

**Inhalt**

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	5
1    Literatur	15



---

**Abbildungsverzeichnis**



## Tabellenverzeichnis

- Netzwerkaufbau
  - Edge Computing (zentrale Verwaltung)
  - Fog Computing (lokale Fahrzeuge schließen sich zu Rechenknoten zusammen)
  - “a horizontal system-level architecture that distributes computing, storage, and networking functions closer to the user along a cloud-to-thing continuum”  
OpenFog Consortium (Group, O.C.A.W., et al.: Openfog reference architecture for fog computing. OPFRA001 20817, 162 (2017))
  - Mist Computing
- Kommunikation
  - Zertifikate (Public/Private Key)
  - identitätsverschlüsselung
  - Belohnung für bereitgestellte Rechenleistung
- Ressourcenverteilung
  - Bestimmung der verfügbaren Rechenleistung
  - Optimierungsalgorithmen
  - Stackelberg Model
- Publish Subscribe
  - 
  - Optimierungsalgorithmen
  - Stackelberg Model
- Softwarearchitektur in Fahrzeugen
  - RTOS
  - Middle Layer (ROS, keine automotive alternative stand 2019)
  - Cloud

- Stand der Technik

- Cloud Computing

- \* IT resourcen werden flexibel nach Bedarf zur Verfügung bereitgestellt
    - \* Realisiert durch Rechenzentren, Kunden können Ressourcen mieten anstatt eigene Server betreiben
    - \* Ressourcen sind von verschiedenen Endgeräten erreichbar [SUN20]
    - \* Cloud kann öffentlich oder privat sein, privat für sensible Daten [IBR21]

- Internet of Things (IoT)

- \* Internet of Things (Internet der Dinge) bezeichnet eindeutig identifizierbare Objekte und deren virtuelle repräsentation in interent-ähnliche Strukturen[JIE13]
    - \* IoT findet mittlerweile in fast allen Bereichen Anwendung
    - \* Industrie: Produktionsanlagen, die durch vernetzte Systeme flexibel angepasst werden können (Beispiel: Produktvarianten)
    - \* Smart Home: Sensoren und Aktoren im Haus vernetzen [WOR15]

- Edge Computing

- \* Daten entstehen in Endgeräten, Applikationen, die die Daten verarbeiten sind zunehmend ebenfalls in Endgeräten
    - \* Beispiel Flugzeuge oder autonome Fahrzeuge, generieren Daten in Größe von mehreren Gb pro Sekunde [LIU19a]
    - \* Traditionell werden Daten in der Cloud ausgewertet und wieder an den Benutzer zur Verfügung gestellt, diese ist aber mit zusätzlichem Ressourcenaufwand verbunden wegen lange Übertragungsstrecken. [PÉR22]
    - \* Übertragung und Verarbeitung in der Cloud langsam/unmöglich wegen Bandbreite und Latenz
    - \* Edge Computing ist das Konzept, dass anstatt zentrale Cloud Server, Daten zunehmend auf Endgeräten verarbeitet werden [SHI16]
    - \* Edge bezeichnet Geräte zwischen Datenquellen und cloud server

- \* “a form of distributed computing in which processing and storage takes place on a set of networked machines which are near the edge, where the nearness is defined by the system’s requirements” (ISO/IEC: Tr 30164:2020 - internet of things (iot) -edge computing. Tech. rep., ISO/IEC (2020))
- \* Motivation: Latenzreduzierung, unbenutzte Ressourcen verwenden
- \* Anwendungsfälle:
  - Cloud Berechnungen auslagern
  - Smart Home, Daten lokal auswerten statt alles in die Cloud laden
  - Smart City
- Fog Computing
  - \* Fog Computing: Eine Form von Edge Computing, zusätzliche Schicht zwischen Endgeräte und Cloud
  - \* Edge Geräte kommunizieren mit Fog nodes, die wiederum für die Kommunikation zwischen Edge und Cloud zuständig sind
  - \* Fog nodes übernehmen Datenverarbeitung lokal, für nur Lokal benötigte Daten, Leiten nur relevante Daten an Cloud weiter
  - \* Fog nodes können PC-s, raspberry PI-s, nano-server, micro-datenzentren sein. [MAH20b]
  - \* Beispiele:
    - Iot for All
    - FogFlow
- Mist Computing
  - \* Datenverarbeitung direkt im Sensor.
  - \* Erlaubt z.b. einfache Monitoringfunktionen direkt im Sensor
  - \* Reduktion von benötigte Bandbreite und Rechenleistung in den übergeordneten Geräten
- Herausforderungen:
  - \* allgemeine Rechenaufgaben auf spezialisierte Hardware

- \* Erkennung von Edge nodes
- \* Effiziente Identifikation bei der großen und sich dynamisch ändernden Anzahl an Geräten
- \* Task Auslagerung und Verteilung
- \* Keine Beeinträchtigung der Funktionalität des Edge Gerätes (z.B. Überlastung)
- \* Sicherheit
- Anwendungsfälle für Fahrzeuge:
  - \* Unbenutzte Rechenleistung von Hardware nutzen, autonome Fahrzeuge haben leistungsfähige Steuergeräte
  - \* Auslagerung von Rechenaufgaben auf Fahrzeuge in der Umgebung mit freier Rechenkapazitäten
  - \* Ausnutzung von Rechenleistung parkende Fahrzeuge
  - \* Möglichkeit, die unbenutzte Rechenleistung zu Vermieten (wie cloud service)
- Publish/Subscribe Kommunikation:
  - \* Modell für Nachrichtenbasierte Kommunikation [MAD18]
  - \* Ereignisbasierte Kommunikation
  - \* Teilnehmer kommunizieren indem sie Nachrichten mit bestimmten Themen veröffentlichen (Publisher), Empfänger können Themen abonnieren (Subscriber) und bekommen nur die abonnierte Nachrichten
  - \* Kommunikation ist anonym
  - \* Komponenten: Publisher, Broker, Subscriber
  - \* Broker stellt Verbindungen zwischen Publisher und Subscriber her
  - \* Broker speichert die Subscriptions (Abos)
  - \* Weit verbreitete Implementierung: MQTT
  - \* RTPS:
    - Real Time Publish Subscribe



- Kommunikation erfolgt ebenfalls über Themen
- Kein Broker, Teilnehmeridentifizierung erfolgt zur Laufzeit dezentralisiert
- Quality of Service parameter: Reliable writer speichert Sequenznummer der Nachrichten und kann erneut versenden bei Übertragungsfehler, Best effort Writer hat diese Funktionalität nicht
- Heartbeat message: writer gibt die verfügbaren nachrichten ID-s and
- AckNack message: kommunikation von empfangenen und nicht erhaltenen Nachrichten
- Konzept UNICARagil:
  - Modulare Systemarchitektur in allen Domänen
  - Fahrzeuge können flexibel auf verschiedene Anwendungen angepasst werden: Taxi, Privatfahrzeug, Shuttle, Cargo
  - gemeinsamer mechanischer Plattform
  - Sensoren und Aktoren mit definierte Schnittstellen
  - Alle Fahrzeuge vernetzt: untereinander, zur Cloud, Infobiene, Benutzer
- Motivation:
  - Zunehmende digitalisierung in Arbeits- und Privatumfeld
  - Cloud Dienste bereits sehr verbreitet
  - steigende Zahl an vernetzte Endgeräte
  - Daten entstehen an Endgeräten, verarbeitete Daten werden ebenfalls an Endgeräten benötigt
  - Cloud basierte ansätze erfordern immer höhere Bandbreite und zentralisierte Rechenleistung
  - Endgeräte haben immer höhere Rechenleistung, die oft unbenutzt bleibt
  - So auch in Fahrzeugen, die wegen autonome Fahrfunktionen deutlich mehr rechenleistung bekommen
  - Ungenutzte Rechenleistung kann für externe Anwendungen zur verfügung gestellt werden

- Dezentralisierte Rechenleistung verringert physikalische Distanz zwischen Entstehung und Verarbeitung der Daten
- Einsparung an Bandbreite und zusätzliche Server Rechenleistung
- Konzept: [MAH20b]
  - Applikation Architektur:
    - \* monolithische Architektur
      - Applikation beinhaltet alle operationen
      - die gleiche Applikation kann mehrfach ausgeführt werden für parallele berechnungen
    - \* Verteilt:
      - Modulbasiert:
      - Applikation auf Module aufgeteilt, abhängig voneinander
      - Bedienen Daten von einer Quelle
      - partitionierung von Applikationen [ASH22]
      - Micro-Services:
        - Applikation setzt sich aus unabhängigen Prozessen zusammen
        - Ein Microservice erfüllt nur eine Aufgabe
  - Applikation Platzierung: [MAH20b]
    - \* Bestimmung verfügbare Rechenressourcen:
      - Profilierung: Applikation wird auf jedem Node ausgeführt, Rechenleistung wird aus Ausführungszeit bestimmt
      - Prädiktiv: Rechenleistung wird aus vergangenen Berechnungen ermittelt
      - Nach Bedarf: Je nach Erwartungen der Benutzer und Anforderungen an die Ausführungszeit wird nach Profil oder Prädiktiv verteilt
    - \* Offloading Methoden:
      - Bottom-Up: Edge Geräte verlagern Applikationen in die Node Server

- Top-Down: Applikationen aus der Cloud oder Fog Node werden in Edge Geräte ausgelagert
- Hybrid: Top-Down, Bottom-Up, Edge geräte können Applikationen direkt untereinander austauschen
- \* Ressourcenorientierung -Netzwerkstruktur
  - Hierarchie: Fog node server sind in Hierarchieebenen eingeteilt. Anzahl der Nodes auf einer Ebene nimmt nach unten hin zu.
  - Cluster: Fog nodes sind alle untereinander verbunden. Edge geräte werden in jeweilige Cluster gruppiert. Bessere horizontale Skalierung als bei Hierarchie.
  - Client-Server: Einige Fog Nodes funktionieren als Server, die anderen als client. Client nodes leiten ihre daten an den server weiter.
  - Master-Slave: Master node verteilt daten an slave nodes. Verwaltet die slave nodes. Master node kommuniziert die Ergebnisse.
- \* Mapping:
  - Prioritätsbasiert: Priorisiert app platzierung auf bestimmte fog nodes, meistens heuristische methoden (best fit, first fit).
  - Optimierung: Kostenfunktion für die optimale Aufteilung erstellen und optimieren
  - multi-objective trade-off: nach mehreren Anforderungen gleichzeitig optimieren wie Energieverbrauch, verfügbarkeit, kosten
- \* Platzierung
  - Statisch: Applikation wird einmal für jede Applikation platziert
  - dynamischen: Mehrere Instanzen einer Applikation können ausgeführt werden oder Applikation wird nur für eine Berechnung ausgeführt
  - Ereignisbasiert: Applikation wird zur Laufzeit umgezogen
- \* Ausführungsumgebung:
  - Bare metal
  - Virtuelle machine

- container: [COS22]
- weniger overhead als virtuelle maschine
- verschiedene runtimes bereits verfügbar: Docker
- Orchestrierungsmöglichkeiten verfügbar: Kubernetes, Docker Swarm, Nomad, Marathon, Mesos
- Kontainerorchestrator ermöglicht Lebenszyklus, Skalierung, selbsthailung, migrierung,
- Keine Unterscheidung bei Gerätetypen
- Keine Unterscheidung bei Geolocation
- \* Platzierungskriterien:
  - Quality of Service
  - Service level Agreement
  - Zeit und deadline
  - Profit
  - User-erfahrung
  - Kosten
  - externe Vorgaben
  - Energie
  - verfügbarkeit
  - Mobilität
- Applikationsverwaltung: [MAH20b]
  - \* Fog Netzwerkverwaltung: [COS22]
    - zentralisiert: fog orchestrator an zentraler Stelle. Hat gesamtüberblick über das Netzwerk
    - dezentralisiert:
    - Verteilt:
  - \* Safety:

- Datenintegrität
  - Verschlüsselung
  - Authentifizierung
- \* Leistungsüberwachung
  - Implikationbasiert:
  - Grenzwertbasiert:
- \* Finanzielle Unterstützung
  - Kompensation: Bei Serviceausfall werden benutzer kompensiert
  - Anreize: Verfügbare resourcen werden bei Bedarf zur verfügung gestellt, besitzer der Ressourcen werden vergütet
  - Reservierung: Verfügbare rechenleistung kann reserviert werden damit Verfügbarkeit garantiert wird
- \* resillienz:
  - Backup-Restore
  - Verfielfachung
  - Operator Migration
- Security: [MAH20b]
  - Container:
    - \* Abstraktionsebene zwischen Prozesse und OS
    - \* Packt die Prozesse und deren Abhängigkeiten zusammen so dass sie einfach auf andere Systeme portiert werden können
    - \* definiert schnittstelle
    - \* Läuft als Teil des Betriebssystems
    - \* Software kann auch "bare metalöder in hypervisor virtuelle machine ausgeführt werden
  - Hypervisor:
    - \* Virtuelle Machine manager

- \* Jede Anwendung läuft im eigenen virtuellen OS (guest)
- \* Anwendung hat ggf. keine Information darüber dass es in virtuellen Umgebung läuft
- \* jede Anwendung läuft getrennt in eigenem Runtime Umgebung
- \* t
- Anforderungen:
  - Verfügbare Rechenleistung für externe Kunden zugänglich machen
  - Kommunikationsmöglichkeit bieten, auch für parallele Berechnungen
  - Ressourcenmanagement
  - Netzwerküberwachung
  - Quality of Service sicherstellen
  - Lebenszyklus verwalten
  - Sicherheitsmaßnahmen vorsehen
  - Buchhaltung über Angefragte und gelieferte Rechenleistung
- Netzwerkstruktur:
  - Autotechagil Struktur gegeben: Cloud: Leitwarte, Edge device: Fahrzeuge, Infobiene
  - Zentraler Struktur bietet sich an: Leitwarte auch Fog Orchestrator
  -

## 1 Literatur

- [ASH22] ASHRAF , M., SHIRAZ , M., ABBASI , A., ALBAHLI , S.  
„Distributed application execution in fog computing: A taxonomy, challenges and future directions“ en  
In: *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 34.7 (Juli 2022), S. 3887–3909  
ISSN: 1319-1578  
DOI: 10.1016/j.jksuci.2022.05.002  
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157822001513> (besucht am 11.01.2023)
- [CHE18] CHENG , B., SOLMAZ , G., CIRILLO , F., KOVACS , E., TERASAWA , K., KITAZAWA , A.  
„FogFlow: Easy Programming of IoT Services Over Cloud and Edges for Smart Cities“  
In: *IEEE Internet of Things Journal* 5.2 (Apr. 2018), S. 696–707  
ISSN: 2327-4662  
DOI: 10.1109/JIOT.2017.2747214
- [CHU16] CHUN , S., SHIN , S., SEO , S., EOM , S., JUNG , J., LEE , K.-H.  
„A Pub/Sub-Based Fog Computing Architecture for Internet-of-Vehicles“  
In: *2016 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*  
ISSN: 2330-2186  
Dez. 2016,  
S. 90–93  
DOI: 10.1109/CloudCom.2016.0029
- [COS22] COSTA , B., BACHIEGA , J., CARVALHO , L. R., ARAUJO , A. P. F.  
„Orchestration in Fog Computing: A Comprehensive Survey“  
In: *ACM Computing Surveys* 55.2 (Jan. 2022), 29:1–29:34  
ISSN: 0360-0300  
DOI: 10.1145/3486221  
URL: <https://doi.org/10.1145/3486221> (besucht am 13.01.2023)
- [DOL04] DOLEJS , O., SMOLIK , P., HANZALEK , Z.  
„On the Ethernet use for real-time publish-subscribe based applications“  
In: *IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, 2004. Proceedings.*  
Sep. 2004,  
S. 39–44

- DOI: 10.1109/WFCS.2004.1377674
- [EVE99] EVENSKY , D. A., GENTILE , A. C., WYCKOFF , P., ARMSTRONG , R. C.  
 „The Lilith Framework for the Rapid Development of Secure Scalable Tools  
 for Distributed Computing“ en  
 In: *Distributed Applications and Interoperable Systems II*  
 Hrsg. von L. Kutvonen, H. König und M. Tienari  
 IFIP — The International Federation for Information Processing  
 Springer US, Boston, MA, 1999,  
 S. 163–168  
 ISBN: 9780387355658  
 DOI: 10.1007/978-0-387-35565-8\_12
- [HOU16] HOU , X., LI , Y., CHEN , M., WU , D., JIN , D., CHEN , S.  
 „Vehicular Fog Computing: A Viewpoint of Vehicles as the Infrastructures“  
 In: *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 65.6 (Juni 2016), S. 3860–  
 3873  
 ISSN: 1939-9359  
 DOI: 10.1109/TVT.2016.2532863
- [HOU17] HOU , L., LEI , L., ZHENG , K.  
 „Design on Publish/Subscribe Message Dissemination for Vehicular Net-  
 works with Mobile Edge Computing“  
 In: *2017 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*  
 Dez. 2017,  
 S. 1–6  
 DOI: 10.1109/GLOCOMW.2017.8269200
- [HUA18] HUANG , X., YU , R., LIU , J., SHU , L.  
 „Parked Vehicle Edge Computing: Exploiting Opportunistic Resources for  
 Distributed Mobile Applications“  
 In: *IEEE Access* 6 (2018), S. 66649–66663  
 ISSN: 2169-3536  
 DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2879578
- [HUA20] HUANG , X., YE , D., YU , R., SHU , L.  
 „Securing parked vehicle assisted fog computing with blockchain and optimal  
 smart contract design“  
 In: *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica* 7.2 (März 2020), S. 426–441  
 ISSN: 2329-9274  
 DOI: 10.1109/JAS.2020.1003039
- [IBR21] IBRAHIM , I. M., AL , E.



- „Task Scheduling Algorithms in Cloud Computing: A Review“ en  
In: *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*  
12.4 (Apr. 2021), S. 1041–1053  
ISSN: 1309-4653  
DOI: 10.17762/turcomat.v12i4.612  
URL: <https://turcomat.org/index.php/turkbilmat/article/view/612> (besucht am 24. 10. 2022)
- [JIE13] JIE , Y., PEI , J. Y., JUN , L., YUN , G., WEI , X.  
„Smart Home System Based on IOT Technologies“  
In: *2013 International Conference on Computational and Information Sciences*  
Juni 2013,  
S. 1789–1791  
DOI: 10.1109/ICCIS.2013.468
- [KAM19a] KAMPMANN , A., ALRIFAE , B., KOHOUT , M., WÜSTENBERG , A.,  
WOOPEN , T., NOLTE , M., ECKSTEIN , L., KOWALEWSKI , S.  
„A dynamic service-oriented software architecture for highly automated  
vehicles“  
In: *2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)*  
IEEE, 2019,  
S. 2101–2108
- [KAM19b] KAMPMANN , A., WÜSTENBERG , A., ALRIFAE , B., KOWALEWSKI , S.  
„A Portable Implementation of the Real-Time Publish-Subscribe Protocol for  
Microcontrollers in Distributed Robotic Applications“  
In: *2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)*  
Okt. 2019,  
S. 443–448  
DOI: 10.1109/ITSC.2019.8916835
- [KAM22] KAMPMANN , A., LÜER , M., KOWALEWSKI , S., ALRIFAE , B.  
„Optimization-based Resource Allocation for an Automotive Service-oriented  
Software Architecture“  
In: *2022 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*  
IEEE, 2022,  
S. 678–687
- [LAK22] LAKHAN , A., MEMON , M. S., MASTOI , Q.-A., ELHOSENY , M., MOHAM-  
MED , M. A., QABULIO , M., ABDEL-BASSET , M.

„Cost-efficient mobility offloading and task scheduling for microservices IoT applications in container-based fog cloud network“ en

In: *Cluster Computing* 25.3 (Juni 2022), S. 2061–2083

ISSN: 1573-7543

DOI: 10.1007/s10586-021-03333-0

URL: <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03333-0> (besucht am 10.01.2023)

- [LEW96] LEWIS , M., GRIMSHAW , A.  
„The core Legion object model“  
In: *Proceedings of 5th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing*  
ISSN: 1082-8907  
Aug. 1996,  
S. 551–561  
DOI: 10.1109/HPDC.1996.546226
- [LIU19a] LIU , S., LIU , L., TANG , J., YU , B., WANG , Y., SHI , W.  
„Edge Computing for Autonomous Driving: Opportunities and Challenges“  
In: *Proceedings of the IEEE* 107.8 (Aug. 2019), S. 1697–1716  
ISSN: 1558-2256  
DOI: 10.1109/JPROC.2019.2915983
- [LIU19b] LIU , Y., YU , H., XIE , S., ZHANG , Y.  
„Deep Reinforcement Learning for Offloading and Resource Allocation in Vehicle Edge Computing and Networks“  
In: *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 68.11 (Nov. 2019), S. 11158–11168  
ISSN: 1939-9359  
DOI: 10.1109/TVT.2019.2935450
- [LIU20] LIU , L., LU , S., ZHONG , R., WU , B., YAO , Y., ZHANG , Q., SHI , W.  
*Computing Systems for Autonomous Driving: State-of-the-Art and Challenges*  
Techn. Ber.  
arXiv:2009.14349 [cs] type: article  
arXiv, Dez. 2020  
URL: <http://arxiv.org/abs/2009.14349> (besucht am 19.10.2022)
- [MAD18] MADE WIRAWAN , I., DWI WAHYONO , I., IDFI , G., RADITYO KUSUMO , G.  
„IoT Communication System Using Publish-Subscribe“

In: *2018 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication*

Sep. 2018,

S. 61–65

DOI: 10.1109/ISEMANTIC.2018.8549814

[MAH20a] MAHARJAN , A. M. S., ELCHOUEMI , A.

„Smart Parking Utilizing IoT Embedding Fog Computing Based on Smart Parking Architecture“

In: *2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA)*

Nov. 2020,

S. 1–9

DOI: 10.1109/CITISIA50690.2020.9371848

[MAH20b] MAHMUD , R., RAMAMOHANARAO , K., BUYYA , R.

„Application Management in Fog Computing Environments: A Taxonomy, Review and Future Directions“

In: *ACM Computing Surveys* 53.4 (Juli 2020), 88:1–88:43

ISSN: 0360-0300

DOI: 10.1145/3403955

URL: <https://doi.org/10.1145/3403955> (besucht am 15. 12. 2022)

[MOK20] MOKHTARIAN , A., KAMPMANN , A., ALRIFAEI , B., KOWALEWSKI , S.

*The Dynamic Service-oriented Software Architecture for the UNICARagil Project* de

Techn. Ber.

Institute for Automotive Engineering, RWTH Aachen University ; Aachen :

Institute for Combustion Engines, RWTH Aachen University, 2020

DOI: 10.18154/RWTH-2020-11256

URL: <https://publications.rwth-aachen.de/record/807282> (besucht am 25. 10. 2022)

[MOK21] MOKHTARIAN , A., KAMPMANN , A., ALRIFAEI , B., LÜER , M., KOWALEWSKI , S.

*A Cloud Architecture for Networked and Autonomous Vehicles* de

Techn. Ber. 2

Elsevier, 2021,

S. 233

DOI: 10.1016/j.ifacol.2021.06.028

URL: <https://publications.rwth-aachen.de/record/828696> (besucht am 02. 11. 2022)

[PÉR22] PÉREZ , J., DÍAZ , J., BERROCAL , J., LÓPEZ-VIANA , R., GONZÁLEZ-PRIETO , Á.

„Edge computing“ en

In: *Computing* (Juli 2022)

ISSN: 1436-5057

DOI: 10.1007/s00607-022-01104-2

URL: <https://doi.org/10.1007/s00607-022-01104-2> (besucht am 11. 10. 2022)

[QIA09] QIAN , L., LUO , Z., DU , Y., GUO , L.

„Cloud Computing: An Overview“ en

In: *Cloud Computing*

Hrsg. von M. G. Jaatun, G. Zhao und C. Rong

Lecture Notes in Computer Science

Springer, Berlin, Heidelberg, 2009,

S. 626–631

ISBN: 9783642106651

DOI: 10.1007/978-3-642-10665-1\_63

[SAI21] SAITO , T., NAKAMURA , S., ENOKIDO , T., TAKIZAWA , M.

„A Topic-Based Publish/Subscribe System in a Fog Computing Model for the IoT“ en

In: *Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*

Hrsg. von L. Barolli, A. Poniszewska-Maranda und T. Enokido

Advances in Intelligent Systems and Computing

Springer International Publishing, Cham, 2021,

S. 12–21

ISBN: 9783030504540

DOI: 10.1007/978-3-030-50454-0\_2

[SHI16] SHI , W., CAO , J., ZHANG , Q., LI , Y., XU , L.

„Edge Computing: Vision and Challenges“

In: *IEEE Internet of Things Journal* 3.5 (Okt. 2016), S. 637–646

ISSN: 2327-4662

DOI: 10.1109/JIOT.2016.2579198

[SUN20] SUNYAEV , A.

„Cloud Computing“ en

In:

Hrsg. von A. Sunyaev

Springer International Publishing, Cham, 2020,

S. 195–236

ISBN: 9783030349578

DOI: 10.1007/978-3-030-34957-8\_7

URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-34957-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-34957-8_7) (besucht am 24.10.2022)

- [TUL19] TULI , S., MAHMUD , R., TULI , S., BUYYA , R.  
„FogBus: A Blockchain-based Lightweight Framework for Edge and Fog Computing“ en  
In: *Journal of Systems and Software* 154 (Aug. 2019), S. 22–36  
ISSN: 0164-1212  
DOI: 10.1016/j.jss.2019.04.050  
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121219300822> (besucht am 06.01.2023)
- [VAR16] VARGHESE , B., WANG , N., BARBHUIYA , S., KILPATRICK , P., NIKOLOPOULOS , D. S.  
„Challenges and Opportunities in Edge Computing“  
In: *2016 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud)*  
Nov. 2016,  
S. 20–26  
DOI: 10.1109/SmartCloud.2016.18
- [WOR15] WORTMANN , F., FLÜCHTER , K.  
„Internet of Things“ en  
In: *Business & Information Systems Engineering* 57.3 (Juni 2015), S. 221–224  
ISSN: 1867-0202  
DOI: 10.1007/s12599-015-0383-3  
URL: <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0383-3> (besucht am 26.10.2022)
- [WU21] WU , Y., WU , J., CHEN , L., ZHOU , G., YAN , J.  
„Fog Computing Model and Efficient Algorithms for Directional Vehicle Mobility in Vehicular Network“  
In: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 22.5 (Mai 2021), S. 2599–2614  
ISSN: 1558-0016  
DOI: 10.1109/TITS.2020.2971343

