

5G Edge Cloud Architektur

Julian Beck

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Oliver Waldhorst

Zusammenfassung Die Edge Cloud wird in dem Zeitalter von 5G eine wichtige Rolle spielen. Als ein Bestandteil der 5G-Netzwerkarchitektur bietet es nicht nur eine Vielzahl von Cloud-Ressourcen, sondern ermöglicht neue Plattformen für Drittanbieter und das Entwickeln von neuen Erfahrungen für den Nutzer. Multi-Access Edge Computing (MEC) bietet Speicher- und Rechenressourcen in der Nähe des Endgerätes, eine besser Latenzzeit für mobile Endbenutzer und effizientere Nutzung des Mobile Backhaul und Core Netzwerkes. Diese Seminararbeit erläutert, welche Technologien MEC ermöglicht und geht auf die Architekturen hinter Multi-Access Edge Computing ein.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Problem.....	3
2	Benötigte Technologien	3
2.1	Edge Computing	3
2.2	5G Edge Computing	5
2.3	Network-Function Virtualisierung	5
2.3.1	NFV Architektur und Orchestration Framework:	5
2.3.2	5G Edge Cloud und NFV:	5
2.4	Software-defined Networking	6
2.5	Virtuelle Maschinen und Container	6
3	Architekturen	8
3.1	MEC Framework - Referenz Architektur.....	8
3.2	Weitere Frameworks	8
4	Orchestrierung und Mobilität	8
4.1	MEC Service Orchestrierung	8
4.2	MEC Mobilität	8
4.3	MEC Deployment	8
5	Anwendungen	8
5.1	Internet of Things	8
5.2	Smart Factories	8
5.3	Autonomes Fahren	8
6	Ausblick	8
6.1	Angebote	8
	Literatur.....	9

1 Einleitung

1.1 Problem

2 Benötigte Technologien

2.1 Edge Computing

Beim Edge Computing wird die Berechnung und Speicherung von Daten in die Nähe der Quelle gebracht, an den sogenannten Rand oder *Edge* des Netzwerks. Im Gegensatz zum Cloud Computing werden die Daten nicht an zentralen Rechenzentren verarbeitet, sondern an dezentralen Cloud Systemen am Rand des Netzwerks. Folgende Vorteile bringt Edge Computing: [2]

- **Geschwindigkeit und Latenz:** Abhängig von der Anwendungen spielt die Zeit der Datenverarbeitung eine entscheidende Rolle. Beispielsweise bei Autonomen Fahrzeugen ist es wichtig, dass innerhalb von Millisekunden die Daten verarbeitet werden. Auch bei digitalen Fabriken ist es meist zu langsam die Daten zu einer zentralen Cloud und zurück zu senden. Wenn die Datenverarbeitung auf den Rand des Netzwerks verlegt wird, wird die Latenz des Netzwerks verringert und schneller auf Anfragen geantwortet.
- **Netzlast:** Da das die Daten nicht zu einer zentralen Cloud gesendet werden, sondern am Rand des Netzwerks verarbeitet werden, verringert sich nicht nur die Latenz, sondern auch die Netzlast des gesamten Netzwerks. Die Daten müssen nicht weitreichend weiter gesendet werden, stattdessen werden sie dezentral in der Nähe der Anwendungen verarbeitet.
- **Security:** Wenn Daten an einem zentralen Cloud verarbeitet werden ist dies unter bestimmten Umständen anfälliger für ein Ausfall. So kann beispielsweise ein DDoS-Angriff den gesamten Betrieb eines Unternehmens stören, wenn alle Systeme mit einer zentralen Cloud arbeiten. Da bei Edge Computing kein einziges Zentrales Systeme existiert, verringert sich die Auswirkung eines solchen Angriffes für das ganze Unternehmen. Edge Computing hilft Unternehmen auch dabei, die Probleme der lokalen Compliance- und Datenschutzbestimmungen zu überwinden, da die Daten auf lokalen Systemen verarbeitet werden.
- **Kosteneinsparungen:** Durch Internet Off Things Geräte oder durch eine Smart Factories werden eine Vielzahl an Daten generiert. Nicht alle Daten sind dabei kritisch für die Operation der Systeme. Edge Computing erlaubt das Kategorisieren der Daten. In dem ein Großteil der Verarbeitung am Rand des Netzwerks stattfindet wird Bandbreite gespart. Dies optimiert den Datenfluss von lokalen Anwendungen und minimiert somit die Betriebskosten einer zentralen Cloud.
- **Zuverlässigkeit:** Wenn Edge-Geräte Daten lokal speichern und verarbeiten können, verbessert dies die Zuverlässigkeit. Ein Unternehmen ist nicht auf die Verbindung auf zur zentralen Cloud angewiesen und eine vorübergehende Unterbrechungen der Verbindung hat keine Auswirkungen auf den Betrieb von Geräte, nur weil sie die Verbindung zur Cloud verloren haben.

- **Skalierbarkeit:** Bei Cloud-Computing-Architekturen müssen Daten in den meisten Fällen zunächst an ein zentral gelegenes Rechenzentrum weitergeleitet werden. Das Erweitern oder sogar nur das Ändern dedizierter Rechenzentren ist eine teure Angelegenheit. Darüber hinaus können IoT-Geräte zusammen mit ihren Verarbeitungs- und Datenverwaltungstools am Rande einer einzelnen Implantation bereitgestellt werden, anstatt auf die Koordination der Bemühungen von Mitarbeitern an mehreren Standorten zu warten.

2.2 5G Edge Computing

2.3 Network-Function Virtualisierung

Network-Function Virtualisierung (NFV) erlaubt es Netzwerk Funktionen von der Hardware zu entkoppeln. Dies erlaubt das Verwenden von Gateways, Firewalls, DNS Services und Caching ohne proprietär Hardware.

Um ein neues Netzwerk zu erstellen, wird eine Vielzahl von verschiedenen Hardware Komponenten benötigt. Diese benötigen Platz, Energy und müssen von qualifizierten Personal überwacht und gewartet werden. Network-Function Virtualisierung will diese Probleme lösen, in dem Virtualisierungstechniken auf standard Server Hardware Komponenten verwendet werden. Folgende Vorteile werden durch NFV erzielt und sind Relevant 5G Edge Clouds: [nfv_wp]

- **Skalierbarkeit und Flexibilität:** Die Virtualisierung erlaubt eine einfache Skalierung der Ressourcen. So kann bei einer großen Nachfrage die Services skaliert werden. Es können auch schnell mehrere Instanzen einer Komponente auf der einer VM gestartet werden.
- **Kosteneinsparungen:** Durch die Verwendung von Standard Komponenten werden die Kosten und der Energieverbrauch minimiert.
- **Anpassungsfähigkeit:** Die Virtualisierung erlaubt eine schnelle Anpassung an Anforderungen eines Kunden. Die Server können durch der Virtualisierung von mehreren Nutzern gleichzeitig verwendet werden und gleichzeitig die Anforderungen des jeweiligen Kunden erfüllen.
- **Verbesserte Effizienz durch homogene Systeme:**

2.3.1 NFV Architektur und Orchestration Framework: Das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen *ETSI* hat ein Standard für ein NFV Framework veröffentlicht. Dieser Standard definiert sogenannte Virtualized Network Functions *VNF*, welche Netzwerk Funktionen in Software abbilden. Die *VNFs* werden in der *NFV* Infrastruktur *NFVI* deployed. Die *NFV* Infrastruktur besteht aus den enthält die Hardware Komponenten wie CPU und Speicher, aber auch die Virtualisierungslayer.

Der *NFV MANO* (NFV Management und Orchestrierung) Layer verwaltet die Infrastruktur und passt diese an die Anforderungen an. Der VM lifecycle wird auch von *NFV MANO* verwaltet, wenn eine VM abstürzt wird sie von diesem neugestartet.

2.3.2 5G Edge Cloud und NFV: Die Network-Function Virtualisierung spielt eine Schlüsselrolle für die Umsetzung einer 5G Edge Cloud. *NFV* erlaubt *Network Slicing*, ein Aspekt der virtuellen Netzwerkarchitektur, mit dem mehrere virtuelle Netzwerke auf einer gemeinsam genutzten Infrastruktur bereitgestellt werden können. *NFV* ermöglicht die 5G-Virtualisierung, sodass das physische Netzwerk in mehrere virtuelle Netzwerke unterteilt werden können. Dies erlaubt es unterschiedliche Radio Access Networks (*RAN*) oder verschiedene Arten von

Diensten gleichzeitig anzubieten. Der Anwender merkt dabei kein Unterschied, da die Network Slices voneinander isoliert sind. *NFV* ist für die Skalierbarkeit, Flexibilität und Migration in einer 5G Edge Cloud wichtig. So kann wenn die Anfragen an eine Anwendung steigt, nicht nur die Ressourcen für die Anwendung an sich einfach skaliert werden, sondern durch das hinzufügen einer neuen Software Instant in der *NFVI*, kann auch die Netzwerkinfrastruktur mit skaliert werden. [1]

2.4 Software-defined Networking

Neben *NFV*, ist auch Software Defined Networking (*SDN*) ein Schlüssel für Virtualisierung von Netzwerken. Bei einem *SDN* ist die Steuerung des Netzwerks von der Hardware getrennt. Es wird zwischen einem Controller, einer Southbound und einer Northbound API unterschieden. Die Southbound APIs führt die Anweisungen nimmt und gibt Informationen des Controllers weiter an Netzwerkgeräte wie Switches, Access Points und Router weiter. Der Controller ist das zentrale Element eines *SDN* Netzwerkes, er ermöglicht ein zentrales managen und steuern des Netzwerkes. Die Northbound API gibt Informationen an den Controller weiter. Es ist die schnittstelle zwischen Anwendungen und dem *SDN* Controller.[4]

Software Defined Networking kann so *MEC* unterstützen, indem es automatisch und flexibel service management durchführt. Da bei einem SDN die Daten und Controll Ebene durch die Southbound und Northbound API getrennt ist, führt SDN eine zentrale Steuerung ein, mit der virtuelle Netzwerkinstanzen einfach instanziiert und angeboten werden können, indem die zugrunde liegende Netzwerkinfrastruktur abstrahiert wird.

Im Kontext von MEC kann der SDN-Controller MEC-bezogene VNFs, VMs und Container als eine weitere Netzwerkkomponente behandeln, der dynamisch zugewiesen und neu lokalisiert werden kann. So kann der SDN flexibel Service anpassen und dynamisch Dienste bereitstellen, indem er VNFs und MEC Dienste verbindet. Gleichzeitig kann er die mobilität der Dienste ermöglichen.

2.5 Virtuelle Maschinen und Container

Bei Cloud-Computing werden Rechenressourcen über ein Netzwerk zu Verfügung gestellt. Eine Cloud Platform besteht typischerweise aus einer Anzahl an Maschinen die durch ein Hypervisor zu einer zentralen Maschine zusammen gefasst werden. Dieser kann isolierte Virtuelle Maschinen erstellen und ausführen und dient als Abstraktionsebene, unabhängig von der Hardware auf denen die VMs laufen.

Eine leichgewichtige Alternative zur Hypervisor-basierten Virtualisierung ist die containergestützte Virtualisierung. Diese im Vergleich zu anderen Virtualisierungslösungen eine andere Abstraktionsebene in Bezug auf Virtualisierung und

Isolation. Container implementieren die Isolierung auf OS Ebene und vermeiden so die Virtualisierung von Hardware und Treibern. Insbesondere teilen sich Container denselben Kernel mit dem zugrunde liegenden Hostcomputer. Dies macht Container sehr leichtgewichtig und flexibel im Gegensatz zu VM. Typischerweise führt ein Container genau ein Service aus, was eine schnelle Migration ermöglicht.

Im Blick auf *MEC* ermöglichen Container eine leichtgewichtige Virtualisierungslösung. So eignen sich die Container als eine portable Laufzeit Umgebung für MEC-Dienste. Einzelne Dienste können in Containern ausgeführt werden und sind so isoliert und können einfach verwaltet und gesteuert werden. Für die Umsetzung bietet sich die mittlerweile weitverbreitete Containerlösung Docker an. Hier stehen mit Kubernetes auch Orchestrierungs und Clustering Tools zur Verfügung [3]

3 Architekturen

3.1 MEC Framework - Referenz Architektur

3.2 Weitere Frameworks

4 Orchestrierung und Mobilität

4.1 MEC Service Orchestrierung

4.2 MEC Mobilität

4.3 MEC Deployment

5 Anwendungen

5.1 Internet of Things

5.2 Smart Factories

5.3 Autonomes Fahren

6 Ausblick

6.1 Angebote

Literatur

- [1] *How 5G NFV Will Enable the 5G Future*. URL: <https://www.sdxcentral.com/5g/definitions/5g-nfv/> (besucht am 21.10.2020).
- [2] Greg LaBrie. *Top 5 Benefits of Edge Computing*. URL: <https://blog.wei.com/top-5-benefits-of-edge-computing> (besucht am 13.10.2020).
- [3] Roberto Morabito u. a. “Consolidate IoT Edge Computing with Lightweight Virtualization”. In: *IEEE Network* 32.1 (Jan. 2018), S. 102–111. ISSN: 0890-8044, 1558-156X. DOI: 10.1109/MNET.2018.1700175. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8270640/> (besucht am 21.10.2020).
- [4] *Software-Defined Networking (SDN) Definition*. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/software-defined-networking/overview.html> (besucht am 21.10.2020).