheit zu zerstören, sprachgesteuerte Assistenten in der Art von Alexa oder Siri, Computer als Schachgegner oder selbstfahrende Autos.

Ich dagegen betrachte KI lieber als die Fähigkeit eines Computerprogramms oder einer Maschine, zu denken (d. h. eigenständig zu schlussfolgern) und zu lernen (d. h. Daten zu sammeln und das eigene künftige Verhalten auf vorteilhafte Weise zu modifizieren). In dieser Definition zeichnet sich für uns etwas Aussagefähigeres im Kontext dessen ab, was KI für die Softwareentwicklungs-Tools und die entsprechende Technologie bedeutet.

Wichtig ist auch, sich klarzumachen, dass sich der Umfang dessen, was man unter KI versteht, mit der Zeit verändert. Beispielsweise gab es eine Zeit, in der die optische Zeichenerkennung (Optical Character Recognition, OCR) als der Stand der Technik im Bereich der KI angesehen wurde. Dasselbe wird bei den Softwaretest-Tools passieren: Heutige Innovationen im Bereich der Automatisierung werden zur Selbstverständlichkeit, sobald neue Fähigkeiten bereitstehen.

*** Igor Kirilenko**
... ist Vice President of Development bei Parasoft, zuständig für die technische Strategie und Architektur.

KI in der Softwaretest-Automatisierung in 2018

Noch steckt die Nutzung von KI in der Softwareentwicklung in den Kinderschuhen, der Autonomiegrad ist hier noch weit niedriger als auf weiter entwickelten Gebieten wie den selbstfahrenden Systemen oder der Sprachsteuerung. Dennoch zielt die Entwicklung ganz klar in Richtung des autonomen Testens. Durch die Anwendung von Schlussfolgerung, Problemlösung und in einigen Fällen auch maschinellem Lernen lässt sich KI nutzen, um bei der Automatisierung zu helfen und den Aufwand an mühseligen Routinearbeiten beim Entwickeln und Testen von Software zu verringern. Testautomatisierungs-Tools tun dies bereits bis zu einem gewissen Grad, aber mit ein paar Einschränkungen.

Der Nutzen der KI resultiert daraus, dass die direkte Einbeziehung der Entwickler oder Tester in die besonders profanen Aufgaben reduziert wird. Man denke beispielsweise daran, dass die meisten (oder sogar alle) Testautomatisierungs-Tools dafür genutzt werden, Tests für Entwickler durchzuführen und Ergebnisse zu liefern. Weil die meisten Tools nicht wissen, welche Tests durchzuführen sind, starten einfach alle oder eine vorgegebene Auswahl. Was aber, wenn ein KI-fähiger Bot den aktuellen Teststatus, die Codeüberdeckung und andere Metriken auswerten könnte, um auf dieser Basis zu entscheiden, welche Tests noch notwendig sind, und diese Tests anschließend auszuführen? Das Einbringen einer Entscheidungsfindung auf der Basis veränderlicher Daten ist ein Beispiel für den Einsatz von KI. Damit ist die Software effektiv in der Lage, den Entwickler bzw. Tester in diesem Entscheidungsprozess zu ersetzen.

Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

Das maschinelle Lernen ist eine Teildisziplin der KI-Forschung und zielt speziell auf die Entscheidungsfindung auf der Basis zuvor erfasster Daten ab. Dies ist ein wichtiger Aspekt der KI insgesamt, denn Intelligenz erfordert ein Modifizieren der Entscheidungsfindung im Zuge des fortschreitenden Lernprozesses. Allerdings ist maschinelles Lernen bei den Softwaretest-Tools nicht unbedingt immer notwendig. In manchen Fällen erfolgt die Feinabstimmung eines KI-fähigen Tools am besten manuell, um den Belangen des Unternehmens, das das Tool nutzt, optimal gerecht zu werden. Anschließend lässt sich die gleiche Logik und Schlussfolgerung unabhängig vom Resultat immer wieder anwenden. In anderen Fällen dagegen ist das Sammeln von Daten entscheidend für den Entscheidungsprozess, sodass das maschinelle Lernen hier äußerst wertvoll sein kann. Zu Beginn ist ein gewisser Grund-Datenbestand erforderlich, aber durch das Erfassen von immer mehr Daten

wird mit der Zeit eine fortschreitende Verbesserung bzw. Anpassung erreicht. Beispielsweise können die Ergebnisse statischer Analysen, Testergebnisse oder andere Software-Metriken die KI mit der Zeit über den Status des Softwareprojekts informieren.

Modultests mit KI generieren und parametrieren

Erste Erkenntnisse sind in aktuelle Lösungen zur Verbesserung von Tools eingeflossen. Parasoft Jtest, eine Softwaretest-Lösung für Java-Entwickler, beinhaltet etwa statische Analyse, Modultests, Überdeckung, Rückverfolgbarkeit und mehr. Mit KI konnte hier die automatische Testfall-Generierung realisiert werden. Diese hilft Entwicklern beim Schließen von Lücken, wenn mit einem spärlichen JUnit-Harness begonnen wird.

Das IDE-Plug-in von Parasoft Jtest bereichert die Modultests durch nützliche Informationen, indem es einfache, mit einem Klick aktivierbare Aktionen zum Erstellen, Skalieren und Pflegen von Modultests bereitstellt. Mit der Lösung können Tester eine höhere Codeüberdeckung erzielen und gleichzeitig den Zeit- und Arbeitsaufwand halbieren, der für das Erstellen eines umfassenden und aussagefähigen Bestands an JUnit-Testfällen erforderlich ist. Dahinter steht unter anderem das vereinfachte Erstellen von Stubs und Mocks zum Isolieren des zu prüfenden Codes.

Zusätzlich entdeckt Parasoft Jtest automatisch Code, der nicht von den bestehenden Test Suites abgedeckt wird. Die Lösung geht den gesamten Steuerpfad des Quellcodes durch, um herauszufinden, welche Parameter an eine zu prüfende Methode übergeben werden müssen, und wie die Stubs und Mocks zu initialisieren sind, damit sie den betreffenden Code erreichen. Mithilfe von KI kann Jtest automatisch neue Modultests generieren und modifizierte Parameter anwenden, um die Codeüberdeckung des gesamten Projekts zu verbessern.

Automatisiertes Generieren und Pflegen von API-Test

Um die Grenzen der Automatisierung beim Softwaretesten zu überwinden, lässt sich KI in vielen Punkten wirksam einsetzen, vom Verständnis wie APIs funktionieren, über das Erstellen von effektiven API Testszenarios, die Identifizierung von Änderungen, die sich ergeben haben, bis hin zur Ausführung der richtigen Tests zum richtigen Zeitpunkt. Im nächsten Schritt lässt sich mithilfe von Machine Learning alles auf die nächste Stufe anheben, wo Algorithmen zum Einsatz kommen und eine weitere Verbesserung erzielen.

Ein Beispiel Hierfür ist der Smart API Test Generator von Parasoft SOAtest. Dieses Tool beschränkt sich nicht auf das Aufzeichnen und Abspielen von Tests, sondern nutzt KI und ML zum Umwandeln manueller UI-Tests in vollständige, automatisierte API-Testszenarien. Es nutzt Schlussfolgerungen zum Verstehen der Muster und Beziehungen in den verschiedenen API-Aufrufen, die beim Ausführen der UI ausgelöst werden. Aus dieser Analyse wird eine Reihe von API-Aufrufen konstruiert, die die zugrundeliegenden Interface-Aufrufe während des UI-Flows repräsentieren. Anschließend kommt das maschinelle Lernen ins Spiel, indem so viel wie möglich über die verschiedenen API-Ressourcen beobachtet und als Vorlage in einer proprietären Datenstruktur hinterlegt wird. Durch die Untersuchung von anderen Testfällen in der Bibliothek des Anwenders erfolgt die Aktualisierung dieser internen Struktur. Dabei geht es um das Erlernen verschiedener Verhaltensweisen beim Ausführen der APIs, wie etwa eine Assertion oder das Hinzufügen eines bestimmten Headers an der richtigen Stelle.

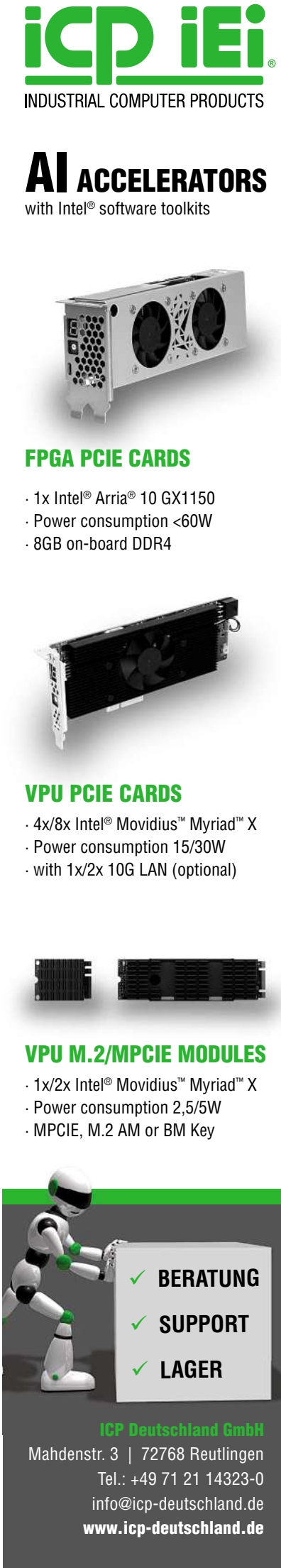
Ziel des KI-Einsatzes ist hier das Generieren ausgefeilterer Tests, anstatt einfach die Aktionen des Anwenders zu kopieren, wie es bei einfachen Record-and-Playback-Tests wäre. Das Tool erkennt Muster im Traffic, erstellt ein umfassendes Datenmodell der beobachteten Parameter, generiert automatisierte API-Tests und ermöglicht die Anwendung der erlernten Muster auf andere API-Tests, um diese zu verbessern und den Anwendern beim Erstellen anspruchsvollerer automatisierter Testszenarien zu helfen. Die daraus resultierenden automatisierten API-Tests sind nicht nur vollständiger, sondern auch wiederverwendbar, skalierbar und unempfindlich gegenüber Änderungen.

Ausblick: Wie wird es im Jahr 2019 aussehen

Wie geht es also weiter? Wir betreiben aktive Forschung und Entwicklung auf diesem Sektor und suchen nach weiteren Anwendungsmöglichkeiten für KI und ML, um unser Angebot an Softwaretest-Tools weiter aufzuwerten. Die Forschung kann unterschiedliche Wege gehen, doch das finale Ziel ist klar: Den Teams soll geholfen werden, ihren Code effektiver und effizienter zu entwickeln und zu testen und mit erhöhter Schlagzahl qualitativ hochwertigere Software hervorzubringen.

Eine ungekürzte Fassung dieses Beitrags finden Sie unter **bit.ly/2UdPcmN.** // **SG**

Parasoft



Herausforderungen für DSPs bei Imaging- und KI-Anwendungen

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz verspricht gerade für Anwendungen in der Bildverarbeitung enorme Verbesserungen. Er stellt aber auch neue Ansprüche an die eingesetzte Hardware.

PULIN DESAI *

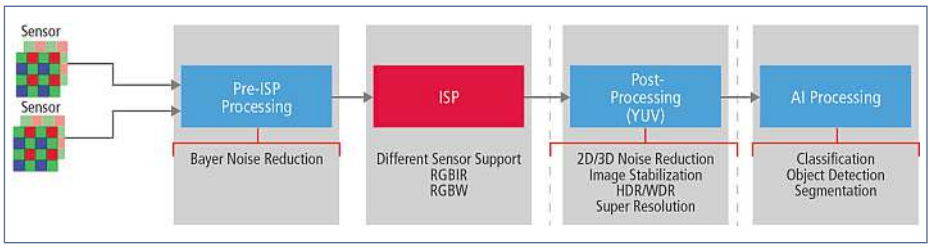


Bild: Cadence

Bild 1: *Bildsensor-Verarbeitungspipeline.*

Gil Pratt, der Leiter des Toyota Research Institute, vergleicht die aktuelle Welle der KI-Technologie (künstliche Intelligenz) mit der kambrischen Explosion, die vor rund 500 Millionen Jahren eine enorme Vielfalt neuen Lebens hervorbrachte. Damals wie heute war das Sehen eine der neuen Schlüsselfähigkeiten. Im Hinblick auf die aktuellen spannenden Zukunftsszenarien, die kurz vor der Markteinführung stehen, müssen Informationen künftig schneller verarbeitet werden, und zwar mit einer kleineren Baugröße, mit weniger Leistung und einer höheren Auflösung als je zuvor.

Bildverarbeitung und künstliche Intelligenz

Ein autonom fahrendes Fahrzeug muss beispielsweise die Objekte in seiner Umgebung identifizieren können. Dies erfordert eine mehrskalige Pyramiden-Operation, um das Bild so aufzubereiten, dass es an eine KI-Engine weitergegeben werden kann. Diese interpretiert dann die Daten („das ist ein Verkehrszeichen") und unterzieht sie anschließend erneuten Interpretationen („das ist ein Stoppschild"). Mittels KI wird das Bild zuerst hinsichtlich der Art der Szenerie bewertet und dann auf der Basis der Szene mit einem intelligenten High Dynamic Range (HDR) Algorithmus weiter untersucht (siehe Bild 2).

Der Bokeh-Effekt kann ebenfalls mit KI-basierten Operationen auf Bilder angewendet werden. Der Bokeh-Effekt ist eine Art Unschärfe des Bildhintergrunds, der Bildanteile enthält, die außerhalb der Tiefenschärfe liegen (siehe Bild 3). Bisher haben Smartphones diesen Effekt mit Algorithmen erzeugt, wobei zwei Bildsensoren oder Kameras benötigt wurden. Mit KI ist der Bokeh-Effekt mit nur einer einzigen Kamera möglich. In diesem Fall werden mit KI die verschiedenen Bildebenen segmentiert und dann mittels Bildverarbeitung entweder eine Unschärfe (Hintergrund) oder ein Nachschärfen (Vordergrund) des Bilds oder beides erzeugt. Durch diese Verarbeitung kann das System Gesichter und Objekte besser unterscheiden, Verkehrszeichen identifizieren oder hochwertige Porträts erstellen.

Aktuelle Herausforderungen bei entsprechenden Anwendungen

Mit der Verbreitung und der Komplexität dieser Anwendungen ergeben sich auch Herausforderungen, die dieser Markt angehen muss. Hierzu gehört die Notwendigkeit einer Verarbeitung bei einer höheren Auflösung mit Algorithmen, die mehr Bilder mit niedrigerem Energieverbrauch und mit höherer Leistung verarbeiten.

■ **Mobile Geräte:** In diesem Markt nimmt der Einsatz von Videos stark zu. Seit der Einführung von ARKit von Apple und ARCore von Google auf der Android-Plattform werden immer mehr AR/VR-basierende Anwendungen erstellt. Alle diese Anwendungen nutzen eine Vision-basierte SLAM (simultaneous localization and mapping - simultane Positionsbestimmung und Kartenerstellung) mit KI auf der mobilen Plattform, um einen einzigartigen Bedienkomfort zur Verfügung zu stellen.

■ **AR/VR-Headsets:** Diese Segmente umfassen AR/VR-Headsets, die für Spiele oder in kommerziellen Anwendungen genutzt werden können. Da dieser Markt langsam erwachsen wird, steigen die Anforderungen hinsichtlich der Verbesserung des Bedienkomforts. Die Latenz-Anforderungen bei AR/VR-Headsets steigen, wodurch andererseits die Bildverarbeitung und KI höhere Anforderungen an die Rechenleistung stellen. Die Headsets erweitern die Geräte um KI-Funktionen für die Objektdetektierung und -erkennung, Gestenerkennung und das Eye-Tracking.

■ **Überwachung:** Diese Kameras werden intelligenter und ermöglichen durch integrierte KI-Funktionen eine Erkennung von Unbekanntem und Anomalien. Die meisten dieser Kameras arbeiten mit einer Auflösung von 1080p, wobei künftige Kameras Auflösungen von bis zu 4k Auflösung bei 60 Frames pro Sekunde (FPS) erfordern. Bei Überwachungskameras in kommerziellen Anwendung kommen integrierte KI-Funktionen im Gerät zum Einsatz, um im Video eine Identifizierung von Personen in Echtzeit zu ermöglichen und die Latenz dieser Aufgaben bei der Ausführung in der Cloud zu reduzieren.

■ **Automotive:** Der Automobilmarkt fordert eine hohe Zuverlässigkeit und einen Betrieb in einem großen Temperaturbereich, wobei die Lebensdauer eines Automobils bei 20 Jahren oder länger liegen kann. Die Komplexität der Imaging-Funktionen wird im Laufe der nächsten zehn bis fünfzehn Jahre innerhalb des Automobilökosystems wegen der umfangreichen Daten und Variablen zur Vermeidung von Unfällen stark steigen. Au-

*** Pulin Desai**
... ist Product Marketing Director der Tensilica Vision DSP Product Line bei Cadence in San José.

tomobilunternehmen, die Technologie für autonomes Fahren anbieten, müssen deshalb Deep-Learning und KI-Funktionen einsetzen, um die erzeugten Daten in Echtzeit analysieren zu können.

Die aktuelle Technologie mit getrennten Komponenten für Vision/Imaging und KI-Bildverarbeitung ist mit diesen Lösungen nicht für die Zukunft geeignet. Um weiterzukommen ist ein neuer Ansatz erforderlich.

Bildgebungs- und Bildverarbeitungsalgorithmen können in ein Elektroniksystem mit Hilfe einer Kombination von universellen CPUs und/oder GPUs oder einer Hardware-Pipeline oder RTL implementiert werden. Da sich die Sensortechnologien sehr schnell weiterentwickeln und sich je nach Anbieter stark unterscheiden, kann die RTL Pipeline in Bezug auf die Größe und Funktionalität kaum Schritt halten. Zwar ist die Nutzung einer CPU/GPU ein flexibler Weg, einer der größten Nachteile ist aber der Kompromiss zwischen Performance und Energieverbrauch. Wenn das Endgerät zudem ein Wearable ist, dann lässt sich mit der CPU/GPU-Option nicht die erforderliche lange Batterielaufzeit erreichen. Das Gerät wird vermutlich heiß laufen (und damit die CPU/GPU-Taktrate sinken), und wird einen Großteil der Leistung für Anwendungen wie Video-HDR verbrauchen.

Die andere Möglichkeit besteht in der Ausführung der Algorithmen auf einem RTL-basierten Hardware-Design, was einen Performance-Leistungs-Vorteil bringt, aber die Flexibilität einschränkt. Hardware-Designs erfordern einen langen Entwicklungs- und Verifikationsprozess und jede Funktion benötigt eigene Gatter - ein kostspieliges Vorhaben.

Bild: Cadence

Bild 2: *Ohne und mit HDR-Verarbeitung, Einsatz von zwei Kameras und Bild-Stabilisierung.*

Bild: congerdesign auf Pixabay

Bild 3: *Katze mit Bokeh-Effekt im Hintergrund.*

Durch die Weiterentwicklung von neuronalen Netzen wird immer häufiger gefordert, dass diese Prozessoren direkt in die Bausteine integrieren werden, anstatt eigenständige CPUs und GPUs zu verwenden. Bisher lassen sich die Verarbeitungsanforderungen dieser Netzwerke aber nur mit den Ressourcen eines Datencenters erreichen, so dass viele KI-Anwendungen in der Cloud ausgeführt und nicht in die Geräte integriert werden.

Lösungsvorschlag: Ein auf KI-Ansprüche ausgelegter DSP

Der Cadence Tensilica Vision Q6 DSP ein DSP für eingebettete Vision- und KI-Anwendungen, der auf einer neuen, schnelleren Prozessor-Architektur basiert. Der DSP bietet eine um den Faktor 1,5 höhere Vision- und KI-Performance als sein Vorgänger, der Vision P6 DSP, und eine um den Faktor 1,25 bessere Energieeffizienz bei einer Leistung die der Maximalleistung des Vision P6 DSP entspricht. Durch eine tiefere, 13-stufige Prozessor-Pipeline und eine Systemarchitektur, die speziell für den Einsatz großer lokaler Speicher auslegt wurde, kann der Vision Q6 DSP eine Spitzenfrequenz von 1,5 GHz und eine typische Frequenz von 1 GHz erreichen, und zwar bei 16 nm und der derselben Chipfläche wie der Vision P6 DSP. Dadurch lassen sich mit dem Vision Q6 DSP sehr leistungsfähige Pro-

dukte realisieren, welche die steigenden Vision- und KI-Anforderungen sowie die Forderungen hinsichtlich der Energieeffizienz erfüllen.

Der Baustein ist speziell auf die Ansprüche von Embedded-Vision-Anwendungen unter Zuhilfenahme von künstlicher Intelligenz ausgelegt. Um dies zu unterstützen, bietet der Vision Q6 DSP:

- Einen erweiterten DSP-Befehlssatz, der für embedded Visionsanwendungen/Kernels, wie Optical Flow, Transpose und warpAffine sowie häufig genutzte Filter, wie Median und Sobel, bis zu 20 % weniger Zyklen benötigt als der Vision P6 DSP.
- Doppelte Systemdatenbandbreite mit getrennten Master/Slave AXI-Schnittstellen für Daten/Befehle und 2-Kanal-DMA, was Speicher-Bandbreite-Probleme in Vision- und KI-Anwendungen reduziert aber auch Latenz- und Overhead-Aspekte im Zusammenhang mit einem Kontextwechsel und der DMA-Vorbereitung verringert.
- Rückwärtskompatibilität zum Vision P6 DSP, so dass bestehende Software-Investitionen nicht verloren gehen und eine einfache Migration ermöglicht wird.
- Optionale Vektor-Gleitkommaeinheit (VFPU), die auch FP16 (Half Precision) unterstützt.

Der Vision Q6 DSP unterstützt KI-Anwendungen, die mit einem Caffe, TensorFlow oder TensorFlowLite Framework entwickelt wurden über den Tensilica Xtensa Neural Network Compiler (XNNC). Der XNNC überträgt neuronale Netze in einen ausführbaren und hochoptimierten leistungsfähigen Code für den Vision Q6 DSP. Hierfür wird eine umfangreiche Auswahl von optimierten Bibliothek-Funktionen für neuronale Netze genutzt. Der Vision Q6 DSP unterstützt auch Android Neural Network (ANN) API für eine KI-Beschleunigung in Geräten mit Android-Betriebssystem.

Diese Lösung fügt sich in die anderen Software-Tools der Cadence Tensilica Suite ein, so dass sich die Entwickler nicht in eine neue Plattform einarbeiten müssen. Die Lösung ist zu verschiedenen neuronalen Netz-Frameworks kompatibel. Dadurch lässt sie sich mit Anwender-Code und vorhandenen Tools und Bibliotheken kombinieren, und vereinfacht damit den Entwicklungsprozess.

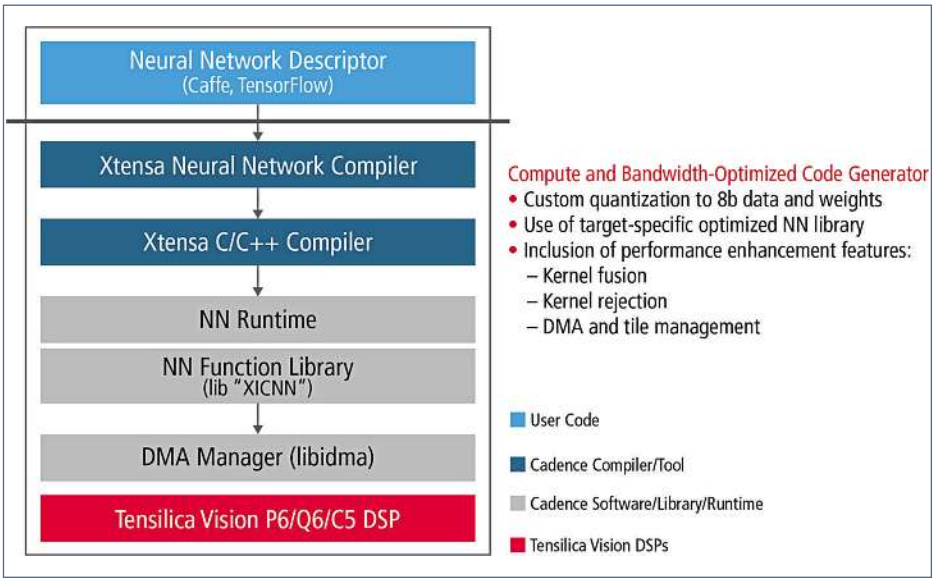


Bild: Cadence

Bild 5: *Automatisierter Software-Flow für KI-Anwendungen.*

Der Vision Q6 DSP ist auch zum Tensilica Vision P6 DSP rückwärts kompatibel, so dass eine einfache Migration von vorherigen Versionen der Tensilica Vision DSP Familie möglich ist und bestehende Softwareinvestition nicht verloren gehen.

Die Softwareumgebung bietet außerdem eine komplette und optimierte Unterstützung für mehr als 1.500 OpenCV-basierte Vision- und OpenVX-basierte Bibliothek-Funktionen, was eine schnelle High-Level-Migration von vorhandenen Visionsanwendungen erlaubt.

Kriterien für eine erfolgreiche Vision- und KI-DSP-Lösung

Zusammenfassend muss eine erfolgreiche Vision- und KI-DSP-Lösung die folgenden Kriterien erfüllen:

- **Embedded:** Gilt für alle Märkte, vom mobilen Geräten bis hin zu Automotive, wo eine riesige Datenmenge ‚on the Fly' verarbeitet werden muss. Anwendungen, die Vision und KI nutzen, müssen in die jeweiligen Systeme eingebettet sein, und zwar unabhängig vom Markt.
- **Energieeffizienz:** Da wir Datencenter nicht mit unseren Geräten oder in unseren Autos immer dabeihaben, können wir auch keine Stromquellen überall mit uns herumtragen.

Der Cadence Tensilica Vision Q6 DSP erfüllt diese Anforderungen. Der Vision Q6 DSP ist schneller und benötigt weniger Energie als vorherige Lösungen, deckt die Marktanforderungen sowohl der Vision- als auch KI-DSPs mit einer 13-stufigen Prozessor-Pipeline ab und bietet die 1,5-fache Performance bei gleicher Fläche. // **SG**

Cadence

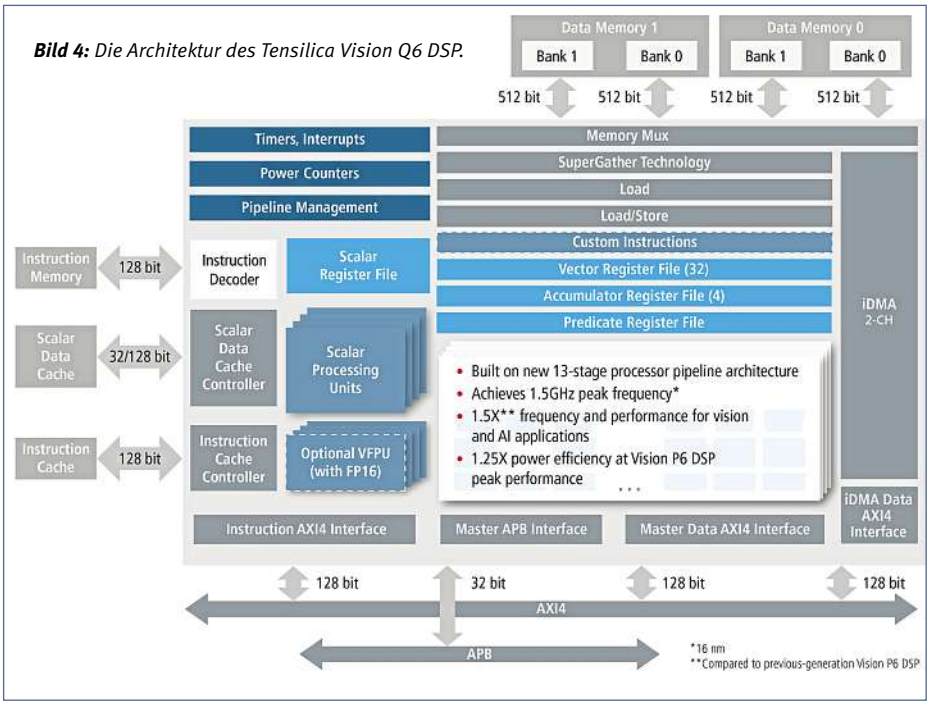


Bild 4: *Die Architektur des Tensilica Vision Q6 DSP.*

Bild: Cadence

Embedded Software Engineering Kongress

2. bis 6. Dezember 2019

– Call for Papers –

12951

Bewerben Sie sich jetzt als Referent/-in für den 12. ESE Kongress 2019 in Sindelfingen

Es gibt viele gute Gründe, warum Sie sich mit Ihrem eigenen Vortrag beteiligen sollten. Seien Sie Teil von Deutschlands größter Wissenscommunity der Embedded-Software-Branche. Teilen und diskutieren Sie Ihr Knowhow mit einem hochwertigen Fachpublikum. Für Haupt-Referenten ist die Kongressteilnahme kostenfrei. Die besten Sprecher werden mit dem Best Speaker Award ausgezeichnet.

Gestalten Sie den ESE Kongress aktiv mit und reichen Sie uns Ihren Themenvorschlag bis zum 17. Mai 2019 ein.

www.ese-kongress.de/callforpapers

Aussteller 2018:

*AdaCore, agosense, aicas, Arm, **Arrow Electronics**, Avnet Silica, **Axivion**, bbv Software Services, BlackBerry QNX, BMK Group, ELEKTRONIKPRAXIS, Embedded Wizard, Emenda, emmtrix Technologies, froglogic, GLIWA embedded systems, **Green Hills Software**, HCC, Hitex, IAR Systems, IMACS, Infineon Technologies, infoteam Software, iSyst Intelligente Systeme, iSYSTEM, itemis, Lauterbach, LieberLieber Software, Linutronix, Logic Technology, macio, MathWorks, MicroConsult, Microsoft, MicroSys, NXP, oose Innovative Informatik, Parasoft, PLS Programmierbare Logik & Systeme, PROTOS, QA Systems, Razorcat Development, RST Industrie Automation, RTI Real-Time Innovations, Tasking, Vector Informatik, Verifysoft Technology, Vorwerk, Willert Software Tools, WITTENSTEIN, wolfSSL*

Embedded Software Engineering Kongress

2019

2. bis 6. Dezember 2019 in Sindelfingen

Hauptsponsoren 2018

Veranstalter

Automotive-Megatrends ADAS und autonomes Fahren

Fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme sorgen für immer mehr Autonomie beim Fahren. Der Weg hin zum vollständig autonomen Fahren erfordert intelligente, sichere und robuste Halbleiterbausteine.

Bild: Daimler AG

Autonomes Fahren: *Der Weg von ADAS über Advanced ADAS hin zu vollständig autonomen Fahrzeugen erfordert die Entwicklung intelligenter, sicherer und robuster Halbleiterbausteine.*

Die Einstellung zum Fahren ändert sich: die letzte Generation genoss in hohem Maße das Autofahren, einige vergötterten fast ihre Autos. Heutzutage wollen immer mehr Menschen schnell, sicher und effizient von A nach B kommen.

Sicherheit ist ein entscheidender Faktor bei der Entwicklung der neuen Fahrzeuge, die autonomer werden sollen. Zahlen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für das Jahr 2017 belegen, dass 1,25 Mio. Menschen jährlich bei Straßenverkehrsunfällen ums Leben kommen und weitere 20 bis 50 Mio. verletzt werden. Die Ursache dieser Verkehrsunfälle ist überwiegend menschliches Versagen. Zahlen des US-Verkehrsministeriums vom Mai 2016 besagen, dass 94% der jährlichen Unfälle in den USA durch Fahrfehler verursacht wurden.

Evolution hin zum autonomen Fahren

Der Weg zu autonomen Fahrzeugen findet nicht über eine Revolution, sondern über eine schnelle Evolution statt. Ernsthafte Forschungen wurden seit den 1980er Jahren immer stärker vorangetrieben. Heute gibt es etwa 50 Unternehmen, die aktiv an der Entwicklung autonomer Fahrzeuge beteiligt sind. Hinzu kommt noch eine Reihe bedeutender Universitätsprojekte, die Grenzen neu stecken.

Die Elektrifizierung von Fahrzeugen ist weit verbreitet, und in wichtigen Bereichen wie dem Antriebsstrang, der Karosserie, im Innenraum, der Beleuchtung und in aktiven Sicherheitssystemen findet sich heute anspruchsvolle Elektronik.

Während sich jedes dieser Systeme weiter entwickelt, zeigt sich ein Trend hin zu mehr Sensorik und Fahrzeugvernetzung, mit der einzelne Funktionen in einem integrierten autonomen Fahrzeug vereint werden. Viele Fahrzeuge verfügen bereits über eine autonome Notbremsung, Spurhaltewarnsysteme, aktive Geschwindigkeitsregelung, Überwachung toter Winkel und automatisches Einparken.

Diese Systeme, die nicht mehr nur auf Fahrzeuge der Oberklasse beschränkt sind, liefern wertvolle Informationen für den Fah-

rer, der im Wesentlichen die Kontrolle behält – vorerst noch.

Da sich Serienfahrzeuge durch ADAS-Funktionen immer weiter entwickeln, um eines Tages ein vollständig autonomes vernetztes Fahrzeug hervorzubringen, erreicht die Branche einen Wendepunkt, wo das Fahrzeug selbst eine integrierte Überwachung bereitstellt. Da wir zunehmend auf automatisierte Systeme und große Datenmengen angewiesen sind – auch außerhalb des Fahrzeugs – werden funktionale Sicherheit und Cyber-Sicherheit zunehmen an Bedeutung gewinnen – ein Faktor, der von Unternehmen wie ON Semiconductor erkannt wird, die sich bereits mit Hardware- und Software-Neuerungen befassen.

Um diese Entwicklung erfolgreich umzusetzen, ist eine effektive Verschmelzung von Sensorfunktionen (Sensorfusion) erforderlich. Werden die verschiedenen Systeme im Fahrzeug miteinander vernetzt, steigt die Fähigkeit, komplexere, sicherheitskritische Entscheidungen treffen zu können. Zudem steigt die Redundanz, die Fehler verhindert, die zu Unfällen führen können. Bildverarbeitung wird in der Fahrzeugtechnik immer wichtiger, um aktive Sicherheitsfunktionen zu unterstützen, die alles von Rückfahrkameras bis hin zu zukunftsweisenden und im Fahrzeuginnenraum befindlichen ADAS umfassen.

Bilder: ON Semiconductor

Bild 1: *Ein Blick in ein autonomes Fahrzeug: Alle Funktionen müssen zusammenarbeiten.*

Unterschiedliche Sensorarten weisen jedoch ihre eigenen Stärken und Schwächen auf, zum Beispiel hohe oder kurze Reichweite oder die Fähigkeit, bei schlechter Witterung zu arbeiten. Daher wird es unerlässlich sein, die Daten mehrerer Sensorarten zu kombinieren und zu verarbeiten, um sicherzustellen, dass die richtigen Entscheidungen, Reaktionen und Anpassungen getroffen werden. Dazu zählen Kombinationen von Bildsensoren, Radar und Lidar. Zusätzlich zu seiner bereits marktführenden Position und seinem Angebot an Bildsensoren erweitert ON Semiconductor sein Automotive-Sensorik-Angebot nun um Radartechnik für Fahrzeuge, um die Sensorfusion zu verbessern und Fahrzeugautonomie voran zu treiben.

Der Hauptsensor in den meisten ADAS-Systemen ist der Bildsensor – ein wesentli-

ASAP

READY.
FOR THE
FUTURE.

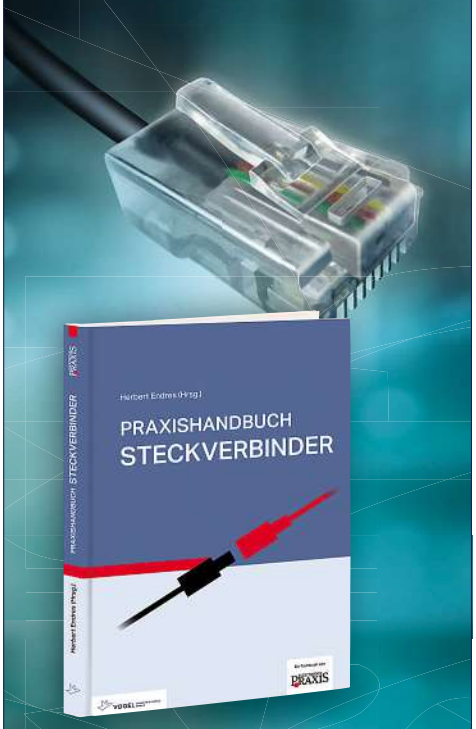
TOP 100
top100.de
Top-Innovator 2018

Als Partner der Automobilindustrie bietet die ASAP Gruppe umfassende Entwicklungsleistungen mit Fokus auf die Mobilitätskonzepte von morgen: E-Mobilität, Autonomes Fahren und Connectivity.

Mehr zum gesamten ASAP Leistungsspektrum erfahren Sie auf www.asap.de

www.vogel-fachbuch.de

Der Fitmacher für die Geräteentwicklung und den Einsatz von Steckverbindern



Herbert Endres (Hrsg.)
Praxishandbuch Steckverbinder
1. Auflage 2018, 396 Seiten
ISBN 978-3-8343-3414-5
89,80 EUR

12570

Jetzt bestellen!

Weitere Informationen und versandkostenfreie Bestellung unter

www.vogel-fachbuch.de

Eine Empfehlung von ELEKTRONIK PRAXIS – einer Marke der VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

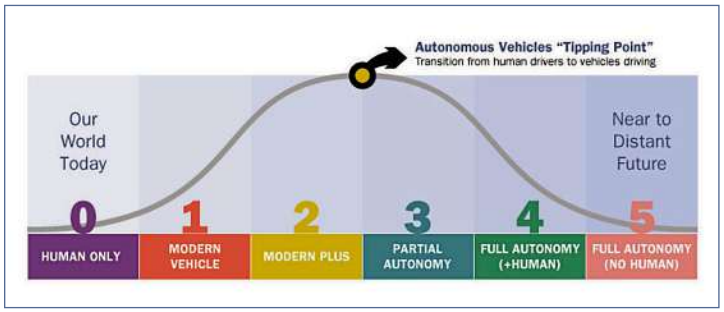


Bild 2: *In fünf Schritten vom assistierten bis hin zum völlig autonomen Fahren.*

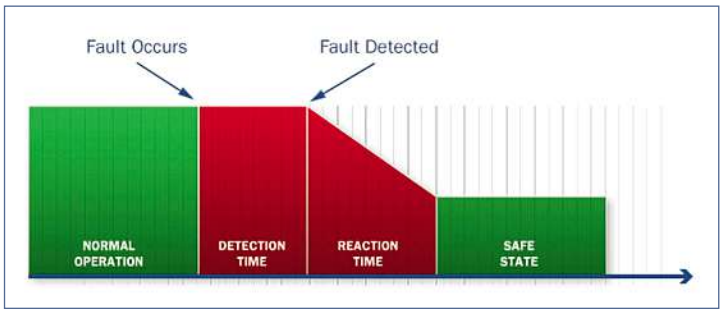


Bild 3: *Vom Ereignis über Erkennung und Reaktion bis zum sicheren Status.*

cher Bestandteil für die gesamte funktionale Sicherheit des Systems. Mit der Einführung der ISO 26262 decken die Fahrzeugsicherheits-Integritätslevel den Bereich ASIL-A (niedrigster) bis ASIL-D (höchster) ab. Ein ASIL-Level wird durch drei Faktoren bestimmt: die Schwere eines Fehlers; die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler auftritt; und die Fähigkeit, die Auswirkung des Fehlers zu steuern.

Funktionale Sicherheit beginnt beim Sensor. Probleme wie die Latenz und eine schnelle Fehlererkennung werden von den Fahrzeugherstellern, Tier-1-Zulieferern und Sensorherstellern gleichermaßen als wesentliche Herausforderungen erkannt. Die Auswirkungen nicht erkannter Fehler in ADAS-Bildsensoren, insbesondere in Systemen wie der adaptiven Geschwindigkeitsregelung (Abstandsregeltempomat), Kollisionsvermeidung und Fußgängererkennung, können schwerwiegende Folgen haben.

Das Erkennen eines der Tausenden möglichen Fehlermodi ist rechenintensiv und erfordert einen Algorithmus für jeden Fehler. Einige Fehler sind sogar auf der Systemebene nicht zu erkennen. Die Latenz (die Zeit zwischen dem Auftreten eines Fehlers und dem Zurückkehren des Systems in einen sicheren Zustand) in fehlertoleranten Systemen ist ein Hauptanliegen aller Systementwickler. Um sicher zu sein, muss der Fehler erkannt und behoben werden, bevor ein gefährliches Ereignis eintreten kann.

Da Bildverarbeitungssensoren immer fortschrittlicher werden, verlagert sich die Erkennung funktionaler Sicherheitsfehler vom ADAS-System zum Sensor selbst. Auf diese Weise ist die Erkennung bereits integriert und Fehler werden durch das Design identifiziert. Der Vorteil der sensorgestützten Erfassung ist eine bessere Fehlererkennung sowie eine Entlastung der ADAS-Rechenkapazität.

Viele ADAS-Systeme haben damit zu kämpfen, ASIL-B-Konformität zu erfüllen. In naher Zukunft wird die Anzahl der Systeme, die ASIL-B erfüllen müssen, drastisch steigen. Zukünftige ADAS-Systeme müssen die noch strengeren ASIL-C- und ASIL-D-Richtlinien erfüllen, wenn sie weiträumig zum Einsatz kommen sollen. ON Semiconductor ist hier bereits aktiv tätig und verfügt über hochentwickelte Sicherheitsmechanismen, die in viele seiner Bildsensoren integriert sind, um umfassende funktionale Sicherheit zu gewährleisten.

Der Weg zum autonomen Fahren wird geebnet

Der Weg hin zu vollständig autonomen Fahrzeugen wird weiter geebnet, und die Branche erreicht einen Wendepunkt. Fortschrittliche und funktionssichere Bildverarbeitungssensoren werden die Grundlage zukünftiger ADAS-Systeme bilden. Durch die „Verschmelzung" dieser Sensoren mit anderen Fahrzeugtechniken und garantierter Cyber-Sicherheit wird die Branche diesen Wendepunkt hinter sich lassen, um die Vision echter autonomer Fahrzeuge eines Tages in die Realität umzusetzen. // **TK**

ON Semiconductor

www.thefuturecode.de

next Industry

präsentiert

THE FUTURE CODE

Experience the Transformation of Industry

Sichern Sie sich jetzt Ihr Ticket!

06.-07. Juni 2019

Vogel Convention Center Würzburg

We empower you to transform your business!

Die Event-Plattform „The Future Code" bringt Digitalisierungs- und Industrie-Experten zusammen und bietet Zündstoff für die zentralen Themen der Digitalen Transformation. Lassen Sie sich inspirieren durch geballtes Know-how, Innovationen, Learnings und intensives Networking.

www.thefuturecode.de

Eine Veranstaltung von next Industry – einer Marke der VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

Komponententests over the Air werden bei 5G entscheidend

Endgeräte und Basisstationen für 5G sind höher integriert als LTE-Modelle. Zudem gibt es erheblich mehr Gerätevarianten. Bei ihrer Entwicklung werden OTA-Tests eine entscheidende Rolle spielen.

CHRISTOPH POINTNER *

Mit Tests over the Air (OTA) lässt sich die Zuverlässigkeit und Performance von Wireless-Geräten wie Mobiltelefonen, Tablets sowie auch Basisstationen bewerten und zertifizieren. Dabei sollte ein OTA-Test in einer Umgebung stattfinden, die den tatsächlichen Einsatzbedingungen möglichst nahekommt. Dabei werden sich die Tests der Komponenten für die künftige 5G-Umgebung erheblich von denen für 4G/LTE unterscheiden. Die einfachste und kostengünstigste Verfahrensweise ist es, die Mobilgeräte über Kabel mit der Testausrüstung zu verbinden. Doch so simuliert der Tester nicht das tatsächliche Verhalten der Geräte unter realen Einsatzbedingungen. Mit zunehmendem Integrationsgrad der Geräte eignet sich diese Methode immer weniger.

*** Christoph Pointner**
... leitet das Fachgebiet Signalgeneratoren, Audioanalysatoren und Leistungsmesser bei Rohde & Schwarz in München.

Netzbetreiber, die höhere Frequenzen nutzen müssen, um die notwendigen Bandbreiten für 5G zu erhalten, werden vor große Herausforderungen gestellt. Um Mobilgeräte unter realistischen Bedingungen testen zu können, müssen die Tests drahtlos, also über die Luftschnittstelle durchgeführt werden. Die Entwickler können so die tatsächliche Ausbreitung der Funkwellen durch die Luft von einem Endgerät zur Basisstation und umgekehrt von der Basisstation zum Endgerät prüfen.

Bei den Entwicklungen für 5G werden vor allem aus zwei Gründen OTA-Tests notwendig: **Erstens** nimmt der Integrationsgrad der Prüflinge erheblich zu. Technisch lassen sich Prüflinge nicht mehr über Kabel mit der Testausrüstung verbinden. **Zweitens** sind die Signalabsorptionsraten bei Frequenzen im Millimeterwellenbereich wesentlich höher. Für einen ausreichenden Signalpegel ist eine Fokussierung und Formung des Sendestrahls erforderlich (Bild 1). Entsprechend werden Testaufbauten für die Strahlcharakterisierung sowie die Prüfung der Strahlerfassung und -nachführung notwendig. Nur OTA-Testsysteme bieten diesen Funktionsumfang.

Der aktuelle Stand der Testtechnik für OTA

Zahlreiche Regulierungsbehörden, Normungsorganisationen, Industriegremien und Netzbetreiber schreiben Tests von Mobilfunkgeräten über die Luftschnittstelle vor. Um den weltweiten Zugang und die Interoperabilität der Mobilfunksysteme sicherzustellen, wurden Zertifizierungstests entwickelt, damit Hersteller weltweit bei allen neuen Mobilgeräten die gleichen Qualitätsstandards einhalten. Die Cellular Telephone Industries Association (CTIA) hat Standards für OTA-Tests von 3G- und 4G-LTE-Geräten festgelegt und verfügt über Zertifizierungslabore auf der ganzen Welt. Es wurden Mindestanforderungen für die OTA-Performance im Hinblick auf die beim Senden abgestrahlte Leistung und die Empfindlichkeit des Empfängers definiert, sodass alle Anrufe

Fünfte Mobilfunkgeneration: *Bei 5G ist ein drahtgebundener Test oft nicht möglich. Dann ist ein OTA-Test notwendig.*

Bild: Rohde & Schwarz

unter vordefinierten Bedingungen empfangen werden. Insbesondere in den USA haben auch die Netzbetreiber Mindestanforderungen an die Leistung vorgegeben, die erfüllt sein müssen, bevor ein neues Gerät zum Betrieb im jeweiligen Netzwerk zugelassen wird.

In der Regel wird während der F&E-Phase für alle Geräte, die elektromagnetische Wellen aussenden, über die Luftschnittstelle getestet. Bei aktuellen Mobiltelefonen sollen die Tests beispielsweise sicherstellen, dass das Signal homogen ist, also das gleiche Signal in alle Richtungen ausgesendet und umgekehrt aus allen Richtungen empfangen wird (Bild 2). Es ist wichtig, dass die Antenne in alle Richtungen sendet, damit sich der Benutzer nicht in eine bestimmte Richtung drehen muss, um ein gutes Signal zu erhalten. Außerdem darf die Funkverbindung nicht abreißen, wenn sich der Benutzer an einem hohen Gebäude vorbei bewegt. Für F&E ausgelegte OTA-Testausrüstung ist insbesondere nützlich, um bereits in einer frühen Phase der Produktentwicklung potentielle Probleme zu identifizieren.

Die Auswirkungen von 5G auf einen OTA-Test

Um Platz für die zusätzlichen Benutzer und die verlangten größeren Bandbreiten und höheren Datenraten zu schaffen, müssen die Mobilfunkbetreiber auf höherfrequente Bänder im Zentimeter- und Millimeterwellenbereich zurückgreifen. Sie liegen bei 30, 40, 50, 60 oder sogar 90 GHz. So wie die Wellenlänge umgekehrt proportional zur Frequenz ist, nimmt auch die Sendereichweite für einen bestimmten Leistungspegel mit der Frequenz ab. Neue Entwicklungen sollen die Verluste durch Freiraumdämpfung, Luftabsorption, Streuung durch Regen und Gase sowie Abschattung eindämmen. Das erhöht den Integrationsgrad von 5G-Komponenten erheblich. Bei solchen Geräten sind Tests über Kabelverbindungen extrem schwierig oder oft sogar physisch unmöglich auszuführen. OTA-Tests für 5G werden eine entscheidende Rolle spielen.

Die Signalabsorption zusammen mit den beschriebenen Verlustquellen nimmt bei höheren Frequenzen erheblich zu. Um die notwendige Kommunikationsreichweite zu gewährleisten, müssen Hersteller entweder die Senderleistung erhöhen oder die vom Mobilfunkgerät abgestrahlte Energie auf einen starken, schmalen Strahl konzentrieren. Dazu sind neue Antennenstrukturen und Antennenarrays nötig, damit die Strahlen korrekt fokussiert werden. Die fokussierten Strahlen benötigen eine räumliche oder direktionale Komponente, damit der Strahl in die richtige Richtung weist und das System den Strahl umschalten kann, wenn ein Kommunikationskanal blockiert ist. Die Beamforming-Methode erweitert das als MIMO (Multiple Input Multiple Output) bekannte Mehrantennenkonzept, da eine Basisstation gleichzeitig an mehrere, unabhängig voneinander positionierte Endgeräte Daten senden kann. Das Beamforming reduziert den Energieverbrauch, weil die Hauptsendekeule direkt ein Endgerät mit dem ihm zugewiesenen Signal anspricht, während andere Endgeräte explizit ausgenommen sind (Bild 3). Diese werden somit auch nicht durch das Signal gestört.

Bild: Rohde & Schwarz

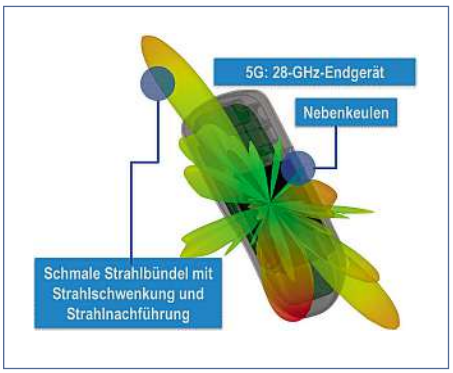


Bild 1: *Bei 5G-Übertragungen wird eine Steuerung der Strahlungscharakteristik (Beamforming) erforderlich, um bei Frequenzen im Millimeterwellenbereich einen ausreichenden Signalpegel zu erhalten.*

Bild: Rohde & Schwarz

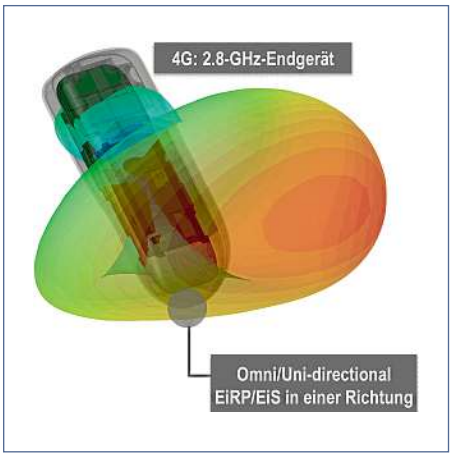


Bild 2: *Strahlungscharakteristik eines aktuellen Mobiltelefons.*

Bild: Rohde & Schwarz

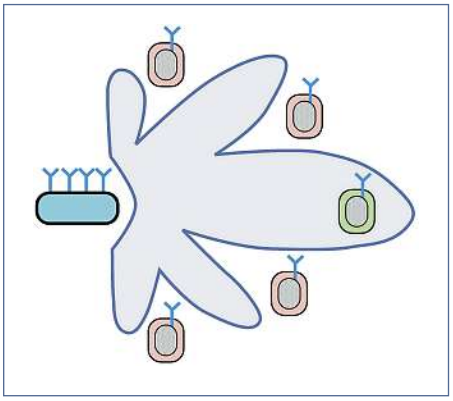


Bild 3: *Beim Beamforming ist die Hauptsendekeule des Signals direkt auf ein Endgerät mit dem ihm zugewiesenen Signal ausgerichtet, während andere Endgeräte explizit ausgenommen werden.*

Steckverbindern zum Testen sind aufgrund der hohen Kosten, der hohen Verluste und des Kopplungsgrads nicht möglich (Bild 4). Zudem sind bei Massive-MIMO-Systemen mit 64 bis 128 polarisierten Antennen die Transceiver in den Antennen integriert und der HF-Testports entfällt. Funk- und Antennenleistung des Prüflings lässt sich allein über die Luftschnittstelle messen (Bild 5). OTA-Tests für 5G sind die Voraussetzung für neue Designs und ihre Zertifizierung. Entsprechende Testsysteme werden die gleichen Grundkomponenten, aber an höhere Frequenzen angepasst.

Die Systemkomponenten für einen OTA-Test

Ein OTA-Testsystem besteht aus einer Prüfkammer mit einer Positionierungsausrüstung, Messgeräte zur Erzeugung und Analyse der Signale sowie Messantennen. Hinzu kommt eine Steuerungs- und Reporting-Software zur Automatisierung der Messungen. Die Kommunikation zwischen Prüfling und Messantenne muss so eingerichtet werden, dass der Prüfling die Signale ordnungsgemäß sendet und empfängt. Getestet wird in einer geschirmten und gekapselten Umgebung innerhalb einer reflexions- und echofreien Absorberkammer. Die Kammern sind mit Schaumstoffpyramiden zur Absorption reflektierter Signale ausgekleidet. Im Test werden die Abstrahleigenschaften der Geräte berücksichtigt und Störungen anderer Signalquellen minimiert.

Verschiedene Nutzungsszenarien, wie der Einsatz von Mobilgeräten in Gebäuden oder im Freien, sind für die Praxis relevant, lassen sich jedoch nicht für Testzwecke quantifizieren. Reale Einsatzbedingungen werden über genau definierte Testszenarien simuliert, die auch für 5G-Anwendungen weiterentwickelt werden. Für Zertifizierungstests werden Prüfkammern mit vorgegebener Spezifikation eingesetzt, die genaue, wiederholbare und reproduzierbare Messungen ermöglichen. Über OTA-Tests werden Performance-Faktoren geprüft: Signalweg, Antennengewinn und Strahlungscharakteristik sowie abgestrahlte Leistung und Empfindlichkeit des

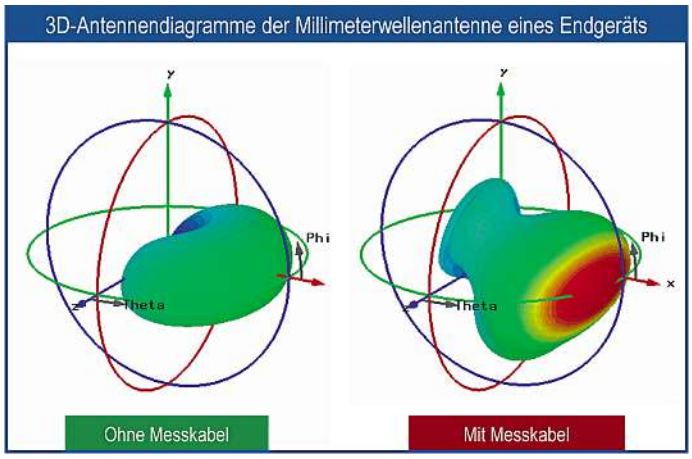


Bild: Rohde & Schwarz

Bild 4: *Steckverbinder zum Testen sind aufgrund ihrer hohen Kosten, der hohen Verluste und des Kopplungsgrads ungeeignet.*

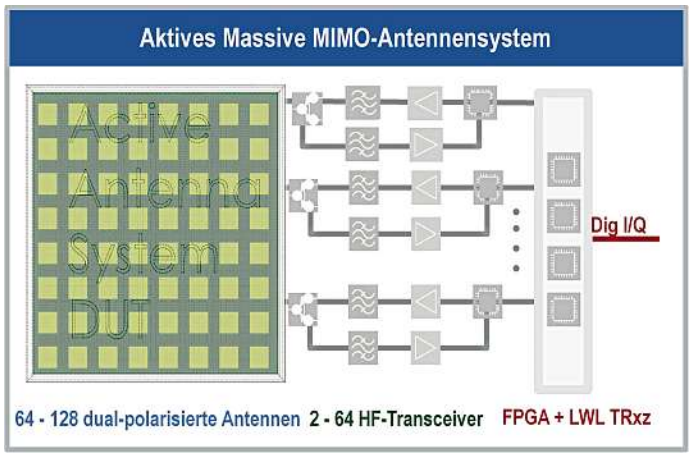


Bild: Rohde & Schwarz

Bild 5: *Bei 5G werden künftig Massive-MIMO-Systeme mit 64 bis 128 polarisierten Antennen zum Einsatz kommen, bei denen die Transceiver in den Antennen integriert sind. Diese bieten keine HF-Testports mehr.*

Prüflings gegenüber internen Komponenten sowie in Bezug auf andere Geräte. Hinzu kommen Tests zu Zuverlässigkeits- und Sicherheitsaspekten. Im Mai 2015 legte die CTIA mit dem „Test Plan for Wireless Device Over-the-Air Performance" die Test- und Konfigurationsverfahren sowie Messmethoden für OTA-Messungen fest. Sie umfassen ausschließlich die Messung von Leistung und Performance.

Die wichtigsten OTA-Tests sind: die Messung der gesamten gestrahlten HF-Leistung, die gesamte isotrope Empfängerempfindlichkeit gemäß CTIA-Spezifikation, die gesamte gestrahlte Empfängerempfindlichkeit gemäß 3GPP-Spezifikation, die äquivalente isotrope Strahlungsleistung und die gestrahlte Empfängerempfindlichkeit auf Zwischenkanäle eines Geräts. Total Radiated Power ist ein Indikator für die Sender-Performance, während Total Isotropic Sensitivity und Total Radiated Sensitivity den Empfänger betreffen. Weitere Messungen sind notwendig, um die Strahlungscharakteristik und Effizienz der Antenne zu bestimmen. Mit Koexistenzmessungen wird der Empfindlichkeitsverlust bei parallelem Betrieb mehrerer Mobilfunktechnologien bewertet. // **HEH**

Rohde & Schwarz

ELEKTRONIK PRAXIS

Kommunikationsdaten unserer Ansprechpartner:
E-Mail-Code: (bitte Schreibweise von Umlauten beachten): ‹vorname›.‹name›@vogel.de; Telefon: +49-931-418-(4-stellige-Durchwahl)

www.elektronikpraxis.de **ISSN 0344-1733**

Impressum

ABONNENTENSERVICE
DataM-Services GmbH
Franz-Horn-Straße 2, 97082 Würzburg
Marcus Zepmeisel, Tel. +49-931-41 70-4 62, Fax -4 94
mzepmeisel@datam-services.de, www.datam-services.de

REDAKTION
Leser-, Redaktionsservice:
Eilyn Dommel (ed), Tel. +49-931-418-30 87
redaktion@elektronikpraxis.de

Chefredakteur: Johann Wiesböck (jw), Tel. -30 81

Redakteure: David Franz, Tel. -30 97
Sebastian Gerstl (sg), Tel. -30 98;
Michael Eckstein (me), Tel. -30 96;
Martina Hafner (mh), Tel. -30 82;
Hendrik Härter (heh), Tel. -30 92;
Gerd Kucera (ku), Tel. -30 84;
Thomas Kuther (tk), Tel. -30 85;
Margit Kuther (mk), Tel. -30 99;
Kristin Rinortner (kr), Tel. -30 86

Freie Mitarbeiter: Prof. Dr. Christian Siemers, FH Nordhausen und TU Clausthal;
Peter Siwon, MicroConsult;

Redaktionsanschrift:
München: Rablstr. 26, 81669 München, Tel. -30 87, Fax -30 93;
Würzburg: Max-Planck-Str. 7/9, 97082 Würzburg,
Tel. -24 77, Fax -27 40

Konzeption/Layout: Ltg. Daniel Grimm, Tel. -22 47

Unternehmens- und Firmennamen:
Unternehmens- und Firmennamen schreiben wir gemäß Duden wie normale Substantive. So entfallen z.B. Großbuchstaben und Mittelinitiale in Firmennamen.

PUBLISHER
Johann Wiesböck, Tel. -30 81, Fax -30 93

SALES
Chief Sales Officer:
Matthias Bauer;
Sales Assistance:
Tel. -22 15, sales_assistance@vogel.de;

Auftragsmanagement:
Tel. -20 78, auftragsmanagement@vogel.de

EVENTS
Ltg. Dominik Wagemann, Tel. -29 58

MARKETING
Produkt Marketing Manager:
Elisabeth Ziener, Tel. -26 33

VERTRIEB
Bezugspreis:
Einzelheft 12,00 EUR. Abonnement Inland: jährlich 245,00 EUR inkl. MwSt. Abonnement Ausland: jährlich 276,20 EUR (Luftpostzuschlag extra). Alle Abonnementpreise verstehen sich einschließlich Versandkosten (EG-Staaten ggf. +7% USt.).

Verbreitete Auflage:
Angeschlossen der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern – Sicherung der Auflagenwahrheit und EDA, geprüfte Fachzeitschriften Empfänger-Datei-Analyse.

Datenbank:
Die Artikel dieses Heftes sind in elektronischer Form kostenpflichtig über die Wirtschaftsdatenbank GENIOS zu beziehen: www.genios.de

VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

Vogel Communications Group GmbH & Co. KG
Max-Planck-Str. 7/9 in 97082 Würzburg
Tel.: 0931/418-0, www.vogel.de

Beteiligungsverhältnisse:
Persönlich haftende Gesellschafterin:
Vogel Communications Group Verwaltungs GmbH
Max-Planck-Str. 7/9 in 97082 Würzburg
Kommanditistin:
Vogel Medien Holding GmbH & Co. KG
Max-Planck-Str. 7/9 in 97082 Würzburg

Geschäftsführung:
Matthias Bauer (Vorsitz)
Günter Schürger

Druck:
Vogel Druck und Medienservice GmbH
97204 Höchberg

Copyright:
Vogel Communications Group GmbH & Co. KG

Nachdruck und elektronische Nutzung:
Wenn Sie Beiträge dieser Zeitschrift für eigene Veröffentlichung wie Sonderdrucke, Websites, sonstige elektronische Medien oder Kundenzeitschriften nutzen möchten, erhalten Sie Informationen sowie die erforderlichen Rechte über www.mycontentfactory.de
Tel.: +49 931-418-27 86.

Gründungssponsor

PHOENIX CONTACT

Premium-Sponsoren

Bürklin DIE GANZE ELEKTRONIK

WÜRTH ELEKTRONIK

www.steckverbinderkongress.de

Anwenderkongress Steckverbinder

01. – 03. Juli 2019
Vogel Convention Center VCC
Würzburg

Melden Sie sich jetzt an!

Bei Angabe des Codes *„PanoE"* erhalten Sie **10 % Rabatt** auf den aktuellen Preis!

12695

Melden Sie sich jetzt an!

Europas größter Fachkongress zum Thema ist der Pflichttermin für alle, die Steckverbinder entwickeln oder einsetzen und interessante Kontakte knüpfen möchten. Das erwartet Sie: Referenten aus Industrie und Forschung, praxisorientierte Lösungen, Workshops, Grundlagenseminare und Networking mit Experten aus der Industrie.

www.steckverbinderkongress.de

Eine Veranstaltung von ELEKTRONIK PRAXIS Akademie – einer Marke der VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

Mit Sensoren und Blockchain ins Internet der Dinge

Sensible Sensordaten fallen in der vernetzten Industrie in großen Mengen an. Doch der Austausch außerhalb eines Unternehmens birgt Risiken. Hilfe verspricht die Blockchain.

MARKUS HAID *

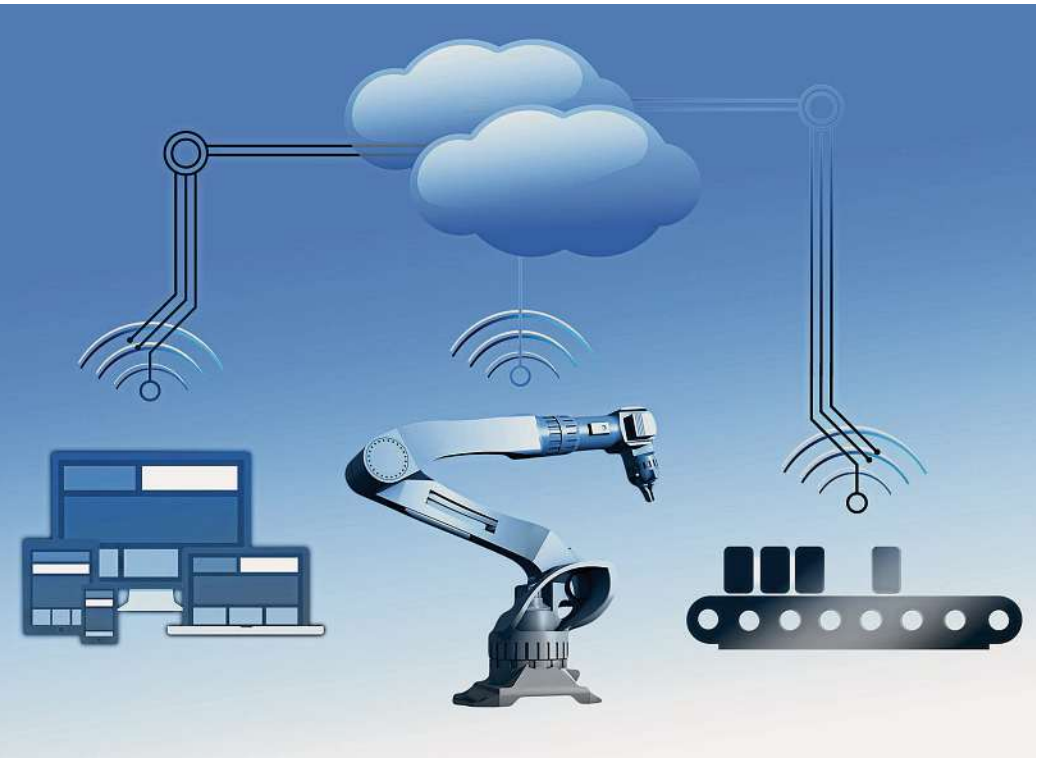


Bild: gemeinfrei

Sicherer Datenaustausch: *Die Sensor-Daten aus einem industriellen Prozess lassen sich außerhalb eines Unternehmens mit Blockchain-Techniken austauschen.*

Das Internet der Dinge oder auch IoT ist für viele Unternehmen interessant. Es sind allerdings gerade die kleinen und auch mittelständischen Unternehmen, die bei Thema Digitalisierung verstehen müssen und welche Möglichkeiten sich mit dem Internet der Dinge ergeben. Nach Datei-Transfer, E-Commerce und Social Media ist das Vernetzen von Geräten die nächste Generation des Internets. Internet of Things besagt, dass jeder Teilnehmer intelligent und vernetzt ist. Der industrielle Teil des Internet of Things wird gerade in Deutschland als Industrie 4.0 oder Industrial IoT (IIoT) genannt. Das Internet der Dinge lässt sich in vier Unterthemen aufteilen: intelligente Produkte, intelligente Fabriken, Big Data und intelligente Businessmodelle.

*** Prof. Markus Haid**
... ist Professor für Sensorik und Software-basierte Messdaten verarbeitung an der Hochschule Darmstadt und Gründer des CCASS.

Intelligente Produkte sind Systeme wie ein intelligenter Kühlschrank, der feststellt, dass die Milch aufgebraucht ist und automatisch neue Milch bestellt, da der Kühlschrank intelligent und vernetzt ist. Ein anderes Beispiel für ein intelligentes Produkt ist ein Motor in einer Fabrik, der automatisch feststellt, dass seine Achse in zwei Wochen brechen wird und automatisch eine neue Achse bestellt, bevor die alte kaputtgeht. Bei der **intelligenten Fabrik** ist es das Ziel, ein individuelles Produkt zu fertigen. Als Beispiel: Deutschland verfügt über einen Markt von 80 Mio. Menschen Zukünftig werden wir 80 Mio. Märkte haben. Um ein individuelles Produkt herzustellen, benötigt man eine intelligente Fabrik, die genau weiß, wo ein herzustellendes Produkt im Fertigungsprozess ist. Wenn beispielsweise bekannt ist, dass sich eine Karosse kurz vor dem Lackierungsprozess befindet, kann die Farbe just in time geändert und die Karosserie individuell lackiert werden. So kann im Herstellungsprozess eine Losgröße von Eins erreicht werden.

Sensoren als wichtiger Teil des Internet of Things

Sind alle Maschinen vernetzt sind, lassen sich unzählige Daten sammeln. Hier spricht man von **Big Data**. Allerdings müssen aus den vielen Daten diejenigen extrahiert werden, die wichtig sind. Der vierte und letzte Bereich ist der wichtigste. Die **intelligenten Businessmodelle**. Dies ist sicherlich die kritischste Komponente einer Digitalisierungsstrategie und die entscheidende, um erfolgreich in der Zukunft zu sein. Speziell die intelligenten Businessmodelle sind Chance und Herausforderung der Digitalisierung. Ein Beispiel ist UBER: Es ist gesellschaftspolitisch und moralisch sehr kritisch zu betrachten. UBER hat ein intelligentes Businessmodell. Das Unternehmen verfügt über keine Taxen, verdient aber mit dem Transport von Personen Geld. Wie geht das? Während die Taxifahrerbranche als Marktführer und Monopolist die Taxen lackiert und die Zentralen tapeziert hat, kam UBER mit einem cleveren Businessmodell um die Ecke, welches unerfüllte Kundenbedürfnisse erfüllt und war als Neuling auf dem Markt erfolgreich. In allen vier Teilbereichen des Internet of Things kommen Sensoren zum Einsatz, die eine wichtige Aufgabe übernehmen. Sensoren sind Treiber und Beschleuniger eines

jeden Digitalisierungsprozesses. Um durchdachte Produkte, vernetzte Fabriken, Big Data und intelligente Businessmodelle zu realisieren, sind Sensoren sowohl im Produkt als auch in der Fabrik notwendig. Auf dem Weg der digitalen Transformation finden sich drei Showstopper, die eine Umsetzung in Gefahr bringen können:

Die erste Herausforderung ist fehlendes **Vertrauen (engl. Trust)**. Die Industrie hat ihren Weg ins Internet der Dinge gestartet. Doch es gibt Unternehmen, die ihren Digitalisierungsprozess gestoppt haben oder noch gar nicht begonnen haben. Manche sind noch nicht so weit, wie sie sein könnten. Ein wichtiger Grund ist fehlendes Vertrauen, um Daten, Informationen und Wissen auszutauschen. Auch fehlendes Vertrauen in die existierenden Datenaustauschplattformen, meistens Cloud-Anwendungen. Ein Maschinenhersteller befürchtet, dass neben einer zugelassenen SAP-Applikation, die die Achse aufgrund der Condition-Monitoring-Daten nachbestellen soll, auch der Mitbewerber an diese Daten kommt und mitbekommt, wie oft die Achse der Maschine bricht. Es kann kein Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg erfolgen. So dürfen Zulieferer zum Austausch der Daten mit einem OEM keine Cloud-Plattform nutzen, da oft kein Vertrauen in Cloud-Plattformen besteht.

Blockchain verbindet Sensoren und Maschine

Die zweite Herausforderung sind fehlende **Algorithmen**. Der Bedarf an Sensorinformationen steigt unermesslich. Jeder möchte den Zustand der Maschinen, den Werkzeugen oder den Produktionsgütern wissen. Condition-Monitoring ist essentiell auf dem Weg ins Internet der Dinge. Genauso wichtig ist es zu wissen, wo ist meine Maschine, mein Werkzeug oder mein Hilfsgut. Wo ist mein Produkt gerade? Wo ist ein bestimmtes Werkzeug? Wo ist der Werker? Man benötigt Algorithmen, die diese Informationen liefern. Intelligente Algorithmen, um diese Informationen aus den eigentlichen Sensordaten zu generieren. Sensordaten von meist kleinen, preiswerten und ungenauen Sensoren. Die dritte Herausforderung ist **Rechenleistung**. Immer mehr Sensoren benötigen immer mehr Algorithmen und diese benötigen immer mehr Rechenleistung bzw. Computer- und Controller-Ressourcen. Dabei ist in der Nähe des einzelnen kleinen preiswerten Sensors meist kein Platz für eine zusätzliche Computerressource und keine Energieversorgung dafür vorhanden bzw. die Kosten für die Zurverfügungstellung von beidem bei jedem einzelnen Sensor zu hoch.

Bilder: Prof. Haid

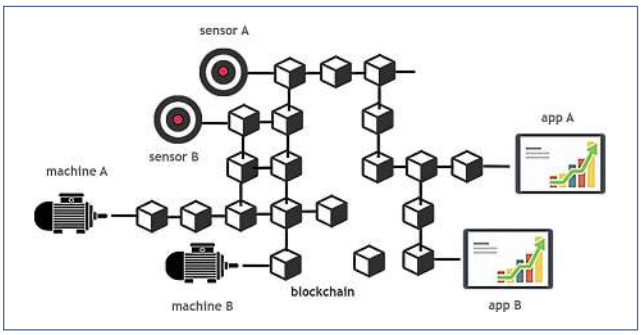


Bild 1: *Sicherer Datenaustausch über einen Blockchain-Ansatz.*

Ein Schritt auf dem Weg ins Internet der Dinge könnte ein vertrauensvoller **Wissenslieferant** sein. Die Idee ist, Sensoren und Maschinen auf der einen Seite und Applikationen auf der anderen Seite mit einer Blockchain zu verbinden. Es soll Vertrauen in die Vernetzung der Teilnehmer des Internet der Dinge durch eine vertrauensvolle Blockchain geschaffen werden. Die Blockchain ist der Mechanismus des sicheren Geldverkehrs der Internetwährung Bitcoin. Die Blockchain ist ein Register oder auch Ledger genannt, in dem alle Geldtransfers dokumentiert werden und welches von allen Beteiligten verifiziert wird. Die Blockchain verzichtet auf eine unabhängige Instanz, der man vertraut. So wie eine Bank im Zahlungsverkehr. Man möchte sich nicht von einer Instanz abhängig machen, die das ausnutzen könnte, so wie eine Bank Kontogebühren erhebt oder Geldanlagen betreibt, die der Kunde nicht möchte. Man verteilt die Kontrollinstanz auf in der Blockchain vernetze Rechner. Einem einzelnen dieser Rechner vertraut man auch nicht,

aber durch die vielen verteilten Kontrollinstanzen, die sich gegenseitig kontrollieren, können wir diesem System vertrauen.

Wie genau eine Blockchain funktioniert

Als Beispiel dienen drei Parteien, die Geldtransfer betreiben möchten. Jeder der drei Parteien hat ein Konto, ein sogenanntes Wallet. In einem Ledger oder Register werden die Kontostände festgehalten. So ein Register ist eine Tabelle und jeder beteiligte Rechner in der Blockchain hat die Tabelle. Und zwar exakt dieselbe. Keine Kopie oder vorherige Version, wie man das von einer Excel-Tabelle auf einem Server kennt. Erfolgt nun ein Geldtransfer, wird dieser der Blockchain mitgeteilt. Der Empfänger bestätigt den Geldtransfer und alle Teilnehmer müssen diesem Transfer zustimmen und diesen mit den aktualisierten Kontoständen bestätigen. Erst dann ist die Transaktion erfolgt und wird in einen neuen Datenblock in die Blockchain in das Register eingetragen und ist unwiderruflich erfolgt. Somit haben wir einen sicheren Zahlungstransfer. Die einzelnen Kontobesitzer bleiben anonym.

Die zweite Blockchain-Generation heißt Ethereum und Coin Ether. Dieser Blockchain-Ansatz hat zum einen Nachteile des Blockchain-Ansatzes des Bitcoins ausgemerzt und bietet zudem ein sogenanntes Smart-Contracting. Die Ethereum-Blockchain kann nicht nur eine Währung transferieren, sondern auch einen Hausverkauf abwickeln. Wenn ein Teilnehmer A einem Teilnehmer B sein Haus verkaufen möchte, dann erfolgt das über die Ethereum-Blockchain mithilfe eines Smart-Contractings. Das ist eine vorher festgelegte IF-THEN-Bedingung. Wenn der Teilnehmer A das Geld an Teilnehmer B transferiert, dann wird automatisch Teilnehmer A als neuer Besitzer des Hauses ins Grundbuch eingetragen. Das wird in Honduras bereits umgesetzt.

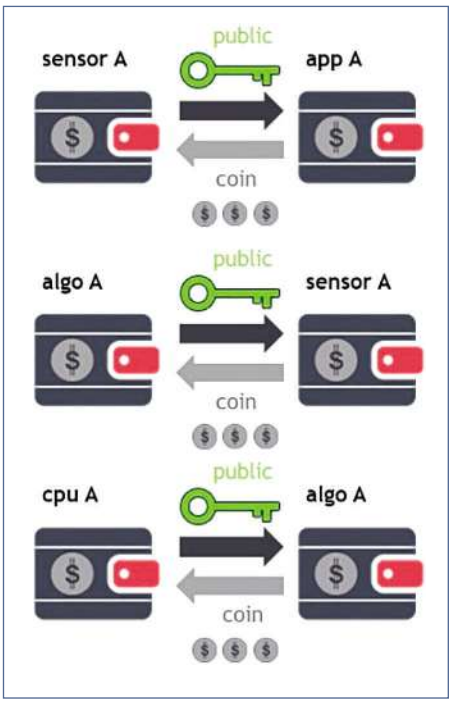


Bild 2: *Die unterschiedlichen Vertragsparteien innerhalb einer Blockchain.*

Mit einem Smart-Contracting ließen sich Sensordaten sicher austauschen. Maschinen, Sensoren und Applikationen sind dann Teil der Blockchain. Das Vertrauen in die Blockchain erlaubt den Datenaustausch. Zudem stellt die Blockchain ein Bezahlsystem für die zur Verfügung gestellte Information zur Verfügung. Das Smart-Contracting der Blockchain als Lösung und als Vertrauenslieferant für sicheren Datenaustausch. Eine Applikation könnte über ein Smart-Contracting Daten einer Maschine anfragen. Mit der Anfrage würden direkt die Anforderungen Art des Datums, Qualität der Daten und Zeitraum des Zugriffs übermittelt. Die Maschine würde die Anfrage bestätigen und die Menge an Coins bestimmen, die bezahlt werden müssen. Somit wäre das Contracting vollzogen. Die Maschine selbst könnte einen Algorithmus anfragen und ein Smart-Contracting abschließen. Abschließend fragt der Algorithmus über ein Smart-Contracting eine Rechenressource in der Blockchain an, die ihn ausführt.

Sichere Sensordaten dank Blockchain

Somit wären vier Vertragsparteien und drei Smart-Contracts vorhanden: Applikation – Maschine, Maschine-Algorithmus und Algorithmus-Rechenressource. Die Maschine lässt sich durch einen Sensor ersetzen, auch hier hätte man vier Vertragsparteien und drei Smart Contracts: Applikation – Sensor, Sensor-Algorithmus und Algorithmus-Rechenressource. Jede Partei hat nun einen ihm zugehörigen Public Key (entspricht einer Kontonummer im herkömmlichen Zahlungsverkehr) und einen sogenannten Private Key (entspricht einer TAN im herkömmlichen Zahlungsverkehr) authentifiziert. Der eigentliche Datenaustausch erfolgt weiterhin über eine Cloud-Plattform, aber durch den Mechanismus des Smart-Contractings der Blockchain, dem Public Key und dem Private Key ist der Datenaustausch jetzt vertrauenswürdig. Das bisher mangelnde Vertrauen in einen Datenaustausch vertraulicher Daten über eine Cloud wird durch den darüber liegenden Blockchain-Ansatz garantiert.

Mögliche Szenarien wären Condition Monitoring einer Maschine und die Bereitstellung der Daten an eine SAP-Applikation, die im Bedarfsfall die Achse nachbestellt. Contracting ist in der Logistik denkbar. Container werden bereits heute mit Sensorsystemen versehen, um sie zu orten und ihren Zustand zu überwachen. Hierbei handelt es sich um kritische Daten, die über ein Smart-Contracting sicher an bestimmte Teilnehmer übertragen werden sollen. Ein weiterer Use-Case wären Automobilzulieferer, die ihre Entwicklungsdaten mit dem OEM als Auftragsgeber über eine Cloud austauschen würden, das aber nicht dürfen. // **HEH**

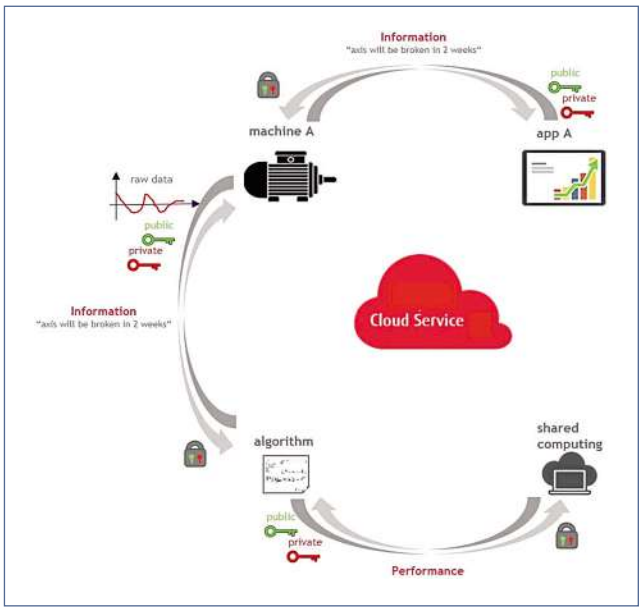


Bild 3: *Sicherer Datenaustausch über einen Cloud-Service.*

Hochschule Darmstadt

www.linux4embedded.de

Mit uns springen Sie nicht ins kalte Wasser

ELEKTRONIK PRAXIS Akademie
präsentiert

Embedded-Linux-Woche

8.–12. Juli 2019, Stuttgart
7.–11. Oktober 2019, Würzburg

Melden Sie sich jetzt zur Embedded-Linux-Woche an!

Wie entwickelt man eigentlich gute Software? Software, die tolle Features hat und keine Bugs? Treiber, die das Letzte aus der Hardware herauskitzeln? Prämierte Referenten geben Antworten auf diese Fragen in den Kursen:
Grundlagen/Einführung • Embedded Linux • What's new – Embedded-Linux Update
Systemprogrammierung • Yocto • Security • Gerätetreiber • Realtime

www.linux4embedded.de

Eine Veranstaltung von ELEKTRONIK PRAXIS Akademie – einer Marke der VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

Edge Computing im IoT verlangt nach kundenspezifischen SoCs

Viele Hersteller bieten für IoT-Anwendungen optimierte Controller an. Doch diese Universalbausteine sind nicht immer die beste Wahl. Wir erklären, warum, und zeigen Alternativen.

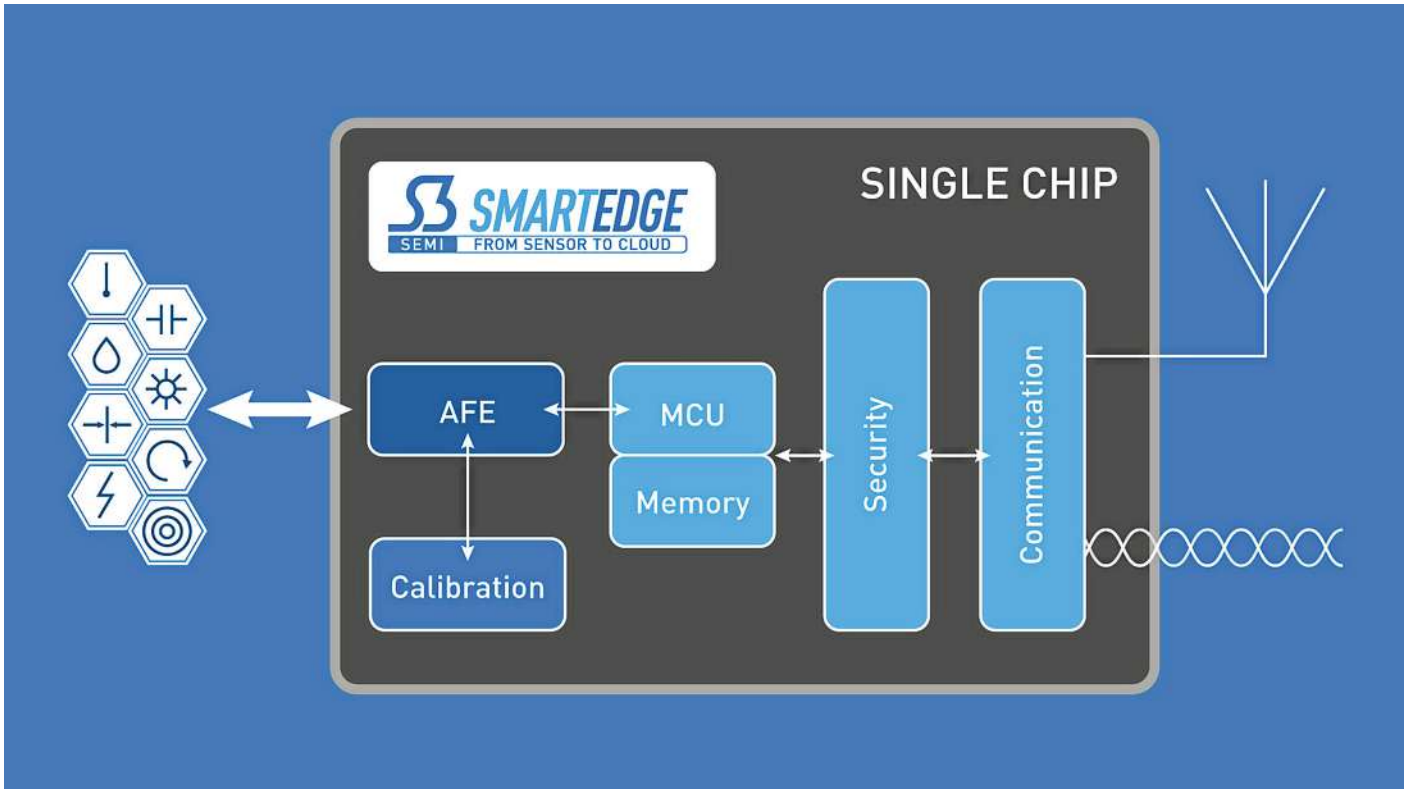
EDEL GRIFFITH *

Große Rechenzentren bieten die Möglichkeit, auch umfangreiche Datenvolumen effizient und preiswert zu verarbeiten. Auf den ersten Blick ist es daher attraktiv, auch einen Großteil der für Internet-of-Things- und Cyber-Physical-Systeme erforderlichen Datenverarbeitung in die Cloud zu verlagern. Gedanken zur praktischen Umsetzbarkeit wiegen diese meist primär kostengetrieben Überlegungen jedoch oft auf. Ein großer, oft nicht gleich sichtbarer Kostenfaktor einer IoT-Anwendung kann die Installation sein – insbesondere für Sensorknoten, die an schwer zugänglichen Stellen platziert werden müssen. Dies bringt einige Einschränkungen für das Design des Embedded-Systems mit sich, das meist so kompakt wie möglich sein muss.

*** Edel Griffith**
... ist Technical Marketing Manager im Unternehmensbereich Adesto von S3 Semiconductors

Hohe Energieeffizienz ist das A und O für IoT-Geräte

Eine weitere wichtige Überlegung ist der Energieverbrauch des Systems. In vielen Einsatzszenarien ist keine Versorgung über das Stromleitungsnetz möglich – stattdessen muss das System über seine gesamte Lebensdauer von oft vielen Jahren mit der in seiner Primärbatterie gespeicherten Energie auskommen. Die ist sehr begrenzt. Angesichts dieser Faktoren ist für das Embedded-Design eine SoC-basierte Lösung häufig der praktikabelste Ansatz. Denn damit lässt sich fast die gesamte Funktionalität des Knotens in einem einzigen Baustein unterbringen. Da ein SoC mehrere Subsysteme integriert, können diese effizienter miteinander kommunizieren, als es ein Aufbau mit Einzelkomponenten zulassen würde. Kurzum: Das System benötigt in der Regel weniger Energie. Auch ist es möglich, innerhalb des SoCs die Zusammenarbeit der Module zu optimieren, was den Stromverbrauch auf Systemebene zu-



Bilder: S3 Semiconductors

Bild 1: *Die SmartEdge-Plattform von S3 Semiconductors enthält sämtliche Building Blocks, mit denen sich ein hochoptimiertes, kundenspezifisches Einzelchip-SoC designen lässt.*

sätzlich minimiert. Die Kommunikationsbandbreite ist ein weiteres wichtiges Kriterium für die Auswahl von IoT-Devices. An einem entfernten Standort können hohe Funk-Leistungspegel erforderlich sein, um sicherzustellen, dass Daten zuverlässig ein Gateway erreichen. Dies zwingt Entwickler dazu, hocheffiziente Protokolle auszuwählen und sich genau zu überlegen, wie viele Daten vom Knoten übertragen werden sollen. In vielen Fällen reichen die von einem Knoten empfangenen Sensordaten aus, um den Normalbetrieb zu bestätigen. Dann ist es unnötig, diese Tatsache in Form von Nachrichten wiederholt an die Cloud-Applikation zu senden. Dieser Verzicht spart Energie – und schont somit die Batterie.

Intelligentes Melden von Anomalien spart Energie

Eine typische Anwendung für das Internet of Things ist das Überwachen von Maschinen. Wenn Sensoren beispielsweise auffällige Vibrationen detektieren, kann dies auf Unwuchten und fehlerhafte Lager hindeuten. Derartige Anomalien muss das IoT-System sofort melden. In vielen Fällen äußern sich solche Zustandsänderungen jedoch nicht durch das plötzliche Variieren nur einer Variablen, sondern durch eine Kombination mehrerer Faktoren. Sprich: Die Analyse ist nicht trivial. Hier kommt eine rechenintensive Datenverarbeitung ins Spiel, die wie beschrieben im fernen Cloud-Rechenzentrum erfolgen kann. Es ist jedoch auch möglich, diese Analyse einem IoT-Knoten zu übertragen und so „vor Ort" auszuführen – sofern dieser performant genug ist. Wichtig dabei ist es, die benötigten Rechenressourcen für diese Aufgabe genau zu ermitteln und zu klären, welche Auswirkungen sie auf die Gesamtstromaufnahme haben. Optimierte Software, die auf einem System mit Coprozessor-Unterstützung läuft, kann den Großteil der Analyse erledigen, ohne dass ein Remote-Server erforderlich ist. Ein weiterer Vorteil der Verarbeitung am Netzwerkzugangsbereich (Edge) ist, dass der IoT-Knoten autonom auf Probleme reagieren kann, sobald die zentrale Netzwerkverbindung ausfällt oder Engpässe aufweist.

Wann immer der Knoten entscheidet, dass die Änderungen wichtig genug sind, um ein Gateway oder einen Server zu benachrichtigen, kann er Hinweise hinsichtlich des langfristigen Verhaltens mit einbeziehen. Dadurch lassen sich beispielsweise Maschinenlernalgorithmen auf lokalen Gateways oder entfernten Servern trainieren. Die Mehrkosten für das Hinzufügen einer kleinen Menge zusätzlicher Daten zu einem zu versendenden Paket sind viel niedriger als das Senden von Daten in einem separaten Paket, sobald die Daten zur Verfügung stehen. Dies ist nur eine der vielen Entscheidungen auf Systemebene, die sich auf die Wirksamkeit eines Edge-Device-Designs auswirken – und die im Vorfeld getroffen werden müssen. Personen an, die bereits an einer Reihe von Edge-Device-Designs beteiligt waren, können hier wertvolles Know-how beitragen.

Standardbausteine sind nicht immer die beste Wahl

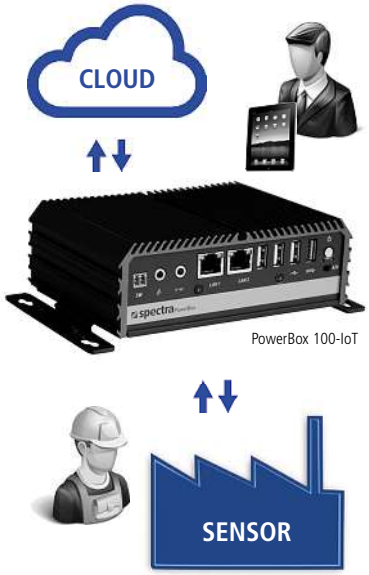
Obwohl ein SoC oft die richtige Wahl für einen Edge-Knoten ist, stellt sich die Frage, wer diesen SoC anbietet. Standardbausteine können in vielen Fällen die Anforderungen der Endanwendung nicht erfüllen – insbesondere wenn Aspekte jenseits der reinen Funktionalität berücksichtigt werden sollen. Oder sie sind überdimensioniert.

Ein weiteres Problem, mit dem Entwickler konfrontiert sind, wenn sie Standard-SoCs als Basis für ihre Designs verwenden, ist die Gefahr des Reverse-Engineering. Da Hersteller SoCs für die größtmögliche Auswahl von Designs zur Verfügung stellen wollen, sind die Register-Maps und Befehlssätze leicht zugänglich. Ein weiterer Aspekt beim Einsatz sofort einsatzfertiger Bausteine besteht darin, dass Hersteller sich auf neueste Fertigungsprozesse konzentrieren müssen, um die oft hohen einmaligen Kosten (NRE, Non-Recurring Engineering) für die Entwicklung des SoC-Prozessorkerns wieder einzuspielen. Die geringeren Kosten, die mit weniger aktuellen, aber dennoch äußerst leistungsfähigen Fertigungsprozessen verbunden sind, werden meist nicht bedacht. Selbst wenn wichtiger, direkt auf dem Chip gespeicherter Programmcode verschlüsselt und erst unmittelbar vor der Ausführung entpackt wird, ist es oft möglich, über die Standard-Debug-Ports das Verhalten des Programms zu verfolgen und die darin gespeicherte Software zu extrahieren.

Ein alternativer Ansatz sind benutzerdefinierte SoC als Basis für das eigene System-Design. Damit lassen sich Hardware-Erweiterungen verwenden, die das Reverse-Engineering erheblich erschweren. Darüber hinaus kann ein kundenspezifisches Design manipulationssicher (Anti-Tampering) ausgestattet werden. Dies macht es extrem schwierig macht, interne Firmware zu extrahieren oder zu bestimmen, wie der Baustein arbeitet und für welche Anwendung er geeignet ist. Es gibt noch ein weiteres Problem für Nutzer von Standard-SoCs: Selbst wenn ein Design fertiggestellt ist und das System vermarktet wird, kann es jederzeit vorkom-

spectra
Industrie-PC & Automation

Vom Sensor in die Cloud



KOMPAKTER EDGE-PC FÜR I4.0 / IIoT ANWENDUNGEN

- Flexible Sensor-Anbindung
- Starkes Edge-Processing
- Private/Public Cloud-Anbindung

WIR SETZEN VISIONEN UM

- Beratung
- Hardware
- Software
- Engineering

www.spectra.de/SPB-IoT

Spectra GmbH & Co. KG
Mahdenstr. 3
D-72768 Reutlingen
Telefon +49 (0) 7121 1432-10
E-Mail spectra@spectra.de

D www.spectra.de
A www.spectra-austria.at
CH www.spectra.ch

powered by individuality

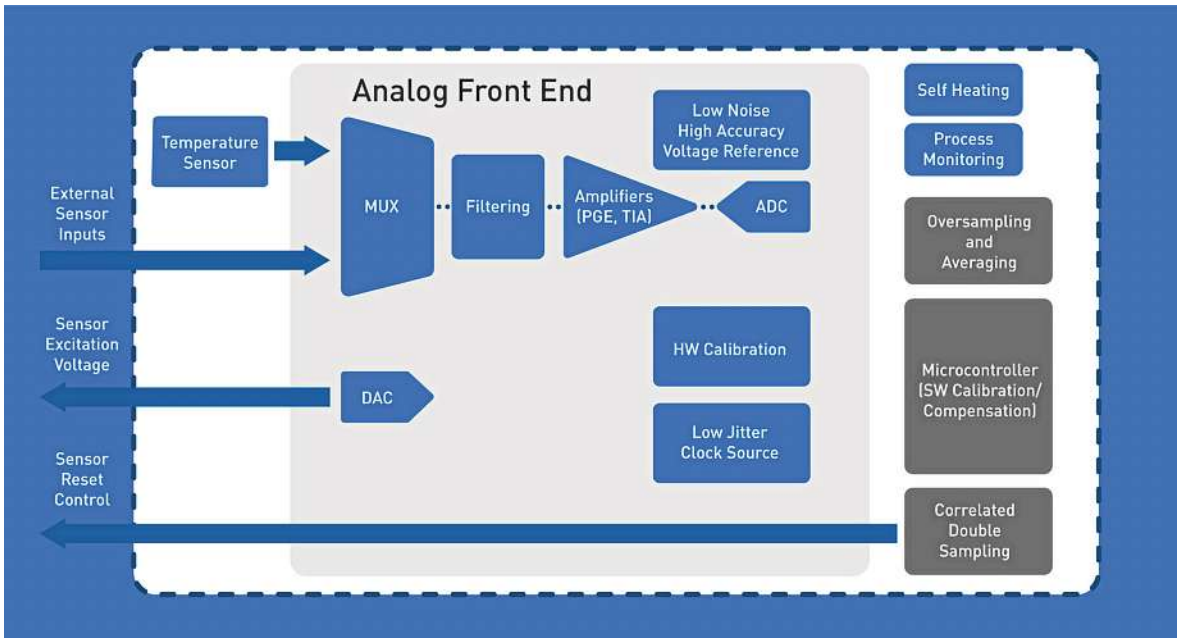


Bild 2: *Das Analog-Frontend von S3 Semiconductors stellt Analog-Frontend-(AFE-)IP-Blöcke bereit, die für spezifische Sensorelemente optimiert sind.*

men, dass der SoC-Hersteller seine Pläne ändert und die Unterstützung für die Implementierung beendet oder sein Bauteil für obsolet erklärt. Dieses Problem lässt sich dann durch notwendige Investitionen in End-of-Life-Großeinkäufe, die risikobehaftete Suche nach Bausteinen auf dem Graumarkt oder einem möglicherweise teuren Übergang zu einem anderen SoC lösen. Unter Umständen verfügt dieses jedoch nicht über den richtigen Mix an Funktionen oder erweist sich in der Serienfertigung als teurer, weil es eine große Anzahl nicht verwendeter Cores und Schnittstellen enthält.

Anwender behält Kontrolle durch kundenspezifische SoCs

Beim Einsatz kundenspezifischer SoC-Bausteine behält der Nutzer die Kontrolle über die Beschaffung. Foundries beenden eingeführte Fertigungsprozesse nur selten – insbesondere die ausgereiften und gut ausgestatteten Knoten, die jetzt für IoT-Projekte zum Einsatz kommen. Zu den integrierbaren Ressourcen zählt auch eine umfangreiche Unterstützung für analoge, digitale und HF-Schaltungen. Damit lassen sich zum Beispiel I/Os integrieren und so die Größe und Kosten des fertigen Bausteins minimieren.

Entscheidet sich das Entwicklerteam für ein kundenspezifisches SoC, so kann es auch softwarefreundliche Hardwareschnittstellen auswählen. Dadurch muss es sich nicht auf Designentscheidungen des Herstellers verlassen, der sich möglicherweise auf andere Anwendungen konzentriert. Eine effiziente Hardware-Software-Schnittstelle beschleunigt nicht nur die Markteinführung, sondern verbessert auch die Wartbarkeit des Gesamtsystems. Dies wird durch einen SoC möglich, der eine gut durchgeplante Speicher- und Register-Map aufweist, die im Voraus mit den Software-Entwicklern überprüft wird.

Auch Software bestimmt den Stromverbrauch der Hardware

Darüber hinaus hängt der Energieverbrauch von IoT-Edge-Systemen meist davon ab, wie die Software mit Ereignissen auf Hardware-Ebene interagiert. Softwareentwickler können wertvolle Informationen in das Peripherie-Management einbringen, um den Stromverbrauch zu senken. Zustandsmaschinen zur Peripherie-Verwaltung während der Sleep-Modi können die Effizienz der Software spürbar steigern, indem sie das Echtzeit-Betriebssystem (Realtime Operating System, RTOS) nicht zwingen, häufig nach Daten zu suchen. Intelligente Peripherie ist in der Lage, I/Os abzufangen und zeitweilig mittels Techniken wie etwa direktem Speicherzugriff (DMA) zu speichern, während der Prozessor-Core im Sleep-Modus verbleibt. Damit verbessert sich die Energie-Effizienz des gesamten IoT-Knotens. Überschreitet eine Eingabe einen Schwellenwert, erkennt dies die Zustandsmaschine und aktiviert den Prozessor, so dass er den Zustand bzw. die Bedingung analysieren kann.

Der Software-Overhead lässt sich auch durch das Integrieren einer Hardware-Verschlüsselung reduzieren. Dies senkt nicht nur den Stromverbrauch für die Verschlüsselung und Entschlüsselung, die für die Sicherheit von IoT-Anwendungen immer wichtiger werden. Dadurch verringert sich auch das Risiko, dass das Design ausgespäht wird. Mit spezieller Hardware lassen sich Gegenmaßnahmen gegen Side-Channel-Angriffe und ähnliche Probleme einfacher realisieren. Andere Coprozessoren für die Datenanalyse lassen sich gemeinsam mit dem Softwareteam entwerfen. So lässt sich sicherstellen, dass Vorgänge, die Strom, Zeit und Kosten sparen, optimal für das Design implementiert werden.

S3 Semiconductors hat das Design kundenspezifischer SoCs vorangetrieben. Das Unternehmen hat einen Plattformansatz für das Entwickeln eines SoC für IoT/IIoT-Edge-Anwendungen entwickelt. Die „Smart-Edge"-Plattform enthält sämtliche Building Blocks (Schaltungsblöcke, Bild 1), mit denen sich ein hochoptimiertes, kundenspezifisches Einzelchip-SoC designen lässt. Das Anpassen an unterschiedliche Sensoren kann leicht mit spezifischen Analog-Frontend-(AFE)-IP-Blöcken erfolgen, die für ihre jeweilige Aufgabe hocheffizient arbeiten und sicherstellen, dass Entwickler die Leistungsfähigkeit für jedes Sensorelement maximieren können (Bild 2). Damit ergibt sich ein SoC, das für die Anforderungen des IoT-Knotens beziehungsweise des Systemanbieters auf mehreren Ebenen optimiert ist: Funktionalität, Sicherheit, Kosten und Energieeffizienz. Die SoC-Spezialisten können Entwickler in Bezug auf Prozess-, Systemarchitektur-, Schaltungsdesign- und Software-Infrastruktur-Überlegungen beraten, so dass letztlich ein optimal auf die jeweilige Applikation abgestimmtes Ergebnis entsteht. // **ME**

S3 Semiconductors

www.fpga-kongress.de

FPGA-Kongress

wird präsentiert von: ELEKTRONIK PRAXIS PLC2

FPGA-basierte Systeme zeitgemäß entwickeln

Über 100 Fachvorträge und Hands-On-Tutorials inklusive Test-Entwicklung an gestellten Boards und Rechnern: Profitieren Sie vom FPGA-Wissen unserer hochkarätigen internationalen Referenten!

www.fpga-kongress.de

Eine Veranstaltung von VOGEL COMMUNICATIONS GROUP

ELEKTRONIK PRAXIS PLC2

VERTRAUENSWÜRDIGE SOFTWARE FÜR EMBEDDED DEVICES

Seit über 35 Jahren vertrauen weltweit führende Firmen **Green Hills Software's** sicherer und zuverlässiger Software für sicherheitskritische Systeme.

Für Luftfahrt- und Automobilindustrie, für Telecom-, Medizin- und Industrietechnik sowie für intelligente Energienetze hat Green Hills Software erprobte und zuverlässige Technologie geliefert.

Wenn Sie wissen möchten, wie eines der weltweit sichersten und zuverlässigsten Betriebssysteme und dessen Entwicklungstools das Risiko aus Ihrem nächsten Projekt nehmen kann, kontaktieren Sie uns per Telefon unter **+49 (0)228 43 30 777** oder besuchen Sie uns auf **www.ghs.com/s4e**

Green Hills®
SOFTWARE

Copyright © 2019 Green Hills Software. Green Hills Software and the Green Hills logo are registered trademarks of Green Hills Software. All other product names are trademarks of their respective holders.