
Edge computing

Şi

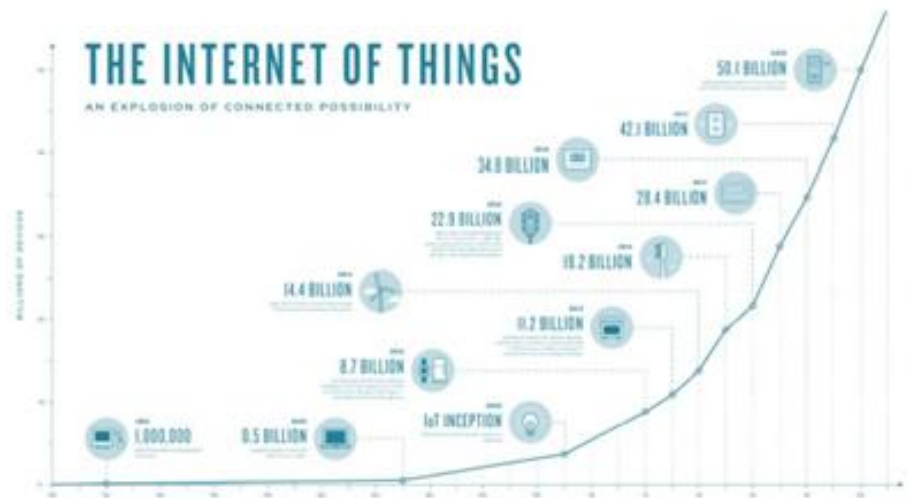
Fog computing

Trenduri

- O multime de dispozitive cu energie limitată (telefoane inteligente, tablete, dispozitive portabile) fac parte din viața de zi cu zi
- Cloud-ul este bazat pe un sistem centralizat care va deveni curând un sistem care nu mai poate suporta aceste dispozitive

In 2022:

- 9 miliarde de subscrieri pentru mobile
- 17 miliarde de dispozitive



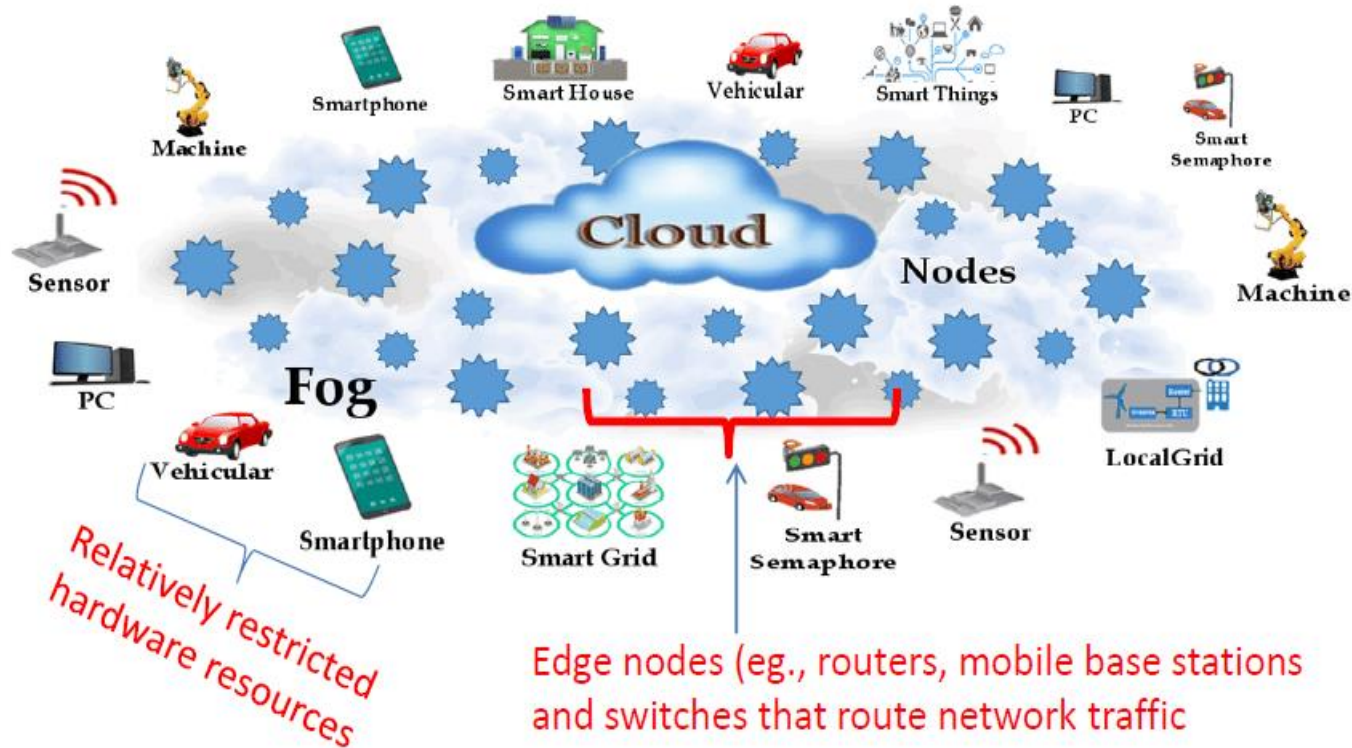
Context

- Apariția Internetului lucrurilor (IoT) a condus la dezvoltarea unei infrastructuri care se extinde dincolo de centrele de date centralizate
 - De la cloud la edge, *așa-numitul continuum cloud-to-thing*
- Prognozele sugerează că numărul de lucruri conectate va continua să explodeze în următorul deceniu:
 - 42 miliarde de obiecte generează 79.4 zettabytes de date
- Noile infrastructuri se caracterizează prin :
 - eterogenitate extremă,
 - distribuția geografică și
 - complexitate

Cerințe

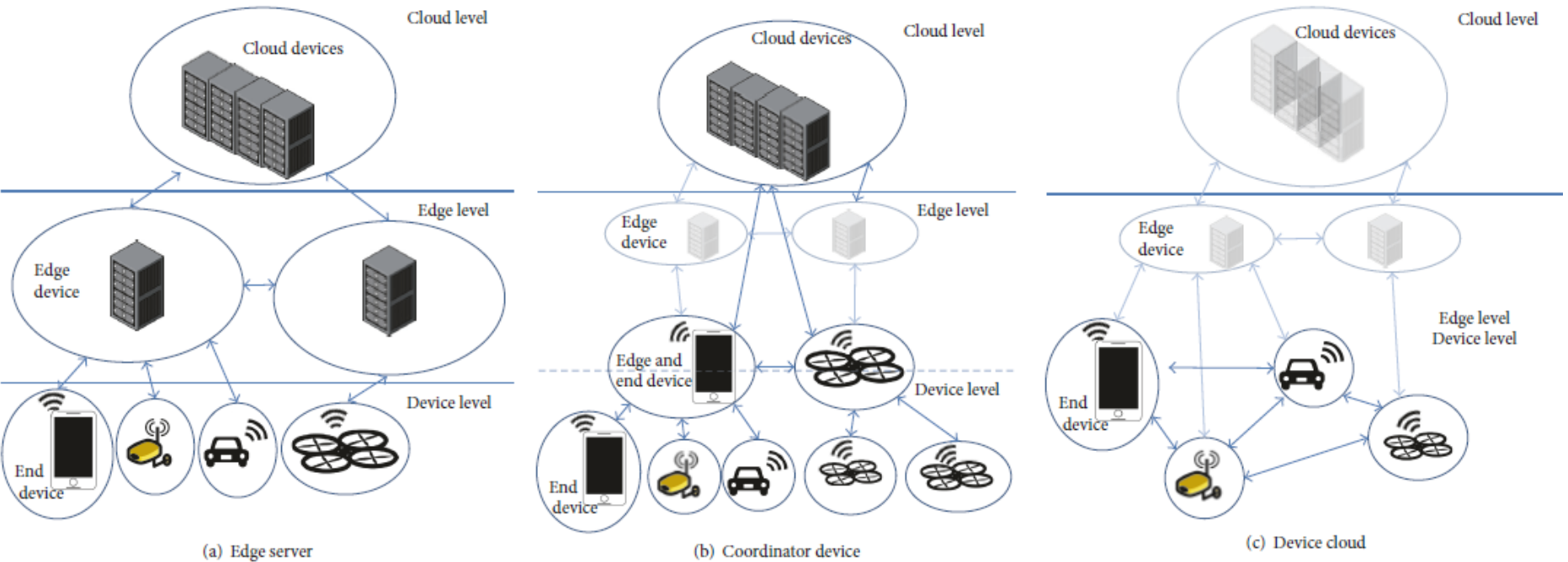
- **Servicii noi, aplicații și paradigme de comunicare bazate pe tehnologiile Internet**
 - Internetul obiectelor (IoT) - inclusiv industrie și agricultură, orașe inteligente, M2M, comunicații vehiculare, comunicații orientate către conținut/media, rețele sociale, aplicații de Big data etc.
 - “Internet of Everything” (IoE)
- **Cerințe:** latență/timp de răspuns scăzut, lățime de bandă mare, cunoaștere a locației și a contextului, reducerea cantității de date transferate în cloud și înapoi
- **Tehnologii de sprijin** (utilizate în modul cooperativ!)
 - *Cloud Computing (CC)*
 - *Edge Computing (EC)*
 - *Multi-access/Mobile Edge Computing (MEC)*
 - *Fog Computing (FC)*
 - *Cloudlets*

Cloud/Fog/Edge – un esemplu



Paola G. V. Naranjo, Zahra Pooranian, Shahaboddin Shamshirband, **Jemal H. Abawajy** and Mauro Conti, Fog over Virtualized IoT: New Opportunity for Context-Aware Networked Applications and a Case Study, *Appl. Sci.* **2017**, 7(12), 1325; doi:[10.3390/app7121325](https://doi.org/10.3390/app7121325)

Edge Computing: categorii arhitecturale



Exemple de descrieri simple a Edge Computing

- Constă în a avea noduri de rețea cu resurse de calcul și stocare în apropierea dispozitivelor (telefoane mobile, senzori) la marginea rețelei curente
 - Se referă la un set larg de tehnici concepute pentru a muta calcularea și stocarea din cloudul de la distanță (public sau privat) și mai aproape de sursa datelor
-

Terminology

- **End devices:** those objects located at the user end of the network which produce data or need cloud/edge resources
 - **Edge devices:** the devices that are connecting the end devices to the rest of the network, for example, home routers, gateways, access points, or base station
 - **Cloud devices:** physical components of the cloud
-

Cronologie

- 2012: Fog Computing (CISCO)
- 2013: Cloudlets (Carnegie Mellon University)
- 2014: Mobile Edge Computing - MEC (ETSI)
- 2015: Micro data center (Microsoft)
- 2015: Open Fog Consortium – standarde care permit interoperabilitatea
- 2016: Edge Computing Consortium
- 2017: Multi-access Edge Computing – MEC redefinit (ETSI)

Astăzi: cooperare între OFC, ETSI, ECC etc

Cloud, Edge și Fog

- **Cloud Computing (CC)**
- **Edge computing (EC) –**
 - O parte din capacitățile și operațiunile CC sunt descărcate de la Centrul de date CC (CCDC) centralizat în rețea, dispozitive de margine și/sau terminale
 - *Definiție generică: oferă stocare în funcție de context și calcul distribuit la marginea rețelei*
- **Fog computing (FC)**
 - *Definiție inițială* (Bonomi, CISCO): „platformă foarte virtualizată care oferă servicii de calcul, stocare și rețea între dispozitivele finale și CCDC tradițional, în mod obișnuit, dar nu exclusiv, situată la marginea rețelei” [complementar la CC, nu înlocuiește]
 - Extensie: continuu de dispozitive de la CCDC până la marginea rețelelor, pentru gestionarea și controlul securizat al HW/SW specifice domeniului și al funcțiilor standard de calcul, stocare și rețea în cadrul domeniului
 - Nodurile FC sunt de obicei situate departe de centrele principale de date din cloud

MEC și Cloudlet

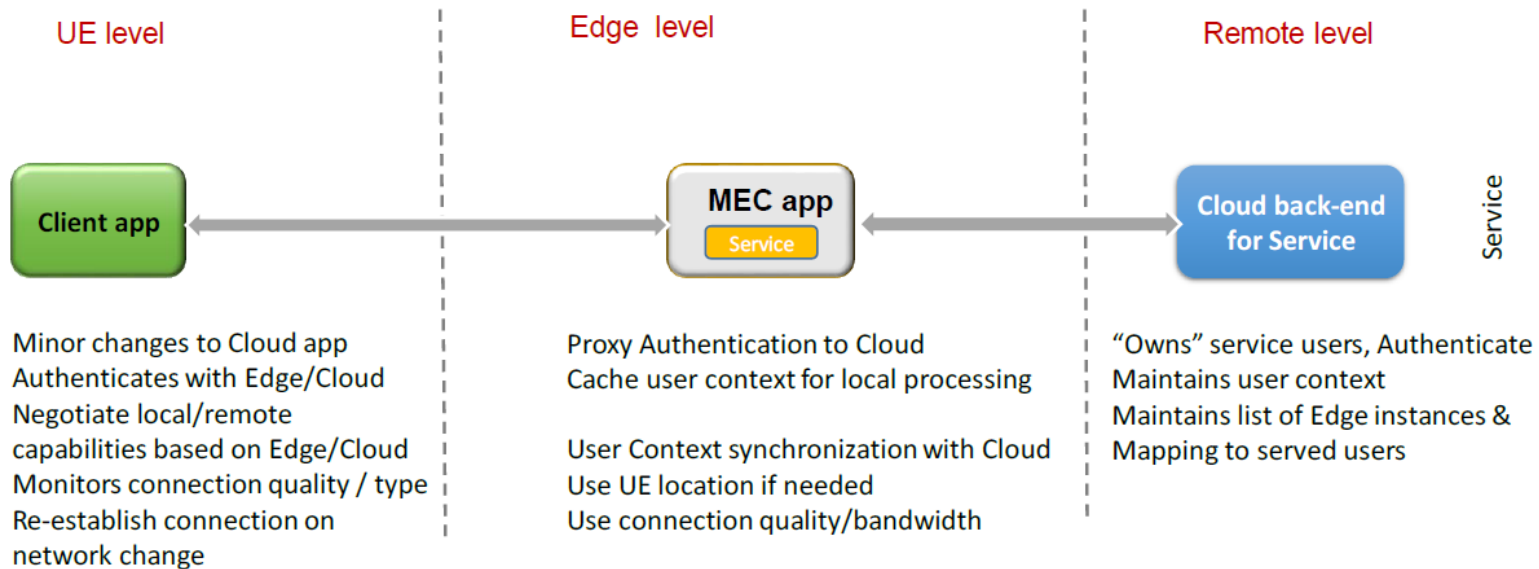
■ **Mobile Edge Computing (MEC):**

- Platformă CC din cadrul rețelei de acces radio (RAN) aproape de abonații de telefonie mobilă pentru a servi aplicații sensibile la întârziere și conștient de context
- Multi-access Edge Computing - multi-access...ca să includă actori non-celulari

■ **Cloudlet:**

- Un cloudlet este nivelul de mijloc din ierarhia cu 3-nivele: 'mobile device – cloudlet – cloud'
- Cloudlet ~ „centru de date într-o cutie” al cărui scop este să „apropie cloud-ul”
- Cloudlet-urile sunt *micro centre de date* cu mobilitate îmbunătățită, situate la marginea unei rețele și deservește porțiunea rețelei cu dispozitive mobile sau inteligente.
- concepute pentru a gestiona aplicațiile mobile care necesită mult resurse și ia sarcina atât de la rețea, cât și de la CCDC, continuând calculul aproape de punctul de origine a informațiilor

Exemplu de împărțire a unei aplicații în 3 componente în viziunea MEC



Diferite puncte de vedere asupra relațiilor!

- OpenFogConsortium
 - NIST
 - ETSI
 - Industrie
 - ...
-

Punctul de vedere al OpenFogConsortium

■ **EC:**

- referit și ca Mesh Computing,
- plasează aplicațiile, datele și procesarea la extremele logice ale unei rețele

■ **FC:**

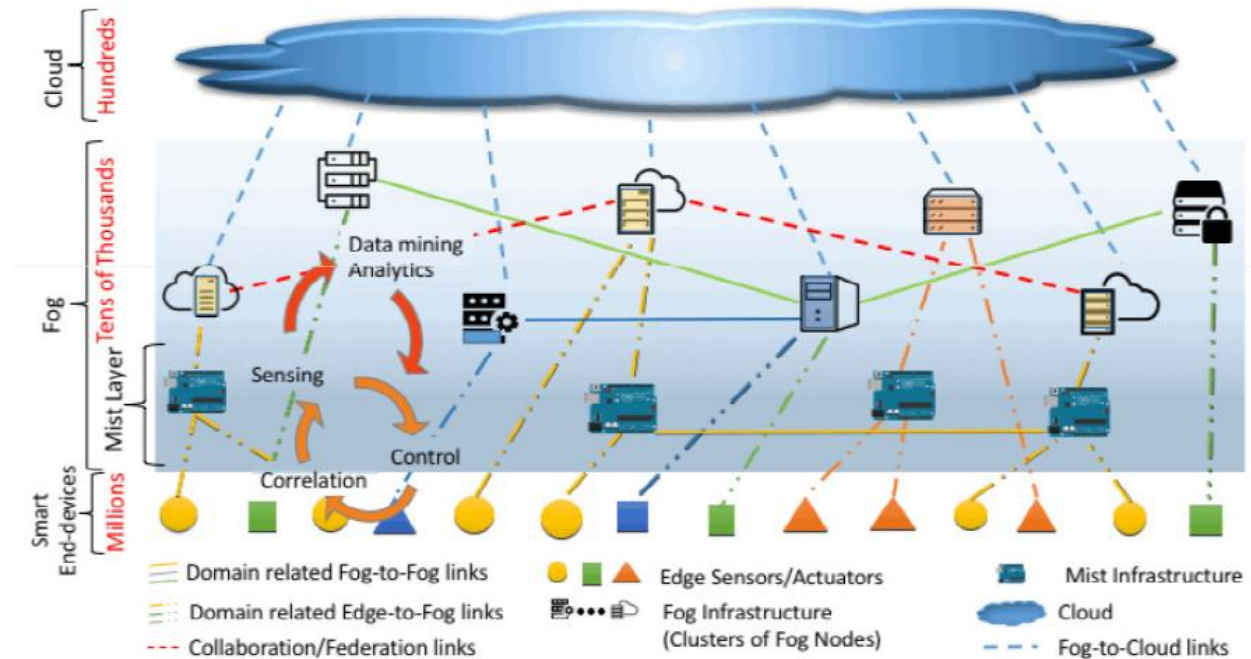
- Un arhitectură orizontală, la nivel de sistem, care distribuie funcțiile de calcul, stocare, control și rețea mai aproape de utilizatori de-a lungul unui continuum cloud-to-thing
- FC - extinde modelul tradițional CC; implementările arhitecturii pot locui în mai multe straturi ale topologiei unei rețele
- beneficiile CC sunt extinse la FC (containerizare, virtualizare, orchestrare, manevrabilitate și eficiență)
- FC poate coopera cu CC

■ **Diferențe:**

- FC funcționează cu cloud, în timp ce EC este definit prin excluderea cloud-ului.
- FC este ierarhic, unde marginea tinde să fie limitată la un număr mic de straturi
- Pe lângă calcul, FC se adresează și rețelelor, stocării, controlului și accelerației.

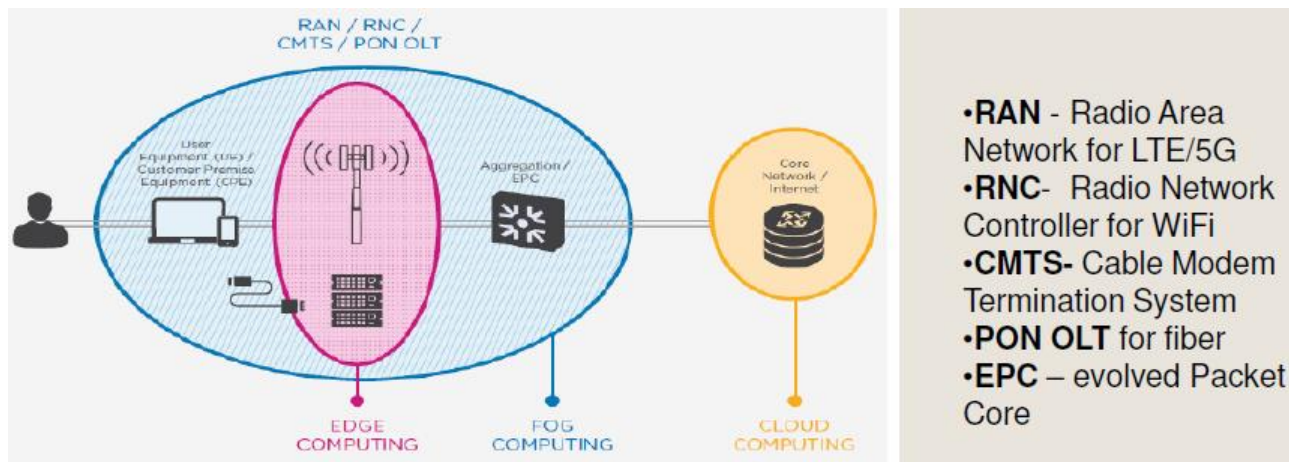
Punctul de vedere al NIST

- **FC** : Paradigma de resurse fizice sau virtuale care se află între dispozitivele finale inteligente și centrele tradiționale de cloud sau de date.
- **FC** acceptă aplicații izolate vertical, sensibile la latență, oferind conectivitate de calcul, stocare și rețea omniprezente, scalabile, stratificate, federate și distribuite

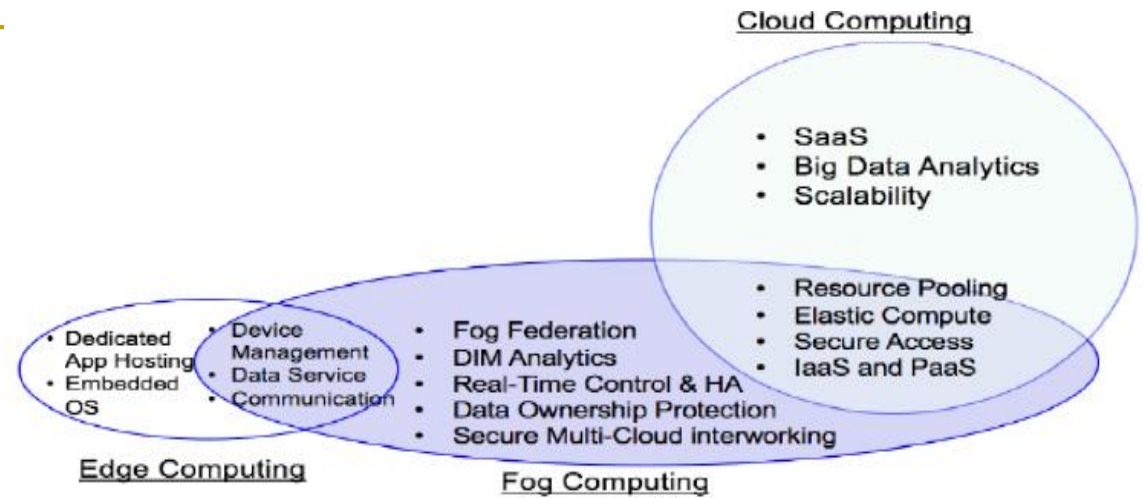


Punctul de vedere al ETSI

- Serverele MEC - sunt de obicei găzduite în punctele de acces, *la un hop distanță de utilizator.*
- Fog computing este văzut aici ca un superset de edge computing
- FC - incluzând în esență *tot ceea ce nu este un nor central*



Punct de vedere al industriei



Fog vs Edge Computing, <https://www.nebbiolo.tech/wp-content/uploads/whitepaper-fog-vs-edge>

INDUSTRIAL IoT DATA PROCESSING LAYER STACK

CLOUD LAYER

Big Data Processing
Business Logic
Data Warehousing

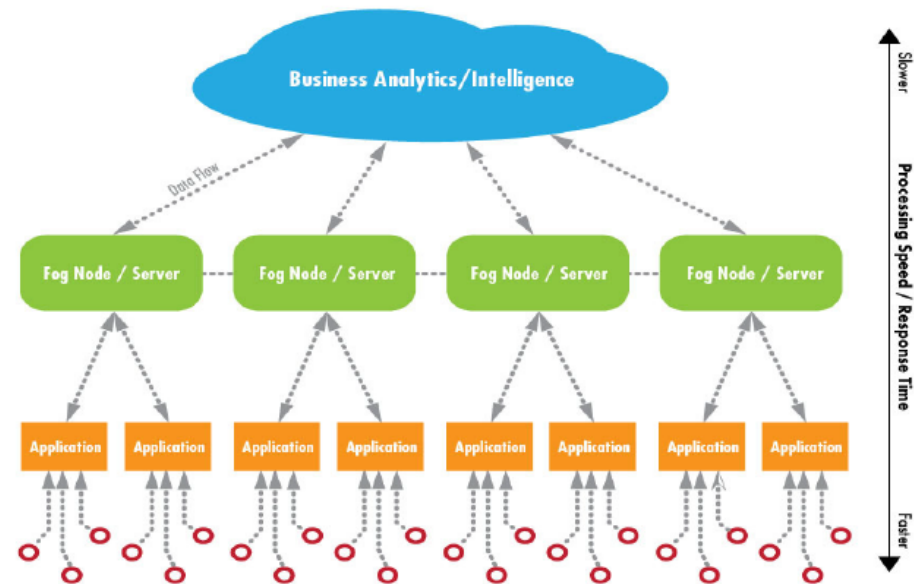
FOG LAYER

Local Network
Data Analysis & Reduction
Control Response
Virtualization/Standardization

EDGE LAYER

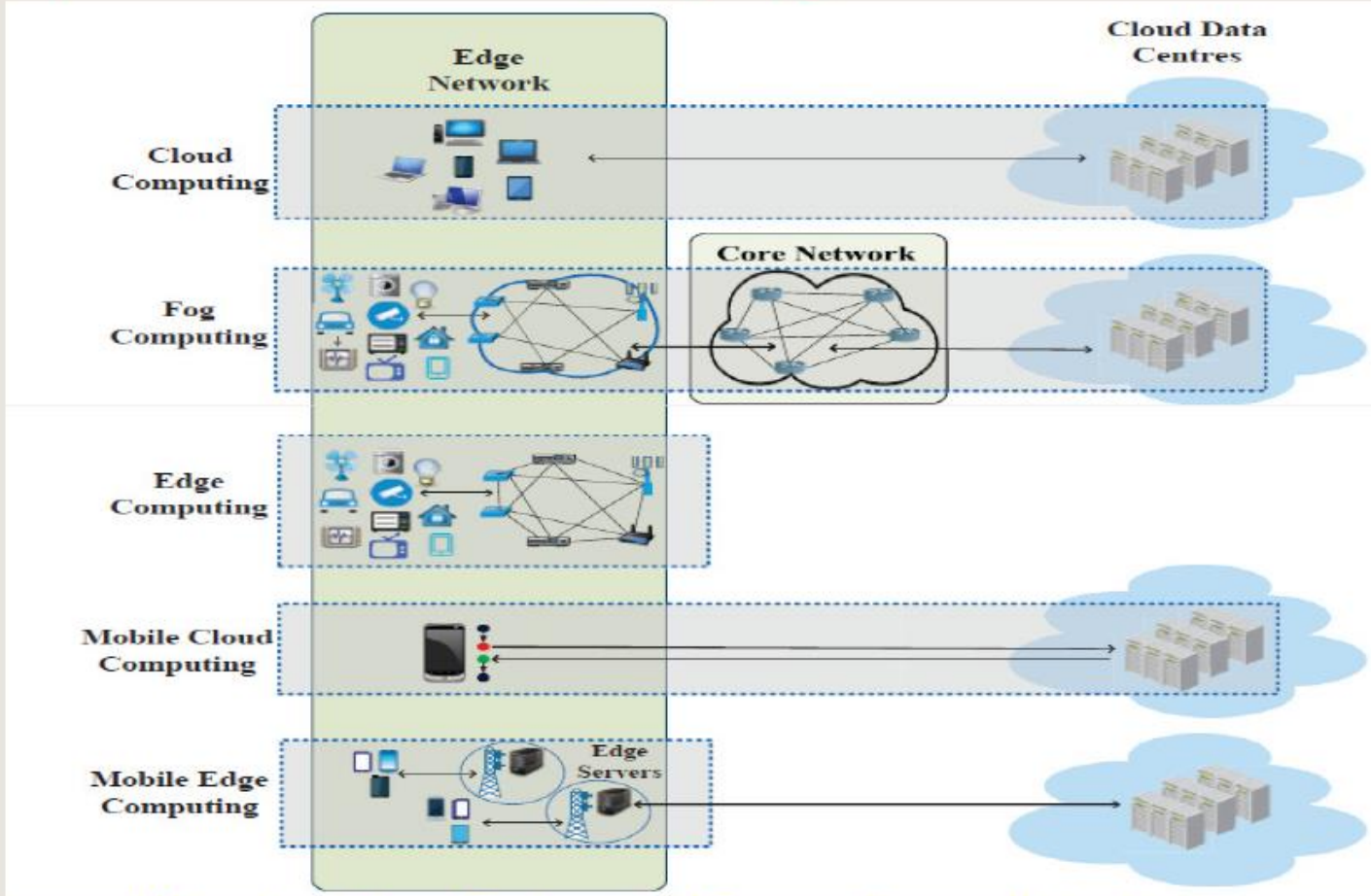
Large Volume Real-time Data Processing
At Source/On Premises Data Visualization
Industrial PCs
Embedded Systems
Gateways
Micro Data Storage

Sensors & Controllers (data origination)



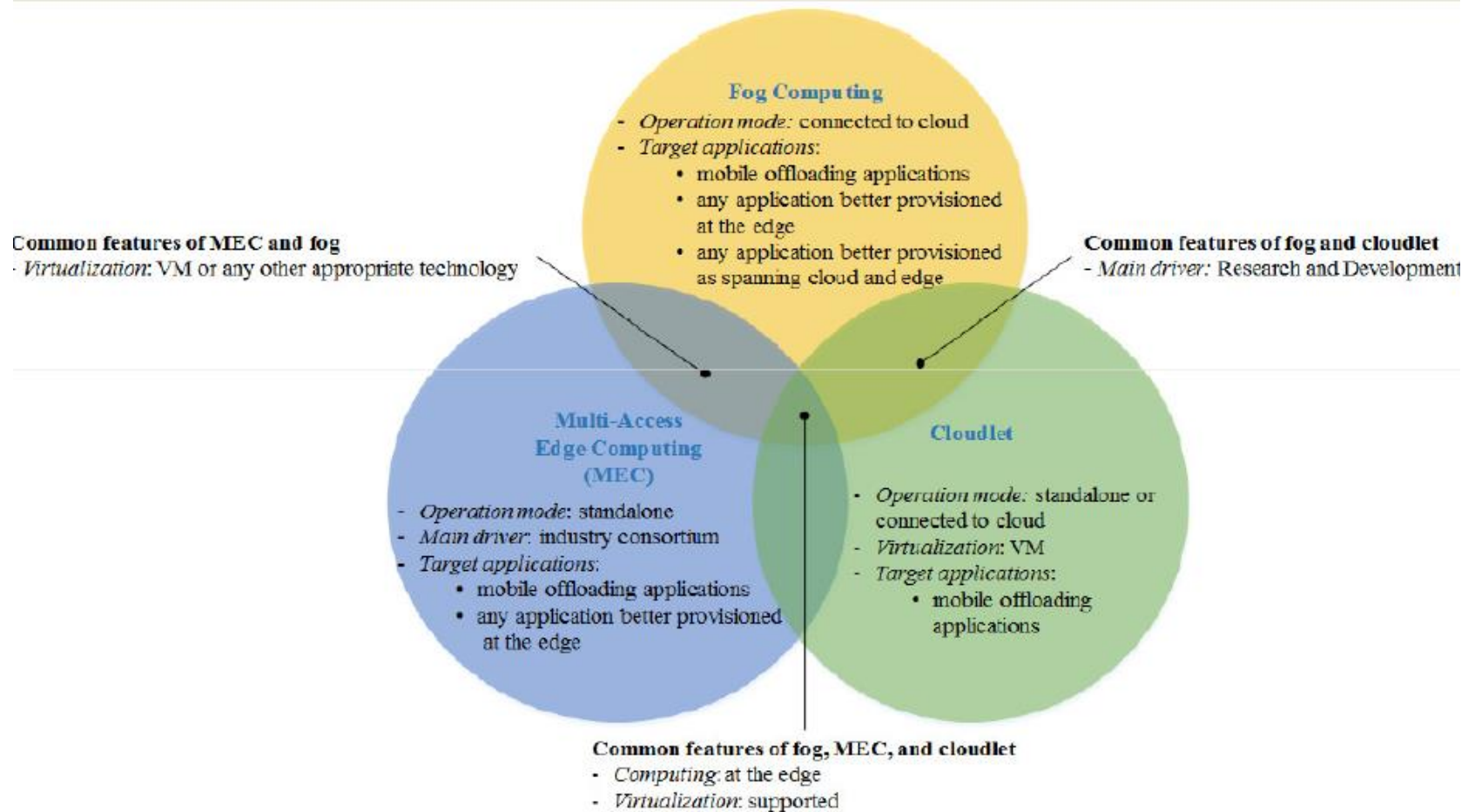
<https://www.winsvstems.com/cloud-fog-and-edge-computing-whats-the-difference/>

Compromis



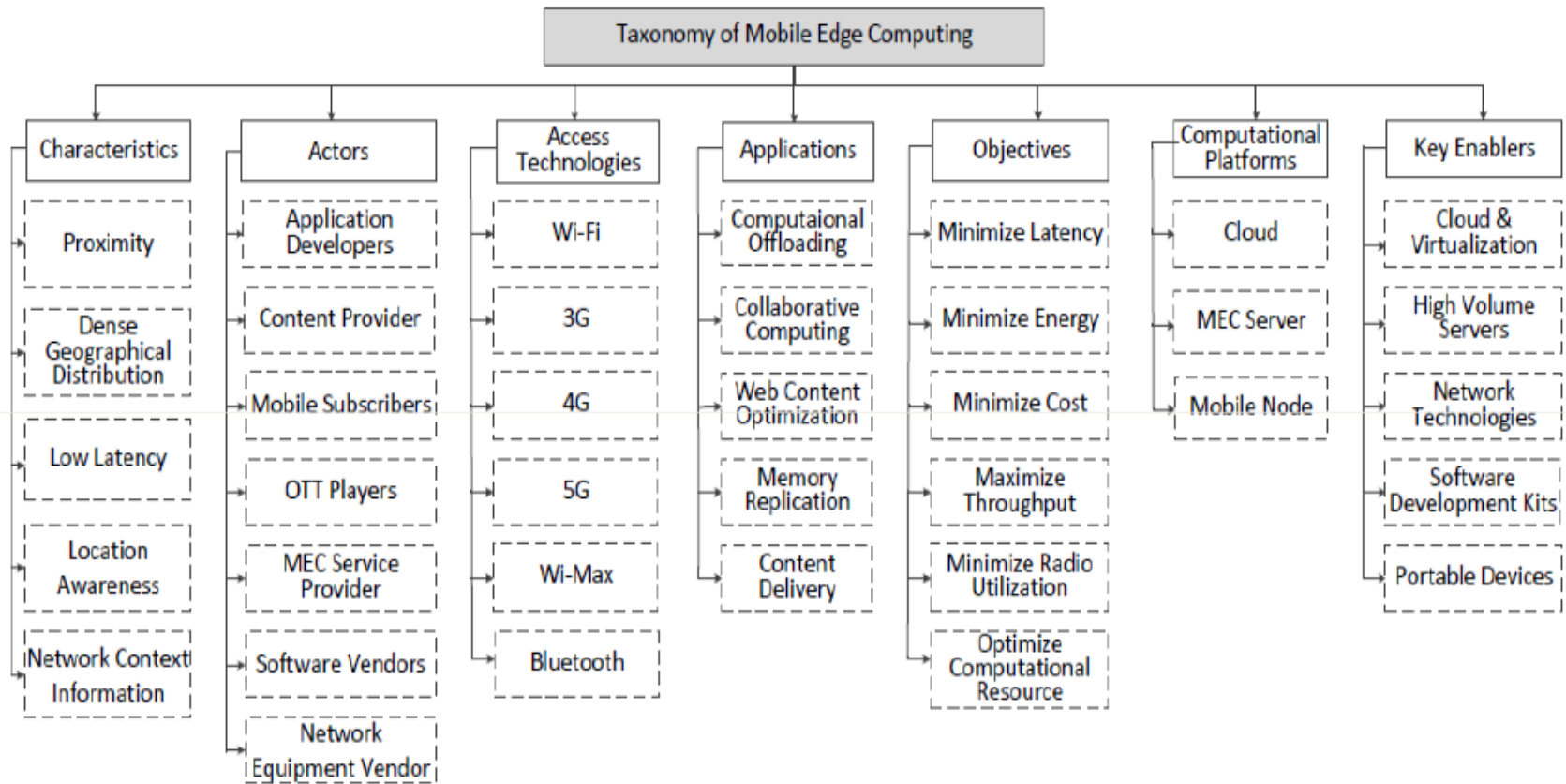
Source: R.Mahmud and R.Buyya, *Fog Computing: A Taxonomy, Survey and Future Directions*, arXiv:1611.05539v3 [cs.DC] 24 Nov 2016

FC vs MEC vs Cloudlet



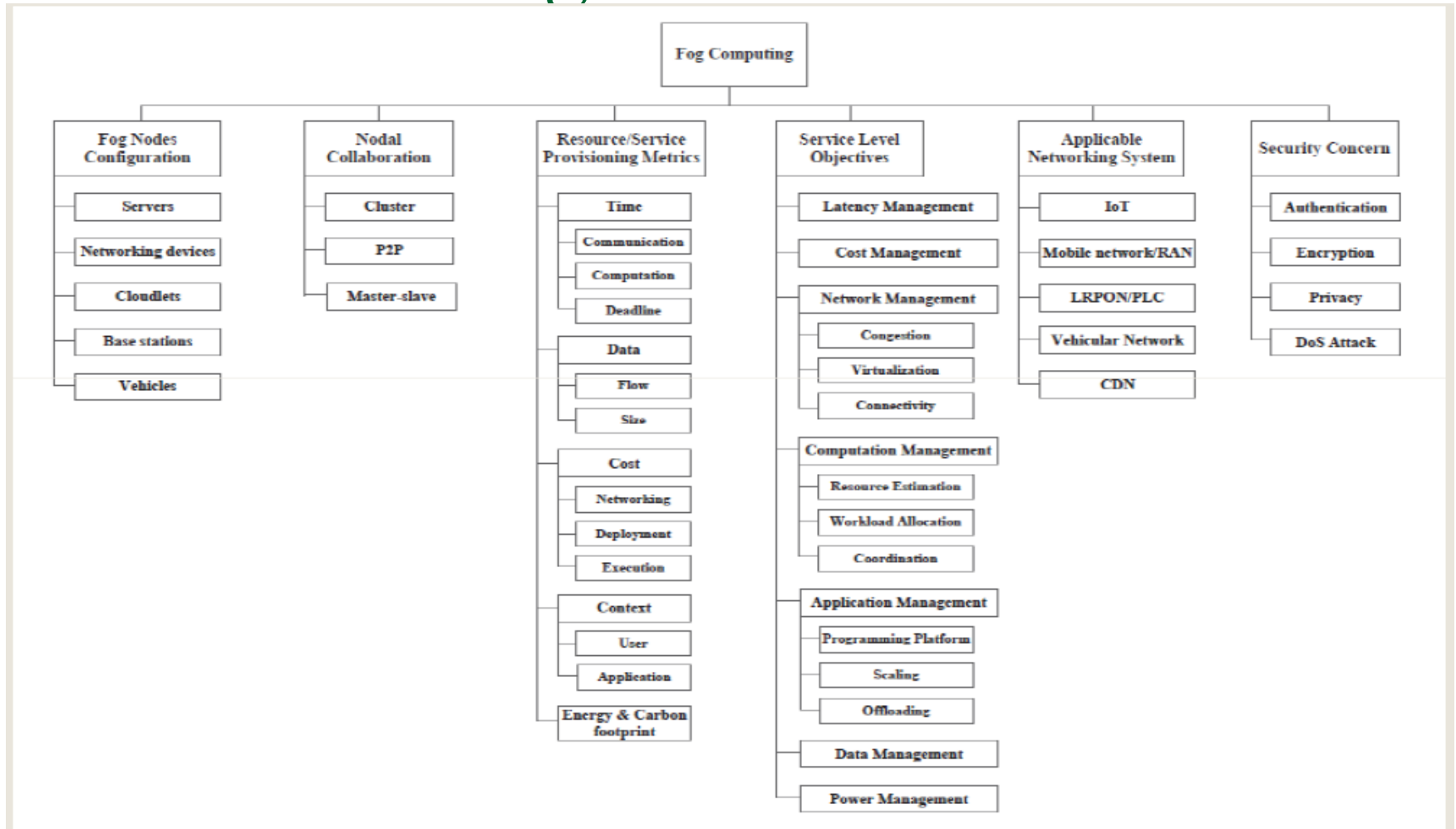
Source: C. Mouradian, et al., A Comprehensive Survey on Fog Computing: State-of-the-art and Research Challenges, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017

Taxonomia MECului



Source: A. Ahmed, E. Ahmed, "A Survey on Mobile Edge Computing"
IEEE, Int'l Conf. on Intelligent System and Control ISCO 2016
<https://www.researchgate.net/publication/285765997>

Taxonomia Fog-ului



Source : Redowan Mahmud and Rajkumar Buyya, *Fog Computing: A Taxonomy, Survey and Future Directions*. arXiv:1611.05539v3 [cs.DC] 24 Nov 2016

Aplicatii ale Edge computing (ETSI)

- Optimizarea livrării conținutului video
 - Analiza fluxului video și supraveghere video
 - Realitate augmentată și realitate virtuală (AR/VR)
 - Activarea aplicațiilor de întreprindere și spargerea locală
 - Aplicații cu nevoi critice de comunicare, cum ar fi siguranța și controlul traficului, mașini autonome, IOT industrial și asistență medicală
 - Mașini conectate
 - Aplicații IoT și Gateway
 - Servicii conștiente de locație și context
 - Aplicații Smart City
-

Aplicatii ale Fog computing

- IoT:
 - Industrial IoT, automatizare
 - Agricultură inteligentă
 - Orașe inteligente sustenabile:
 - Transport (siguranță, gestionarea traficului, informare și divertisment)
 - Sănătate și bunăstare
 - Managementul deșeurilor
 - Managementul apei
 - Controlul gazelor cu efect de seră
 - Rețea de energie electrică
 - Automatizare magazin cu amănuntul
 - Clădiri inteligente, casă
 - Aplicații de siguranță și urgență Mobile Network / Radio Access Network
 - Rețea optică pasivă cu rază lungă de acțiune / Comunicație pe linie electrică
 - Internetul vehiculelor (toate aplicațiile), sisteme de la vehicul la rețea
 - Rețeaua de distribuție a conținutului
-

Aplicații ale MEC

- **Servicii orientate către consumatori (offloading)**
 - Realitate augmentată/asistată/virtuală
 - Recunoaștere facială
 - Navigare web accelerată
 - Editare imagini/video
 - Jocuri, desktop la distanță
 - Optimizarea și livrarea conținutului în funcție de RAN
 - Conținut distribuit și stocarea în cache DNS
- **Servicii de îmbunătățire a performanței rețelei și a QoE**
 - Monitorizarea/configurarea traficului
 - Memorarea în cache a conținutului
 - Optimizare radio/backhaul
 - Optimizarea performanței celulelor în funcție de aplicație
- **Servicii de operator și terți**
 - Internetul lucrurilor (IoT)
 - Comunicații cu vehicule
 - Big Data
 - Analiza video

Cloudlets

- Universitatea Carnegie Mellon (CMU) a dezvoltat Cloudlet-uri și, de asemenea, a implementat diverse mecanisme ca cod sursă deschisă
- Un cloudlet
 - reprezintă nivelul de mijloc al unei ierarhii pe 3 niveluri: „dispozitiv mobil – cloudlet – cloud”
 - poate fi privit ca un „centru de date într-o cutie“, fără o stare hard, al cărui scop este „să aducă cloud-ul mai aproape de utilizator,,
 - element arhitectural care realizează convergența între CC și computerul mobil, nivelul mediu al ierarhiei
- Propunere aferentă-Microsoft Research:
 - conceptul de micro datacentre ca o extensie a centrelor de date în cloud hiperscale de astăzi (precum Microsoft Azure)
 - pentru a satisface noile cerințe ale aplicațiilor, cum ar fi o latență mai mică și noile cerințe legate de dispozitive (de exemplu, consum mai mic de baterie)
- Cloudlet este inclus în tehnologiile Fog de către unii autori

Caracteristice ale Cloudlet-ului

■ **Technologie:**

- bazat pe tehnologia cloud standard
- încapsulează codul de descărcare de pe dispozitivele mobile în mașini virtuale (VM)
- poate avea un rol și o funcționalitate specifice
- infrastructură similară cu cloud-urile bazate pe Openstack

■ **Doar stare stare**

- nicio stare hard, dar poate conține stări memorate în cache din cloud
- poate stoca datele care provin de pe un dispozitiv mobil și merg în cloud
- după instalare se autogestionează complet

■ **Locație**

- „Apropiere logică” a dispozitivelor mobile, adică capabile să aibă o latență E2E scăzută și lățime de bandă mare (de exemplu, Wi-Fi cu un singur salt)

■ **Resurse și conectivitate**

- CPU, RAM, etc. suficient pentru a descărca calcule mari consumatoare de resurse de pe mai multe dispozitive mobile
- conectivitate bună (lățime de bandă) la cloud
- nelimitat de alimentarea cu energie electrică

Open-Stack++

- derivat al platformei OpenStack utilizată pe scară largă pentru cloud computing
 - „++” se referă la extensiile unice necesare pentru utilizarea OpenStack în mediile cloudlet.
 - Unele componente cheie ale OpenStack++, cum ar fi descoperirea cloudlet-urilor și furnizarea just-in-time, au fost dezvoltate și sunt disponibile ca sursă deschisă
-

Adaptare in Edge si Fog computing

- dispozitivele mobile sau dispozitivele IoT sunt dispozitive cu resurse limitate, în timp ce cloud-ul are resurse aproape nelimitate, dar îndepărtate.
 - programarea auto-adaptativă a resurselor este una dintre problemele cheie în gestionarea resurselor de calcul al ceață
 - păstrarea datelor aproape de locul în care au fost generate permite un control mai bun, în special pentru problemele legate de confidențialitate
-

Adaptare in Edge computing

- Furnizarea și/sau gestionarea resurselor la margine va permite dispozitivului final să economisească resurse (de exemplu, energia stocată în baterii) și să accelereze calculul și să permită utilizarea resurselor pe care nu le deține.
 - Fiind situat aproape de utilizator, edge computing face posibilă creșterea calității serviciilor oferite prin utilizarea profilării în context local, fără a compromite confidențialitatea sau a fi nevoit să se ocupe de un număr mare de utilizatori.
 - Aceasta este cunoscută sub numele de **adaptare la context**.
-

Adaptarea la context în Edge computing

- Furnizarea de servicii personalizate în funcție de locația fizică a utilizatorului, desigur, trebuie să fie asigurată la nivel de aplicație.
 - Cu toate acestea, are un impact și asupra managementului resurselor, deoarece acele aplicații vor necesita resurse pentru a furniza aceste servicii, în special luând în considerare datele (despre mobilitatea și abundența ofertei) ca resursă.
-