ComConsult Research

Der Netzwerk Insider

Februar 2017

Systematische Weiterbildung für Netzwerk- und IT-Professionals

Data Center

Das RZ-Netz der Zukunft

Teil 1: Die Data Center Networking Landschaft und zukunftsorientierte Lösungen

von Dr. Franz-Joachim Kauffels

Es ist kein Geheimnis, dass sich die Änderungen in RZ-Netzen in den letzten Jahren dramatischer und anders vollziehen als früher. Das Netz der Zukunft wird vollständig automatisiert sein und seine Fähigkeiten werden weit über dem liegen, was wir heute von der Ansammlung von Kästen mit Ethernet-Schnittstellen kennen.

In diesem und folgenden Artikeln wollen wir das Thema von verschiedenen Seiten beleuchten. Die gute Nachricht ist, dass es weiterhin private RZs geben wird und dafür Netze notwendig sind. Längst nicht alles wird in die Cloud verlagert. Marktforschungsunternehmen sagen sogar voraus,

dass der Enterprise Data Center Markt in den nächsten Jahren sogar wieder deutlich wachsen wird.

Die schlechte Nachricht ist, dass es kaum mehr allgemein gültige Wahrheiten gibt. RZs und die Anforderungen an sie haben sich dramatisch entwickelt und werden dies auch weiterhin tun. Dabei werden Probleme und Lösungen aber immer individueller. Auch was die RZ-Netze betrifft, werden wir die Komfort-Zone leider verlassen müssen.

weiter auf Seite 7

Cloud Computing

IEEE 802.11ah – Ein Treiber für das Internet-of-Things?

von Dr. rer. nat. Johannes Dams

In der Vergangenheit kam nicht nur hier im ComConsult Netzwerk Insider immer wieder das Thema Internet-of-Things (IoT) auf, auch in der Praxis werden immer mehr Anwendungen relevant, die grob in die Kategorie IoT eingruppiert werden können. Neben den üblicherweise genutzten Technologien, wie WLAN, Bluetooth etc. ziehen nun die IEEE und die Wi-Fi Alliance mit Standards und Zertifizierungen für ein IoT-WLAN nach. Aber: Welche technischen Merkmale bieten neue Standards, wie IEEE 802.11ah bzw. Wi-Fi HaLow? Für welche WLAN-Betreiber und welche Anwendungen kann die Nutzung sinnvoll sein? Kann sich der neue Standard durchsetzen? Und wird das IoT-WLAN ein Treiber für neue Internet-of-Things-Anwendungen und -Endgeräte?

Auch wenn der Begriff Internet-of-Things sich immer mehr durchgesetzt, ist eine klare Abgrenzung von anderen WLAN- oder Netzwerk-Anwendungen häufig nicht ganz einfach. Dennoch haben Diskussionen des IoT einige klare Konzepte möglicher zugrundeliegender Architekturen und so auch der damit einhergehenden Begrifflichkeiten ergeben.

weiter auf Seite 17

Geleit

Netzwerk-Switches: welche Rolle spielt Hardware noch?

auf Seite 2

Standpunkt

Sicherheitsrisiko Container?

auf Seite 15

Aktueller Kongress

ComConsult Netzwerk-Forum 2017

ab Seite 4

Aktuelle Sonderveranstaltung

Implementierung von IPv6 – Erkenntnisse und Erfahrungen

auf Seite 16

Geleit

Netzwerk-Switches: welche Rolle spielt Hardware noch?

Netzwerk-Switches waren und sind sehr teuer. Es gab Zeiten, da konnte man für den Preis eines voll ausgestatteten Switches auch in vielen Städten locker ein Einfamilienhaus in guter Lage kaufen.

Warum ist das so? Ist es das ungebremste Begehren der Hersteller sich an uns zu bereichern? Wäre das so einfach, hätte längst ein Hersteller den Markt auf der Preisbasis aufgerollt. Bisher waren Preisunterschiede zwischen den Anbietern zwar signifikant, aber immer noch in ähnlichen Preisregionen.

Was macht also einen Netzwerk-Switch so teuer?

Die Antwort ist einfach. Seit mehr als 30 Jahren wollen wir mehr Leistung als Standard-Hardware hergibt. Für viele Jahre bis vielleicht vor 10 oder 15 Jahren war der Bedarf so signifikant höher als die verfügbare Leistung, dass sich neue Switch-Produkte mit neuen Port-Technologien auch zum 10fachen Port-Preis der Alttechnologie verkaufen ließen. In der Regel würde dann der Preis innerhalb von 3 bis 4 Jahren auf den 3-fachen Port-Preis fallen. Da wir häufig mit einer neuen Generation eine Verzehnfachung der Leistung bekamen, war der dreifache Preis für die 10-fache Leistung auch scheinbar ein Schnäppchen (wenn man mal vom absoluten Preis der Switches absieht).

Wie haben die Hersteller das Problem gelöst, dass es keine verfügbare Standard-Hardware gab?

Nun, genau die Entwicklung von Spezial-ASICs mit Spezial-Leistungsprozessoren für die Software ist das Fundament der Existenz unserer führenden Hersteller. Und da man immer am Rand des Möglichen entwickelte, konnte so auch ein solider Marktvorsprung mit proprietärer Technik erreicht werden. Dabei liegen bei der Bewertung von Switch-Produkten die Tücken im Detail. Ein naheliegendes Ziel ist es, dass jeder Port blockadefrei in Line-Rate übertragen kann. Dieses Ziel ist allerdings technisch gesehen von fragwürdiger Natur, maximal kann es als Minimal-Ziel gelten. Historisch gesehen hat ein Switch die bis dahin dominanten Medienzugangsverfahren "ersetzt". Und speziell die "Ablösung" von CSMA/CD Hubs durch Switches hat scheinbar

einen wesentlichen Mangel von Ethernet beseitigt. Dies ist das Kollisionsverhalten des Verfahrens unter hoher Last. Auch wenn dazu viel Unsinn veröffentlicht worden ist wie zum Beispiel die 30%-Regel, so konnte man bei genauer Kenntnis des Verfahrens im Labor - nicht unbedingt praxisnahe - Betriebssituationen nachstellen, in denen ein Ethernet kollabierte. Der Switch löst dieses Problem auf den ersten Blick, indem er im Full-Duplex-Betrieb Kollisionen auf den Kabeln ausschließt. Dummerweise schafft er aber ein neues Problem. Dies ist die mögliche und auch leicht zu erreichende Überlastung eines Ausgangsports. Wenn eben Datenströme von 10 Eingängen denselben Ausgang ansprechen, kann dieser das bei angenommener identischer Datenrate nicht leisten. Da die heute eingesetzten Switches überwiegend Store-and-Foreward machen, also jedes zu transportierende Paket einmal in einem Puffer speichern bevor es weitergegeben wird, führt eine Überlastung des Ausgangsports zu einem Puffer-Überlauf und Pakete gehen real verloren. Seit Jahren versucht man dieses Problem durch geeignete Flusskontrollverfahren auf Layer-2 zwischen den Switches zu beherrschen, aber an dem Grundproblem Puffer-Management und Auslegung ändert das nichts. Und an dieser Stelle können sich Switches erheblich unterscheiden. Und speziell dieser Unterschied, obwohl er für den Endverbraucher kaum wahrnehmbar ist, kann extrem teuer sein und macht einen signifikanten Teil der Kosten aus. Gleiches gilt für die Modularisierung von Switches, die von Hause aus unter dem Problem leidet, dass man die zukünftig verfügbaren Einschübe nicht kennt und demzufolge die Weiterleitung auf eine hypothetische zukünftige Leistung auslegen muss. Wird diese Leistungsgrenze erreicht, reduziert sich der modulare Switch zu einem Haufen Schrott, es sei denn man kauft wie zum Beispiel im Falle Ciscos eine neue Supervisor-Engine. Aus heutiger Sicht ist diese Form von Modularität ein fragwürdiges und in vielen Fällen unwirtschaftliches Konzept. In jedem Fall wird man aber eine Schnittstellen-Modularität mit der Anpassung an verschiedene Medien benötigen.

Aber diese ganze Betrachtung ist eigentlich Schnee von gestern. Kaum ein Kunde im Markt braucht heute für einen einzelnen Datenstrom zwischen Sender und Empfänger, nennen sie das von mir aus einen Flow, mehr als 10 Gigabit Leistung. Die meisten Speichersysteme sind weit davon entfernt diese Leistung auszufüllen, im Spitzenbereich werden dann eben mehrere 10 Gigabit-Schnittstellen eingesetzt. Mit SSD-Speichern mag sich das in Richtung des Bedarfs für 25 oder 50 Megabit ändern, das bleibt abzuwarten. Auf der Serverseite haben die Hersteller ausgelöst durch eine zunehmende Zahl von Prozessor-Kernen in Kombination mit Virtualisierung den Sprung auf 40 Gigabit vollzogen, mit den neuen Standards werden dann daraus 25 oder 50 werden, der 40 Gigabit-Standard war immer eine Krücke und wir sagen seit Jahren vorher, dass er nicht überleben wird und jede Investition in diese Richtung fragwürdig ist.

Nun muss ein Netzwerk ja nicht nur einen Flow, also eine Verbindung zwischen Sender und Empfänger unterstützen, sondern ganz viele davon. Deshalb sind Netzwerke hierarchisch aufgebaut und der sogenannte Core muss diese Summenleistung verkraften können. Bei der Frage nach der Summenleistung kommen wir wieder zu den Kosten zurück. Wenn ich die 10-fache Leistung pro Port mit dem 3-fachen Preis abdecken kann, dann ist das eine einfache Rechnung, die zugleich den Verkabelungsaufwand senkt.

Aber genau diese Entwicklung nähert sich dem Ende. Mit der 100 Gigabit-Schnittstelle haben wir genügend Leistung, um über eine geringe Zahl von Ports jede Aggregierung problemlos abdecken zu können. Tatsächlich sind vie-

Data Center

Das RZ-Netz der Zukunft

Teil1: Die Data Center Networking Landschaft und zukunftsorientierte Lösungen

Fortsetzung von Seite 1

Dr. Franz-Joachim Kauffels ist Technologie- und Industrie-Analyst und Autor. Seit über 30 Jahren unabhängiger, kritischer und oft unbequemer Bestandteil der Netzwerkszene. Verfasser von über 20 Büchern in über 70 Ausgaben sowie über 2000 Artikeln, Videos und Reports.

In diesem Teil betrachten wir generelle wichtige Tendenzen und ihren aktuellen und zukünftigen Einfluss auf die Gestalt der privaten RZ-Netze. Im nächsten Teil kommen wir zu wichtigen Entwicklungen bei der Switch-Hardware und einem faszinierenden Anwendungsbeispiel für die Migration auf eine 100G-Umgebung einschließlich eines sehr spannenden architekturellen Ansatzes.

Bei näherer Betrachtung gibt es trotz aller verwirrenden Einflüsse eine Reihe von Entwicklungen, die eindeutig in die gleiche Richtung zeigen. So z.B. die Vernetzung mit 25/50/100 GbE. Was für ein Unternehmen wie z.B. LinkedIn ausreicht, sollte auch für den normalen Betreiber eines privaten RZs eine Obergrenze darstellen. Kann man vielleicht demnächst einfach Bare Metal Switch Hardware beim ODM kaufen statt beim etablierten Markenhersteller? Gerne, es kann aber sein, dass man dann 10.000 Stunden oder mehr für die Entwicklung der Software benötigt.

Um dies alles systematischer (wenn auch ohne wirklichen Abschluss) diskutieren zu können, muss man weiter ausholen. Die Darstellung gliedert sich in vier wesentliche Abschnitte, zwei in jedem Teil.

Zunächst betrachten wir alle heute wesentlichen Einflussfaktoren auf die Data Center Networking Landschaft nochmal in einem zusammenfassenden Überblick. Schon dabei sieht man, dass sich in Zukunft Anforderungen und Lösungen bei unterschiedlichen Betreibern sehr unterschiedlich entwickeln werden.

Im zweiten Abschnitt gehen wir auf Themen ein, die man auch vielleicht als Sonderthemen bewerten kann, die aber wesentliche Schlaglichter auf die allgemeine Entwicklung werfen. Wir sehen uns an einem Beispiel eine Entwicklung bei einem Content Provider an, die letztlich zu einer SDN-Lösung führt. Dann schauen wir auf die Notwendigkeit guter Anbindungen an das Internet, wenn man tatsächlich viel mit Clouds arbeitet und beleuchten die Rolle von Colocation Providern. Man kann aus diesen Themen eine Reihe von Erkenntnissen gewinnen.

Der dritte Abschnitt (im Teil 2) widmet sich der Entwicklung der Switches für 25/50 und 100 GbE. Es wird erklärt, wie sie aufgebaut sind und warum man sie konstruktiv nicht mit den bisherigen 10/40-Switches vergleichen kann. Natürlich blicken wir hier auch auf die wichtigsten Switch-Chips und einige Produkte bekannter Hersteller, allerdings nicht im Sinne eines Marktüberblicks.

Recht selten bekommt man einen so tiefen Einblick in die Eigenentwicklung eines Betreibers wie bei LinkedIn. Wir können zeigen, wie das Netzwerk grundsätzlich organisiert ist und berichten über Motivationen, Probleme, Lösungen und Vorzüge bei der Schaffung einer eigenen 100G Switching Plattform auf Bare Metal. Wirklich spannend ist eher die Gesamtarchitektur, die nach Ansicht des Autors auch auf kleinere Unternehmen und Organisationen übertragbar ist und mit hoher Wahrscheinlichkeit eine neue Basisarchitektur für RZ-Netze manifestiert.

1. Die Data Center Networking Landschaft

Mittlerweile ist die Netzwerk-Schicht eine der fortschrittlichsten Infrastruktur-Komponenten im RZ geworden. Die Zeiten, in denen einfache Routen festgelegt und damit recht übersichtliche Verkehrsmuster unterstützt wurden, sind vorbei. Heute erzeugt man Kontext-abhängige Policies um Informationen, Nutzer, Anwendungen und sogar ganze Cloud Infrastruktur-Komponenten. Es gibt Automatisierung in dieser Netzwerk-Schicht und in der nächsten SDN-Generation werden Daten- und Control-Plane vollständig abstrahiert.

Die Aufgabe von Administratoren in der heutigen Zeit ist die Schaffung einer im Vergleich zu früher viel intelligenteren Netzwerk-Schicht. Diese „neue“ Netzwerk-Schicht kann mit den meisten fortgeschrittenen Geschäftsmodellen und IT-Anfor-

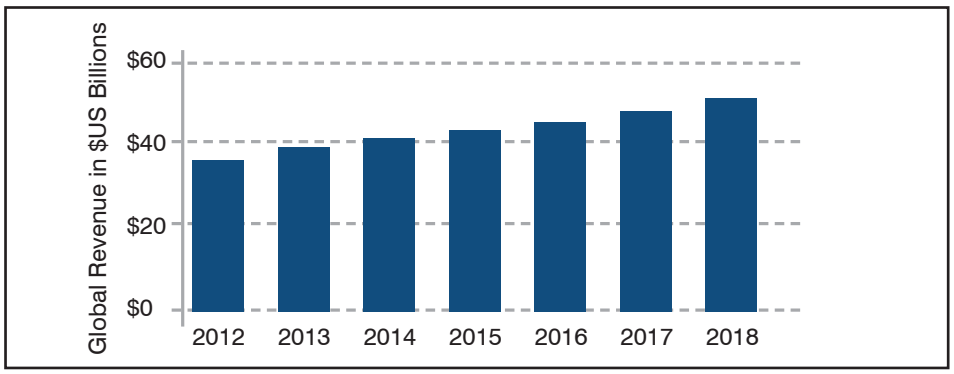

Abbildung 1: Umsatz mit 1G/10G/40G/100G Networking Ports Quelle: Infonetics Research

Das RZ-Netz der Zukunft - Teil 1: Die Data Center Networking Landschaft und zukunftsorientierte Lösungen

derungen Schritt halten. In einem kürzlich erschienenen Weltweiten Enterprise Networking Report (**http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US40211616**) hat IDC herausgearbeitet, dass Virtualisierung nach wie vor einen bedeutenden Einfluss auf das Enterprise Netz haben wird. IDC erwartet, dass all diese Faktoren bisher noch nie da gewesene Anforderungen an Skalierbarkeit, Programmierbarkeit, Agilität, analytische Möglichkeiten und Management-Möglichkeiten von Enterprise Networks haben werden. Für 2016 hatte IDC das Wachstum des Umsatzes mit Enterprise Network Komponenten um 3,5% auf 41,1 Mrd US$ vorausgesagt. Hier fehlt zur letztlichen Bestätigung noch das vierte Quartal 2016, aber im Großen und Ganzen stimmt das. (siehe Abbildung 1)

Wir werden die Technologie von 25/50/100G im RZ im zweiten Teil dieses Artikels genau besprechen. Sehen wir uns aber schon als Vorgeschmack in Abbildung 2 an, mit welcher Dynamik diese Entwicklung verlaufen wird.

Die wesentlichen Transformations-Faktoren der „3rd Platform“ (Cloud, Mobility, Big Data and Social Business) sind neben IoT und Robotics die wesentlichen Treiber, die uns sicher in den nächsten Jahren noch erhalten bleiben und in ihrem Einfluss sozusagen täglich zunehmen. Ganz besonders wichtig erscheint es, dass die neuen Systeme die Art und Weise ändern, wie Unternehmen „Go-To-Market“-Strategien angehen und wo die Netze der nächsten Generation eine besondere Rolle spielen.

In verschiedenen Darstellungen der letzten Jahre haben wir solche Änderungen und die SDN-Landschaft definiert. Wir haben uns Technologien und Angebote wie NSX, ACI und auch offene Systeme angesehen. In diesem Artikel möchte ich aber nochmals einen Schritt zurücktreten und einen zusammenhängenden Blick auf die vier Bereiche des Data Center Networkings werfen, die das moderne Business beeinflussen:

- Traditionelles Data Center Networking
- Software-defined Networking SDN
- Network Functions Virtualization NFV
- White/bride Box Networking
- Cloud Networking

Alle diese Möglichkeiten stehen heute in der ein oder anderen Weise zur Verfügung, man kann sie kaufen, in Betrieb nehmen, einsetzen oder Systeme und Dienste mieten. Die wirklich spannende Frage ist doch, zu welchen Anwendungsfällen welche Systeme passen und wie sie in das Bild des RZs bzw. RZ-Netzes passen.

Mit Sicherheit wird es keine Universal-Lösung geben, die in allen Fällen passt. Wir müssen uns leider weitest gehend von recht bequemen Planungs-Mantras verabschieden. Die meisten Unternehmen werden mehrere Technologien gleichzeitig benutzen müssen, um mit den Anforderungen aus den Anwendungen und den Märkten zurecht zu kommen.

1.1 Das traditionelle RZ-Networking

Das traditionelle RZ-Networking hat in den letzten 30 Jahren erhebliche Weiterentwicklungen erfahren. Hersteller wie Cisco (Nyse: CSCO), Arista (Nasdaq: ANET), HPE (Nyse: HPQ), Extreme Networks (Nasdaq: EXTR), Juniper (JNPR) oder Mellanox (Nasdaq: MLNX) sowie weitere, die wir hier aus Platzgründen nicht nennen können, entwickeln immer weiter integrierte Netzwerk-Systeme für das RZ. Es geht hier nicht darum, die einzelnen Angebote vollständig zu nennen oder gar zu werten, es ist vielmehr wichtig, die übergreifenden Möglichkeiten und die strategischen Ansätze der Hersteller zu verstehen. Cisco setzt schlicht und ergreifend auf die Tatsache, dass man das gesamte Netzwerk und die Fabric Backplane mit ihren Systemen aufbauen kann. Hier gibt es zwar auch die Orientierung an Standards, aber seien wir ehrlich, den größten Nutzen und eine massive funktionale Entfaltung bekommt man nur dann, wenn man ein komplettes Cisco-Ökosystem betreibt. Arbeitet man aber mit kleineren Büros, vielen Zweigstellen oder insgesamt wenigen Benutzern, kann es wirklich nützlich sein, auch zu anderen Anbietern zu schauen. HPE oder auch Dell (privat) sind z.B. dafür bekannt, sinnvolle und stabile Lösungen zu attraktiven Preisen zu liefern. Ein anderer Fall entsteht dann, wenn man wirklich richtig massive Netzwerk-Leistung im RZ vielleicht sogar in Richtung HPC benötigt. Da lohnt sicher ein Blick auf die Angebote von Juniper, Arista und besonders Mellanox. Alle drei Hersteller können Systeme liefern, die fast schon an die Grenze des wirtschaftlich Machbaren in der Hochleistungskommunikation gehen. Mellanox hat zudem den konstruktiven Vorzug, dass der Hersteller zwar „Ethernet“-Switches anbietet, die allen Normen entsprechen, in ihrem Kern aber InfiniBand-Switch Chips haben, die nach außen hin die Ethernet-Schnittstelen auf dieser konstruktiv erheblich besseren Basis bereitstellen. Trotz oder grade wegen dieser konstruktiven Unterschiede sind traditionelle RZ-Netzwerk-Technologien sehr leistungsfähig in den Use-Cases, die sie unterstützen. Wünscht man sich z.B. Konvergenz, sollte man genau hinsehen, welches Netzwerk-Angebot das technisch am gründlichsten unterstützt. In Zukunft wird „Traditionelles Networking“ noch intelligenter und vor allem noch deutlich leistungsvoller. Die Architekturen haben, wenn man genau hinschaut, die Grenzen des RZs vielfach schon überschritten. Spätestens ab 100 G ist es nur noch ein Unterschied im optischen Transceiver, ob eine Verbindung 100 m oder 40 km überbrückt. Wir besprechen die technischen Einzelheiten im zweiten Teil des Artikels.

Konsequenzen für private RZs und ihre Netze: das traditionelle RZ-Networking ist weiterhin die Basis für den wirtschaftlichen und leistungsfähigen Betrieb der IT-Infrastruktur. In vielen RZs gibt es Anwendungen, die schon seit Jahrzehnten irgendeine Funktion haben und auch

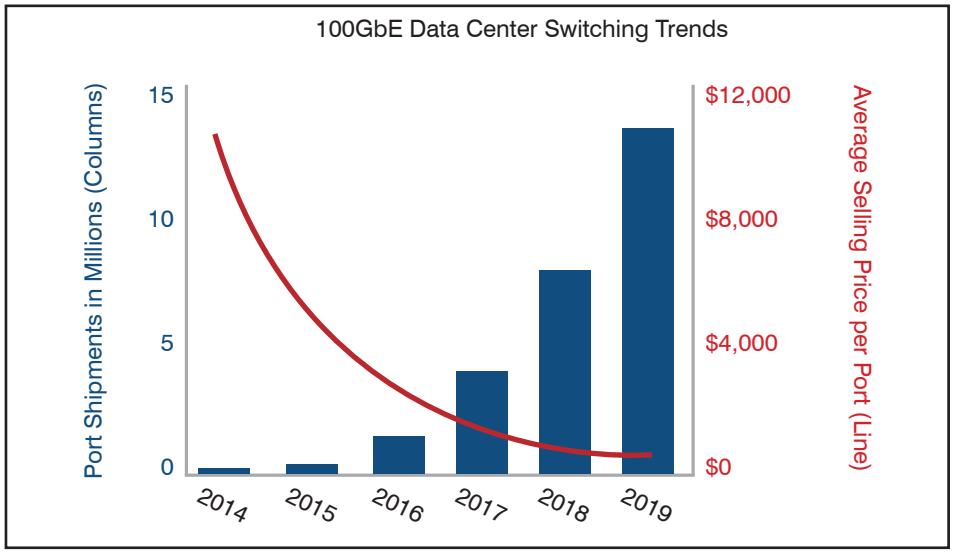

Abbildung 2: 100 GbE Data Center Switching Trends Quelle: Crehan Research

Cloud Computing

IEEE 802.11ah – Ein Treiber für das Internet-of-Things?

Fortsetzung von Seite 1

Dr. rer. nat. Johannes Dams hat in den vergangenen Jahren zahlreiche wissenschaftliche Artikel im Bereich der theoretischen Informatik mit Bezug zu Algorithmen für Funknetzwerke veröffentlicht. Seit 2015 ist er als Berater bei der ComConsult Beratung und Planung GmbH im Competence Center Netze tätig. Der Fokus liegt hier unter anderem auf der Konzeption und Planung in den Bereichen WLAN, IPv6 und weiteren Aspekten aktiver Netzwerktechnik.

Zuletzt wurden zahlreiche Aspekte des Internet-of-Things recht ausführlich hier im Insider von Petra Borowka-Gatzweiler in ihrer Reihe „Internet of Things – die vierte industrielle Revolution“ (ComConsult Insider vom Juli, August und Dezember 2016) diskutiert und besprochen. Einige grundlegenden Aspekte möchte ich im Folgenden anhand des angekündigten „IoT-WLAN“-Standards aus technischer Sicht beleuchten.

Auch wenn sich IoT scheinbar Schritt für Schritt immer weiterverbreitet, blieb der große Boom aber bisher aus. Das Thema als solches scheint immer noch am Rande mit anderen Entwicklungen mit zu laufen ohne sich selbstständig und selbstbewusst als eigenständiger Aspekt im Netzwerk durchzusetzen. Vielmehr schleichen sich die möglichen IoT-Anwendungen langsam in den Betriebsalltag von WLAN-Betreibern und Nutzern. Die Implementierung basiert dabei aber nur teilweise auf speziellen IoT-Technologien. Meist finden sich die Anwendungen im regulären 2,4- und 5-GHz-WLAN oder nutzen Bluetooth, Zigbee und ähnliches. Dies kann sich durch passende neue Standards und Technologien ändern.

Nun hat Anfang des vergangenen Jahres (Januar 2016) die Wi-Fi Alliance die „Wi-Fi HaLow“ Zertifizierung angekündigt. Auch wenn es von Seiten der Wi-Fi Alliance keine offizielle Erläuterung des Namens gibt, wird sich das „Low“ sicherlich auf Low-Power oder Lower Frequencies beziehen. Die Wortschöpfung „HaLow“ klingt im Englischen genau wie das Wort „halo“ (Heiligenschein oder Strahlenkranz) und bietet damit wohl den gewünschten Marketing-Effekt. Tatsächlich rückte die Wi-Fi Alliance mit dieser Ankündigung wieder einmal das Internet der Dinge (Internet of Thing – IoT) in den Fokus und wurde auf breiter Fläche in den entsprechenden Medien diskutiert.

Damit werden direkt einige Fragen aufgeworfen: Stellt „Wi-Fi HaLow“ bzw. IEEE 802.11ah, der der Zertifizierung zugrundeliegende Standard, also jetzt den Durchbruch für IoT-Anwendungen dar? Und was versteht man hierbei überhaupt als eine IoT-Anwendung?

Für die Definition des Internet-of-Things oder des Internet-of-Everything, wie es manchmal hochtrabend genannt wird, spielt vor allem die Anzahl und die Art der Endgeräte eine Rolle. Auch wenn es keine abschließende und einheitliche Definition für IoT gibt, basiert der Begriff doch immer auf dem klaren Anstieg der Anzahl ans Netzwerk (und unter Umständen auch ans Internet) angebundener Endgeräte und darauf, dass diese allgegenwärtig und beispielsweise mit Sensoren bestückt sind.

Die Entwicklung hin zum Internet-of-Things hat sicherlich schon vor einigen Jahren angefangen und von vielen unbemerkt in den letzten Jahren an Fahrt zugenommen. Dabei umfasst diese Entwicklung verschiedenste Anwendungen und Geräte. Im Heimbereich sind dies beispielsweise Kühlschränke, die selbstständig Lebensmittelbestellungen über das Internet ermöglichen, oder auch Temperatur-Sensoren, die das Heizverhalten regeln, und viele weitere Teile der Heimautomation von Rolladen-Steuerungen bis zu Lampen und Lichtschaltern.

So haben sich verschiedenste Anwendungen in den letzten Jahren ins WLAN oder in Bluetooth- oder auch Zigbee-Netze gedrängt, die in den Bereich IoT fallen können. Auch im Industrie- und Produktionsumfeld finden sich immer mehr solche Anwendungen. Hier lassen sich Abrufknöpfe in der Logistik, Schrauber mit Drehmomentmessern und vieles weiteres aufzählen. Diese Anwendungen lassen sich häufig dadurch von anderen WLAN-Nutzern abgrenzen, dass sie vergleichsweise geringe Datenmengen senden und häufig besonders energieeffizient arbeiten.

Viele der so bereits genutzten IoT-Anwendungen sind durchaus im WLAN oder mit Bluetooth gut angebunden und es ist nicht unbedingt zu erwarten, dass hier plötzlich flächendeckend ein neuer Standard Einzug hält. Insbesondere mit bereits existierenden (und teilweise konkurrierenden) Funkstandards scheint die nötige Technologie bereits zu existieren. Aber genau an dieser Stelle setzt IEEE 802.11ah an. Kann sich ein solcher Standard unter diesen Vorzeichen überhaupt durchsetzen?

Der Standard bietet im Vergleich zum traditionellen 2,4- oder 5GHz-WLAN aufgrund des gewählten 900MHz-Frequenzbereich eine höhere Reichweite mit deutlich geringerem Stromverbrauch. Es lassen sich also vor allem neue Geräte, deren Bandbreitenbedarf nicht allzu hoch ist, auf einer großen Fläche anbinden. Aber reicht dieses Argument für eine Verbreitung und Nutzung aus?

Bevor wir die technischen Aspekte betrachten sei erwähnt, dass der IEEE 802.11ah-Standard zum aktuellen Zeitpunkt (Dezember 2016 / Januar 2017) noch nicht verabschiedet ist und damit alle Details vorläufig sind (eine offizielle Veröffentlichung wurde ursprünglich für 2016 erwartet). IEEE 802.11ah hat es also noch nicht in den aktuellen WLAN Standard IEEE 802.11-2016 geschafft (siehe hierzu auch den Artikel von Dr. Wetzlar im Januar Insider 2017). Trotzdem sollen im Folgenden einige Teile der technischen Spezifikation betrachtet werden und mögliche Chancen für den Standard im Industrieumfeld betrachtet und diskutiert werden. Es sei aber schon angemerkt, dass das tatsächliche Ausmaß und die Relevanz von Wi-Fi HaLow heute noch nicht

abzuschätzen sind solange es keine passenden Endgeräte und Access Points auf dem Markt gibt.

Technische Details zu IEEE 802.11ah

Grundsätzlich ist ein Hauptbestandteil und auch ein Hauptgrund für die Nutzung von IEEE 802.11ah als Funkstandard die Implementierung im Spektrum bei ungefähr 900 MHz. Die Dämpfung ist in diesem Bereich deutlich geringer und Funkwellen erreichen auch bei geringerer Sendeleistung deutlich größere Reichweiten als im 2,4GHz- oder im 5GHz-Band. Außerdem ist das entsprechende Spektrum häufig nicht so stark belegt, was zu weniger Interferenz führt und somit eine effizientere Nutzung ermöglicht.

Dies nutzt in vergleichbarer Art und Weise auch 802.11af aus, der ebenfalls im Sub-GHz-Bereich (bis ca. 700 MHz) arbeitet. Dieser zielt im Gegensatz zu IEEE 802.11ah aber nicht auf das Internet-of-Things und die entsprechend hohe Endgeräteanzahl ab. Stattdessen wird der Hauptnutzen hier darin gesehen, dass freie Bereiche im Fernsehspektrum genutzt werden können (sogenannte TV-Whitespaces).

Insgesamt sind viele der Technologien des IEEE 802.11ah-Standards aus IEEE 802.11ac entliehen. Man hat also das Rad nicht neu erfunden, aber zusätzlich dabei auf geringen Energiebedarf und eine besonders hohe Anzahl an Endgeräten pro Access Point geachtet. Um die Wi-Fi Alliance zu zitieren: „Wi-Fi HaLow operates in frequency bands below one gigahertz, offering longer range, lower power connectivity to Wi-Fi CERTIFIED™ products" (Wi-Fi Alliance, 2016).

Das fasst die technischen Features eines „Wi-Fi HaLow"-Netzes schon recht gut zusammen: Es werden Reichweiten bis zu 1 km versprochen mit mehr als 8191 Endgeräten in einer hierarchischen Struktur und einem Power-Saving-Modus, bei dem Endgeräte ihre Funkkomponente für einige Zeit ausschalten können. An dieser Stelle sollte man die Argumente für HaLow, die im vorangegangenen Satz erwähnt sind, nicht zu schnell übergehen: Das ist einerseits die hohe unterstützte Anzahl von Endgeräten und andererseits der geringe Energiebedarf. Über 8.000 Endgeräte in einer Zelle sind schon eine Hausnummer. Bei derart großen Zellen und einem Anwendungsszenario im IoT ist das (und auch der Power-Saving-Modus) aber vielleicht schon fast ein Muss. Andere WLAN-Standards unterstützen hier deutlich weniger Endgeräte (z.B. 2007 verschiedene Association Identifier).

Außerdem wurden viele weitere Details optimiert und angepasst. So wurde das immer wieder (auch hier im Insider oder beim Netzwerkforum) heiß diskutierte DCF-System (Distributed Coordination Function) des WLAN-Standards IEEE 802.11 angepasst, um mit der erhöhten Anzahl an Endgeräten mithalten zu können. Da dennoch die Grundprinzipien beibehalten wurden, bleibt aber (leider) weiterhin Raum für Diskussionen.

Ein deutlicher Nachteil des verwendeten 900MHz-Frequenzbereichs ist, dass sich die internationale Regulierung noch stärker unterscheidet, als das bereits im 2,4- oder 5GHz-Band der Fall ist. Eine einheitliche globale Kanalplanung in Konzernen zu etablieren wird also praktisch unmöglich.

Mit den unterschiedlichen Vorgaben für maximale Sendestärke und freie Frequenzen im Sub-GHz-Band ergeben sich somit auch unterschiedliche Reichweiten und Datenraten. Besonders die erlaubten Sendestärken liegen mit Werten zwischen 10 mW und 1 W weit auseinander und sorgen damit dafür, dass auch der Nutzen der HaLow-Technologie variiert. Es bleibt also zu hinterfragen, ob global die oben versprochenen Reichweiten überhaupt realistisch erreichbar sind.

Selbst bei der idealisierten Freiraumausbreitung auf Abbildung 1 (deren Vorlage ich einem der Insider-Artikel von Herrn Dr. Wetzlar entliehen habe) ist zu sehen, dass die Sendestärke einen deutlichen Einfluss auf die Reichweite hat. Für Europa mit der maximalen Sendestärke von 25 mW EIRP bedeutet dies, dass bei gleicher Empfangsstärke immerhin noch doppelt so weite Übertragungen, wie im 2,4GHz-WLAN (50 mW EIRP) erreicht werden.

Tatsächlich vernachlässigt diese Darstellung nicht nur die über die Freiraumausbreitung hinausgehenden Verluste, sondern auch die Tatsache, dass Funkempfänger eine unterschiedliche Sensibilität aufweisen. Die Grafik zielt lediglich auf die im Standard definierten Werte ab, die Empfänger mindestens erfüllen müssen. Für den WLAN-Praktiker ist also ganz klar ersichtlich, dass die hier erreichten Entfernungen rein theoretische Werte sind. Dennoch lässt sich so bereits ein Gefühl für die mögliche Zellgröße vermitteln.

Es sei hier natürlich außerdem angemerkt, dass der IEEE 802.11ah-Standard bessere Grenzwerte für die minimale Empfangsempfindlichkeit definiert als noch bei den älteren WLAN-Standards. Bei diesen wurde der Standard schon längst von der Realität überholt und die meisten Funkadapter übererfüllen die entsprechenden Vorgaben.

Diese idealisierte Darstellung reicht natürlich bei weitem nicht, um in realistischen Büro- oder Produktionsumgebungen eine Abschätzung abzugeben. Schließlich unterschiedet sich auch die Dämpfung durch Wände und Gegenstände abhängig von der Frequenz, wie in Abbildung 2 dargestellt.

In dieser Auflistung sind anstelle der 5GHz-Dämpfungswerte, Werte für 6,5 GHz zu finden. Dennoch geben diese ei-

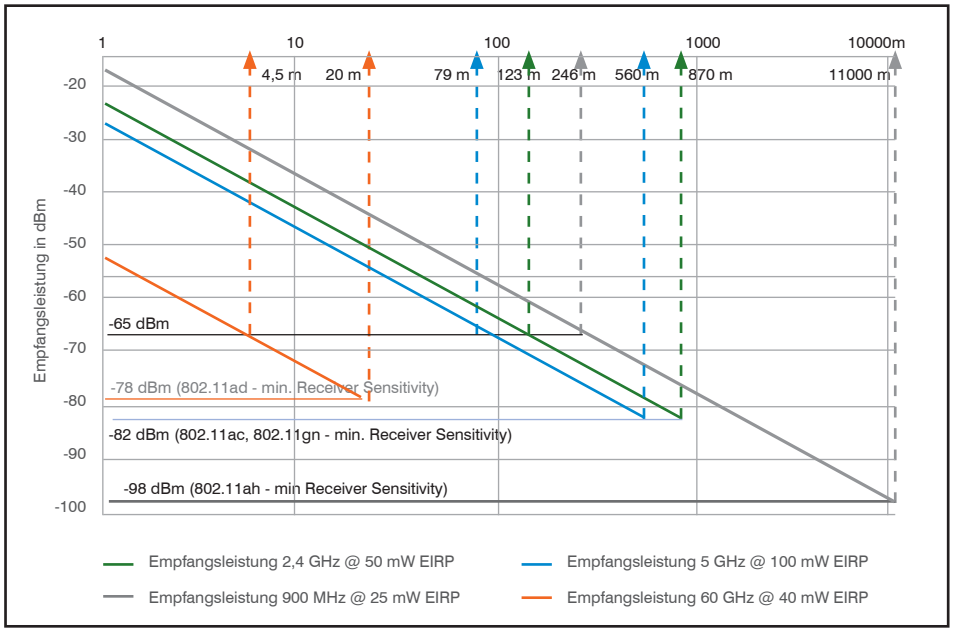

Abbildung 1: Freiraumausbreitung für verschiedene WLAN-Standards