Die Rolle von Datennetzwerken in Smart Buildings

Was sind Smart Buildings und warum sind sie wichtig?

Alcatel·Lucent Enterprise

White Paper

Inhaltsverzeichnis

| Überblick
| Intelligente Gebäudetechnik
  | Wichtigste Elemente
  | Wesentliche Merkmale
| Wie Datennetzwerke zu Smart Buildings beitragen
| Fazit

Überblick

Regierungen und Kommunen treiben seit einiger Zeit die Entwicklung von Smart-City-Technologien voran, um Betriebskosten zu sparen, den Energieverbrauch zu optimieren und andere immaterielle Ziele wie die Steigerung der Produktivität der Angestellten im öffentlichen Dienst und höhere Lebensqualität für die Bürger zu erreichen.

Angesichts des drohenden **Klimawandels** und der sich daraus ergebenden massiven Probleme ist die **Nachhaltigkeit** zu einem der Hauptantriebsfaktoren für Smart Citys und Smart Buildings, also intelligente Städte und intelligente Gebäude, geworden.

Die kontinuierliche Abwanderung aus ländlichen Gebieten hat dazu geführt, dass 57 % der Weltbevölkerung in Ballungsgebieten leben[1] und 75 %[2] des weltweiten Energiebedarfs auf Städte entfallen. Es liegt auf der Hand, dass die Städte eine wichtige Rolle spielen, wenn es darum geht, die in den internationalen Protokollen und Vereinbarungen von Kyoto und Paris festgelegten Nachhaltigkeitsstandards zu erreichen. Gebäude machen einen großen Teil des ökologischen Fußabdrucks einer Stadt aus, und daher sind Smart Citys eng mit der Leistung ihrer Gebäude in Bezug auf Energieverbrauch und -optimierung verknüpft. Jüngsten Studien zufolge sind Gebäude und der Bausektor für 39 % der weltweiten energiebezogenen CO2-Emissionen verantwortlich.[3] Daher können umweltfreundlichere Gebäude, die in der Lage sind, den Energieverbrauch zu optimieren und die CO^2-Emissionen zu senken, einen wichtigen Beitrag zum Kampf gegen den Klimawandel leisten.

Künstliche Intelligenz (KI) hat sich zu einer entscheidenden Triebkraft bei der Weiterentwicklung intelligenter Gebäude entwickelt. Die KI-Technologie optimiert den Energieverbrauch, erhöht die Sicherheit und verbessert den Komfort und die Produktivität der Bewohner. Durch die Analyse von Sensordaten können KI-Algorithmen in Echtzeit Anpassungen an HLK-Systeme, Beleuchtung und andere Gebäudeabläufe vornehmen, was zu erheblichen Energieeinsparungen und einem geringeren ökologischen Fußabdruck führt.[4]

Ein Smart Building erhöht für die Bewohner den Komfort, die Sicherheit und die Produktivität. All dies zu geringstmöglichen Betriebskosten und mit minimalen Umweltauswirkungen. Dies kann beispielsweise ein Gebäude sein, das in der Lage ist, die Innentemperatur und die Beleuchtung in verschiedenen Bereichen automatisch und dynamisch auf der Grundlage der tatsächlichen Belegung und der äußeren Wetter- und Lichtverhältnisse zu regulieren. Dieser einfache Anwendungsfall veranschaulicht, wie die Ziele der Energieeffizienz[5] sowie des erhöhten Komforts und der höheren Produktivität für die Bewohner mit minimalem Betriebsaufwand erreicht werden können.

Ein weiteres Beispiel ist ein Gebäude, das den Belegungsgrad überwachen und aufzeichnen kann, wie sich die Menschen im Gebäude bewegen und versammeln. Stellen Sie sich vor, Gebäudemanager wären in der Lage, Belegungsgrade für jeden Bereich in einem Gebäude festzulegen und automatisch Warnungen zu erhalten, wenn die Anzahl der Personen einen Schwellenwert überschreitet. Bei Bedarf könnten enge Kontakte einer bestimmten Person verfolgt werden. Diese Dienste können durch künstliche Intelligenz weiter verbessert werden, indem sie vorausschauende Erkenntnisse und automatische Reaktionen zur Optimierung der Gebäudeleistung und -sicherheit liefern.[6]

Smart Buildings können Informations- und Kommunikationstechnologien nutzen, um eine Vielzahl von Teilsystemen miteinander zu vernetzen. Dadurch können diese Informationen austauschen, um die Gebäudeleistung und den Betrieb zu verbessern. Durch die Automatisierung können Smart Buildings Entscheidungen treffen und Maßnahmen durchführen, um den Energieverbrauch zu optimieren und den Komfort und die Sicherheit der Bewohner zu erhöhen. Konnektivität und Automatisierung sind entscheidende Komponenten.

1 https://www.statista.com/statistics/270860/urbanization-by-continent/#:~:text=In%202023%2C%20the%20degree%20of,population%20residing%20in%20urban%20areas
2 https://unhabitat.org/topic/urban-energy#:~:text=Urban%20areas%20require%20an%20uninterrupted%20supply%20of%20energy%2C%20consuming%2075%25%20of%20global%20primary%20energy.
3 https://worldgbc.org/advancing-net-zero/embodied-carbon/
4 https://green.org/2024/01/30/artificial-intelligence-and-machine-learning-in-smart-buildings/
https://green.org/2024/01/30/the-future-of-building-automation-insights-from-industry-leaders/
5 Hinweis: Es wird geschätzt, dass der Energieverbrauch eines Bürogebäudes durch intelligente Gebäudeautomation um bis zu 30 % gesenkt werden kann.
Was ist der Unterschied zwischen Smart Homes und Smart Buildings? https://smarthomescope.com/smart-home-vs-smart-building/
6 https://green.org/category/artificial-intelligence/

Intelligente Gebäudetechnik

Gebäude sind sehr komplexe Gebilde, die aus vielen verschiedenen **Teilsystemen** bestehen, darunter:

- Anlagen für Heizung, Belüftung und Klimatisierung (HLK)
- System zur Beleuchtungssteuerung
- Feueralarmsystem
- CCTV- und Videoüberwachungssystem
- Zugangs- und Belegungskontrollsystem

Wichtigste Elemente

Ein Smart Building muss in der Lage sein, die verschiedenen Teilsysteme zentral zu verwalten und zu steuern und ihren Betrieb auf der Grundlage globaler Ziele zu orchestrieren. Neben den Teilsystemen lassen sich Smart Buildings auch an ihren drei Schlüsselelementen erkennen: einem Gebäudemanagementsystem, IoT-Geräten (Internet der Dinge) und einem Datennetzwerk.

Das erste Schlüsselelement eines Smart Building ist das **Gebäudemanagementsystem (GMS)**. Ein GMS ist ein zentralisiertes, computergestütztes System zur Verwaltung, Überwachung und Steuerung von Gebäudeanlagen und -diensten sowie zur Automatisierung von Gebäudefunktionen. Ein Gebäudeautomationssystem ist definiert als ein GMS, das mit intelligenter Analytik und modernen automatischen Steuerungen ausgestattet ist. In der Praxis werden häufig beide Begriffe synonym verwendet. Wir bezeichnen das Management-, Steuerungs- und Automatisierungssystem von Smart Buildings als GMS.

Das zweite Schlüsselelement sind die IoT-Geräte[7], die in der gesamten Gebäudeanlage installiert und vernetzt sind, um Daten zu sammeln und schließlich Aktionen auf Anweisung des GMS auszuführen. Es gibt eine große Vielfalt an IoT-Geräten, von sehr einfachen Sensoren und Auslösern bis hin zu hochentwickelten PTZ-Kameras.

Das dritte Schlüsselelement ist das **Datennetzwerk**. Die Geräte und Teilsysteme in einem Smart Building müssen interagieren und kommunizieren, entweder von Maschine zu Maschine oder von Maschine zu Mensch. Das Datennetzwerk ist die Infrastruktur, die die Kommunikation zwischen den verschiedenen Teilsystemen, IoT-Geräten und dem GMS ermöglicht und miteinander verbindet.

Smart Buildings werden durch das Gebäudemanagementsystem, das Internet der Dinge und das Datennetzwerk ermöglicht. Wenn wir einen einfachen Vergleich zum menschlichen Körper ziehen möchten, sind die IoT-Geräte die Sinnesorgange des Gebäudes, das Datennetzwerk ist das Nervensystem und das Gebäudemanagementsystem ist das Gehirn. Das Internet der Dinge erfasst die Metriken und Daten, die zum Verständnis des Geschehens erforderlich sind. Das Gebäudemanagementsystem verarbeitet die Daten und löst auf der Grundlage der Gebäudeautomationsregeln Aktionen aus. Das Datennetzwerk transportiert Daten und Anweisungen durch das Gebäude.

In der Vergangenheit waren Gebäudemanagement und -steuerung in Silos voneinander isoliert, da die verschiedenen Gebäudeteilsysteme auf Technologien basierten, die nicht miteinander interagierten. Teilsysteme wie HLK, Alarmanlagen oder Beleuchtung waren isolierte und separate Infrastrukturen, die häufig von proprietären Anbieterlösungen gesteuert wurden. Darüber hinaus verfügten die GMS im Allgemeinen nur über begrenzte Integrationsmöglichkeiten, boten einfache Analysetools und die Benutzeroberflächen waren nicht besonders benutzerfreundlich.

Im Zuge der zunehmenden Verbreitung von Smart Buildings entwickelt die Branche innovative Produkte und Lösungen, um die digitale Transformation des Gebäudemanagements zu ermöglichen. Silos werden beseitigt, da unter Einhaltung von Standards verschiedene Funktionen auf unterschiedlichen Ebenen integriert werden können. Mit Hochgeschwindigkeitsnetzen, dem Internet der Dinge, Cloud-basierten Anwendungen, Big-Data-Analysen, Programmierbarkeit und Spitzentechnologien wie künstlicher Intelligenz (KI) und digitalen Zwillingen ist heutzutage nahezu alles möglich.

7 comprehensive approach to the IoT challenge, Alcatel-Lucent Enterprise Whitepaper (November 2020)

Wesentliche Merkmale

Wenn sie ein Projekt für ein Smart Building in Angriff nehmen, müssen sich die Planer fragen: Brauche ich ein Gebäude, das nur ein wenig smart ist, oder eines, das wirklich intelligent ist? Die Anforderungen müssen sorgfältig definiert werden, aber der endgültige Intelligenzquotient hängt in der Regel vom Budget ab. Die Herausforderung besteht darin, das richtige Gleichgewicht zwischen Zielen und Kosten zu finden. Zwei Dinge sind für ein Smart Building jedoch unerlässlich: Konnektivität und Automatisierung.

Konnektivität ist ein wesentlicher Faktor. Da so viele unterschiedliche Elemente beteiligt sind, ist die Definition offener Netzwerkprotokolle und -standards für die Kommunikation und Interoperabilität von Teilsystemen und Geräten des Gebäudes untereinander und mit dem GMS von größter Bedeutung. Neue Smart-Building-Lösungen und -Produkte müssen standardmäßig zertifiziert sein, und proprietäre Protokolle sollten immer seltener zum Einsatz kommen. Heutzutage stehen viele Standard-Kommunikationsprotokolle zur Auswahl. Im Folgenden finden Sie eine Liste mit einigen der Optionen.

Protokolle für die drahtgebundene Kommunikation in Smart Buildings:

BACnet ist ein Datenkommunikationsprotokoll für Gebäudeautomations- und Steuerungsnetzwerke, das die HLK-Branche stark beeinflusst hat. BACnet ist in Amerika und Europa Standard. Es handelt sich zudem um eine globale ISO-Norm. Dieses Protokoll wird in vielen verschiedenen Märkten eingesetzt, darunter in der Industrie, im Transportwesen, im Energiemanagement, in der Gebäudeautomatisierung, in der Regeltechnik sowie im Bereich Gesundheit und Sicherheit.

- Modbus ist ein Datenkommunikationsprotokoll für die Übertragung von Informationen über serielle Leitungen. Es hat sich zu einem De-facto-Standardprotokoll für den Anschluss industrieller elektronischer Geräte in den Bereichen HLK, Beleuchtung, Personenschutz, Zugangskontrollen, Energiemanagement und Wartung entwickelt und wird hauptsächlich in industriellen Umgebungen eingesetzt.
- **LonWorks** ist ein Netzwerkprotokoll für die Datenkommunikation, das in der Gebäudeautomatisierung für die Vernetzung von Geräten über Stromleitungen, Glasfaserkabel und andere Medien verwendet wird. Eine große Anzahl von Geräten ist mit LonWorks-Technologie installiert, darunter Beleuchtung, HLK und Maschinen in der Industrie, im Transportwesen, bei Versorgungsunternehmen und in der Hausautomatisierung.
- **KNX** ist ein offener Standard für die gewerbliche und private Gebäudeautomation. KNX-Geräte können unter anderem Beleuchtung, Jalousien und Rollläden, HLK, Sicherheitssysteme, Energiemanagement, Audio, Video und Displays steuern.

Drahtlose Kommunikationsprotokolle für Smart Buildings:

- **Wi-Fi** ist eine kostengünstige und leicht zugängliche Möglichkeit, drahtlose IoT-Geräte anzuschließen, da die Bereitstellung einfach über ein bestehendes WLAN-Netz erfolgt, das inzwischen in den meisten kommerziellen, institutionellen und Bürogebäuden verfügbar ist. In der Gebäudeautomation wird Wi-Fi am häufigsten für Geräte verwendet, die an die Steckdose angeschlossen sind, wie die meisten intelligenten Thermostate und Beleuchtungen, sowie für intelligente Geräte, die aufgeladen werden können. Wi-Fi ist auch eine gute Wahl für Smart-Building-Netzwerke, die von Cloud-basierten Softwareanwendungen betrieben werden.
- **Bluetooth**® ist bekannt für seine Verwendung in Smartphones und drahtlosen Wearables, wird aber auch in der Haus- und Gebäudeautomation eingesetzt. Bluetooth Low Energy (BLE) wurde für kleine Datenübertragungen und geringen Stromverbrauch entwickelt und ist eine beliebte Technologie bei Ortungsdiensten in Innenräumen, die eine Genauigkeit von drei bis fünf Metern erfordern.
- **Zigbee**, ein speziell für den kommerziellen Einsatz entwickeltes Protokoll, ist das wohl am weitesten verbreitete Protokoll für die Gebäudeautomatisierung. Es ist dafür bekannt, dass es mit minimalem Stromverbrauch arbeitet (die Batterien von Zigbee-Geräten können bis zu mehrere Jahre halten), und es ist außerdem eines der sichersten IoT-Protokolle. Typische Zigbee-Anwendungen sind industrielle Steuerung, Überwachung, Sensornetzwerke und Gebäudeautomatisierung.
- **LoraWAN** ist ein Low-Power-Wide-Area-Network-Protokoll (LPWAN), das speziell für die Verbindung batteriebetriebener IoT-Geräte über große Entfernungen entwickelt wurde. LoraWAN wird unter anderem für Smart Citys, Smart Buildings und Smart Metering eingesetzt und ist die derzeit am weitesten verbreitete LPWAN-Technologie.

Jedes Protokoll hat eine eigene Anwendung, und es liegt an den Planern von Smart-Building-Projekten, die richtige Anwendung für die richtige Aufgabe zu wählen, je nach den Anforderungen.

Wie Datennetzwerke zu Smart Buildings beitragen

Fachleute aus der Smart-Building-Branche sind sich einig, dass die Informationstechnologien zunehmend in die Gebäudeausrüstung sowie in die Gebäudekontroll- und -managementsysteme[8] eindringen.

Ein Beweis dafür ist die Tatsache, dass die wichtigsten Datenkommunikationsprotokolle für Gebäude, wie BACnet, Modbus und LonWorks, jetzt über IP-Versionen verfügen, die auf dem Datennetzwerk aufsetzen. Ebenso sind viele IoT-Geräte IP-basiert und werden direkt mit dem Gebäudenetzwerk verbunden. Für Nicht-IP-IoT-Geräte gibt es ein umfangreiches Angebot an Controllern und Gateways mit offenem Protokoll, die verwendet werden können.

Warum findet diese Entwicklung hin zu IP in der Smart-Building-Branche statt? Ein wichtiger Grund ist, dass IP-basierte Smart-Building-Lösungen bestehende Datennetzwerke nutzen können, was zu geringeren Installationskosten beiträgt. Abgesehen von den wirtschaftlichen Gründen ist IP eine vielseitige, interoperable, bewährte und sichere Netzwerktechnologie. Die IT-Infrastruktur ermöglicht eine verbesserte Netzwerksicherheit, den Fernzugriff auf Systeme, die Fernbenachrichtigung über Ereignisse und Alarme sowie die Nutzung von Power over Ethernet (PoE). Vor allem aber ermöglicht sie die Integration und Interoperabilität von Gebäudesystemen.

Das Datennetzwerk ist von grundlegender Bedeutung, um Smart Buildings wirklich smart zu machen. Die Anforderungen an Smart Buildings üben jedoch eine Menge Druck auf das Netzwerk aus und stellen es vor große Herausforderungen. Dabei gibt es mehrere wichtige Aspekte, die bei der Planung oder Erneuerung eines Gebäudenetzwerks zu berücksichtigen sind.

Unterstützung von Multistandard-Netzwerken: Das Datennetzwerk ist die Grundlage für das sichere Onboarding von IoT-Geräten und für die Kommunikation zwischen ihnen und mit dem Gebäudemanagementsystem. Zu diesem Zweck muss das Netzwerk eine Vielzahl von Konnektivitätsstandards unterstützen.

IP-Netzwerke sind vielseitig genug, um drahtgebundene und drahtlose Verbindungen sowie verschiedene andere Protokolle wie BACNet oder Modbus und Zigbee oder BLE im selben physischen Netzwerk zu unterstützen. Die Reaktion auf das IoT-Phänomen hat zu weiteren Entwicklungen im Bereich der IP-Netzwerke geführt, z. B. zu Wi-Fi-Access Points, die Zigbee und BLE nativ unterstützen. Die Planer von Gebäudenetzwerken müssen sicherstellen, dass alle IoT-Geräte mit dem Netzwerk verbunden werden können, entweder nativ oder über integrierte Gateways.

Sicherheit: IoT-Geräte sind Headless-Geräte mit geringer Verarbeitungskapazität und im Allgemeinen mit wenig oder gar keiner integrierten Sicherheit. Mit der steigenden Zahl von IoT-Geräten, die mit einem Smart Building verbunden sind, wird die Angriffsfläche für Hacker immer größer und damit auch das Risiko von Cyberangriffen.

Die Sicherheit ist seit jeher ein wichtiger Aspekt der IP-Netzwerke. Aus diesem Grund unterstützt das IP-Protokoll zahlreiche Sicherheitsstandards, die ständig überarbeitet und verbessert werden. Das bedeutet, dass das Datennetzwerk die Sicherheit bieten muss, die IoT-Geräte nicht selbst implementieren können, um den Zugang zum Netzwerk und die Integrität der Daten sowie der im Netzwerk ausgeführten Anwendungen zu schützen.

Leistung: Während einige IoT-Geräte über lange Zeiträume hinweg kleine Datenmengen senden und empfangen, wie dies typischerweise bei Sensoren und Auslösern der Fall ist, übermitteln andere, wie z. B. hochwertige CCTV-Videokameras, eine große Menge an Informationen, die in Echtzeit verarbeitet werden müssen. In beiden Szenarien müssen die Daten aus den IoT-Geräten die entsprechenden Systeme erreichen, verarbeitet werden und zeitnah eine Antwort oder ein Ergebnis liefern.

Das Gebäudenetzwerk muss so konzipiert sein, dass es sowohl den heutigen als auch den künftigen Anforderungen in Bezug auf Skalierbarkeit, Bandbreite und Geschwindigkeit gerecht wird. IP-Protokolle, die für extrem zuverlässige Netzwerke mit geringen Latenzzeiten ausgelegt sind, wie Short Path Bridging (SPB) und IP-Multicast-Unterstützung, müssen in Erwägung gezogen werden, um das erforderliche Leistungsniveau zu gewährleisten.

Automatisierung: Die Überwachung und Verwaltung der beträchtlichen und zunehmenden Anzahl von Nutzern,

8 AutomatedBuildings.com http://www.automatedbuildings.com/index.htm

IoT-Geräten und Anwendungen, die im Netzwerk ausgeführt werden, ist zu einer echten Herausforderung für IT-Mitarbeiter geworden.

Die Netzwerkautomatisierung ist für unternehmenskritische Netzwerke unerlässlich und spielt eine entscheidende Rolle bei der Konzeption von Smart Buildings. Mit der Netzwerkautomatisierung kann der gesamte IoT-Onboarding-Prozess automatisiert werden, von der Geräteerkennung über das Fingerprinting, die Klassifizierung, Autorisierung und Segmentierung bis hin zur Verbindung mit dem Netzwerkrand. Dadurch fallen für IT-Manager der Zeitaufwand und die Risiken einer manuellen Durchführung weg.

Power over Ethernet (PoE) und Multigig-Funktionalität: Power over Ethernet (PoE) und Multigigabit (Multigig)-Funktionalität in intelligenten Gebäuden bieten erhebliche Vorteile in Form von Kosteneinsparungen und verbesserter Leistung. Mit PoE können Geräte wie LEDs und IoT-Sensoren über ein einziges Kabel sowohl mit Strom als auch mit Daten versorgt werden, was den Bedarf an zusätzlicher Verkabelung und Infrastruktur reduziert. Die Multigig-Funktionalität erhöht die Datenübertragungsraten über die bestehende Verkabelung und unterstützt damit die wachsende Nachfrage nach Anwendungen mit hoher Bandbreite, wie z. B. Videoüberwachung und Datenanalyse. Gemeinsam ermöglichen PoE und Multigig eine effiziente Stromverteilung und Hochgeschwindigkeitsverbindungen, die die Leistung und Skalierbarkeit des Netzwerks optimieren. Dieser integrierte Ansatz stellt sicher, dass intelligente Gebäude eine breite Palette von Geräten und Anwendungen unterstützen können, was die allgemeine betriebliche Effizienz und Flexibilität erhöht.

Effizienz der Batterielebensdauer: Da immer mehr IoT-Geräte auf Batterien angewiesen sind, ist die Optimierung des Verbrauchs für eine längere Batterielebensdauer unerlässlich. Dies schlägt sich direkt in Einsparungen bei den Geräte- und Betriebskosten nieder, da weniger Personal vor Ort benötigt wird, um Batterien oder IoT-Geräte selbst zu ersetzen. Die Wahl von IP-Geräten, die Standards zur Optimierung der Batterienutzung verbundener Geräte implementieren, wie z. B. Target Wake Time (TWT) in Wi-Fi 6/6E und Restricted Target Wake Time (R-TWT) in Wi-Fi 7, ist eine ausgezeichnete Wahl.

Offenheit: Die Integration in das GMS, spezielle IoT-Plattformen und andere Geschäfts- und Betriebsanwendungen ist ein weiterer wichtiger Punkt für Smart-Building-Projekte. Dies ist ein stark fragmentierter Markt. Projektleiter und Immobilienbesitzer müssen entscheiden, welche Lösungen ihren Anforderungen am besten entsprechen. Das Datennetzwerk sollte so viele verschiedene Lösungen wie möglich integrieren und mit ihnen zusammenarbeiten.

Die betriebliche Effizienz in intelligenten Gebäuden wird durch fortschrittliche Netzwerk- und Automatisierungstechnologien verbessert. Durch die proaktive Überwachung der Infrastruktur und die Schaffung effizienter Prozesse können Gebäude ihre Betriebskosten senken und die Systemkapazität verbessern. Autonome Netzwerke automatisieren die Servicebereitstellung und verwalten den Betrieb, während das sichere IoT-Onboarding die Geräteintegration vereinfacht. Diese Technologien ermöglichen eine vorausschauende Wartung, eine schnelle Reaktion auf Probleme und eine optimale Ressourcennutzung, so dass die Gebäude effizient, sicher und komfortabel betrieben werden können.

Wie bereits erwähnt, beruhen IP-Netzwerke auf Standards, die die Integrierbarkeit in andere standardbasierte Geräte und Anwendungen gewährleisten. Das System für das Netzwerkmanagement sollte Standard-APIs wie Restful APIs bereitstellen, um die Integration in externe Geschäfts- und Betriebsanwendungen zu ermöglichen. Auch die Programmierbarkeit von Netzwerkgeräten mit offenen Programmiersprachen wie Python erweitert die Interoperabilität und die Automatisierungsfähigkeiten des Netzwerks und öffnet die Tür zu einer Welt von Einsatzmöglichkeiten für Smart Buildings.

Fazit

Intelligente Gebäudeverbessern die städtische Nachhaltigkeit, die Energieeffizienz und den Komfort der Bewohner, während sie gleichzeitig die Wartungskosten und die Umweltbelastung verringern.

Alcatel-Lucent Enterprise (ALE) unterstützt diesen Wandel mit umfassenden digitalen Infrastrukturlösungen, die sich auf drei Säulen des Digital Age Networking konzentrieren:[9]

- **Autonomes Netzwerk**: Gewährleistet eine zuverlässige, sichere Konnektivität für alle Subsysteme und IoT-Geräte und vereinfacht die Verwaltung und Integration digitaler Dienste.
- **IoT Enablement**: Bietet sicheres Onboarding, Management und Überwachung von IoT-Geräten, steigert die Effizienz und unterstützt Energieeinsparungen und Nachhaltigkeitsziele.
- **Geschäftsinnovation**: Integriert fortschrittliche Dienste, einschließlich Indoor-Standortbestimmung oder Asset-Tracking, Videoüberwachung und KI-gesteuerte Analysen für mehr Sicherheit, Ressourcenoptimierung und Reduzierung der Wartungskosten.

Wenn Sie weitere Informationen wünschen oder mit einem Experten sprechen möchten, wenden Sie sich bitte an uns.

9 https://www.al-enterprise.com/-/media/assets/internet/documents/digital-age-networking-for-enterprises-brochure-en.pdf

© 2024 ALE International, ALE USA Inc. Alle Rechte in allen Ländern vorbehalten. Der Name Alcatel-Lucent und das Logo sind Marken von Nokia, die unter Lizenz von ALE verwendet werden. Unter folgender Adresse finden Sie eine Liste der geschützten Marken von ALE: www.al-enterprise.com/de-de/rechtliches/marken-urheberrecht. DID21102901EN (November 2024)

Alcatel·Lucent Enterprise