

Az edge computing mint diszruptív technológia

KOVÁCS BENEDEK

*Ericsson Magyarország Kft.
benedek.kovacs@ericsson.com*

Kulcsszavak: edge computing, 5G, IoT, cloud computing, industry 4.0, mobilhálózati szolgáltatások

Az edge computing napjaink egyik legnépszerűbb technológiája, több neves piackutató is évről évre beválasztja a legfontosabb trendek közé. Bár a koncepció évek óta létezik, az 5G- és IoT-rendszerek megjelenésével került ismét előtérbe.

A cikkben azt fogjuk bemutatni, hogy miért tekinthetjük diszruptív technológiának.

Rövid bevezetés után áttekintjük az edge computing legfőbb felhasználási eseteit, áttérünk a különböző iparági szereplőkre, motivációikra és lehetséges értékláncokat mutatunk be. A harmadik szakaszban technológiai megoldásokat tárgyalunk, illetve néhány megoldatlan problémát vázolunk fel.

1. Bevezetés

Az edge computing koncepcióját az internetes alkalmazások elterjedésével egy speciális típusú kliens-szerver alkalmazás architektúrára kezdték el bevezetni. Ezekben az architektúrákban szervereken futó feladatokat helyezünk a kliens alkalmazáshoz közelebb, földrajzi, hálózattopológiai vagy egyéb, a felhasználói alkalmazás által megkövetelt szempontból. Pontos definícióról nem beszélhetünk, inkább azt érdemes megvizsgálni, hogy mi motiválja ma ezt az új típusú architektúrát a felhőalapú számítások és az 5G-hálózatok korában.

Az edge computing egyértelműen a 3GPP által szabványosított 5G-vel került előtérbe. Az 5G-szabványok legfontosabb elemei a 4G-hez képest jóval kisebb késleltetésű és nagyobb sávszélességű rádió, valamint a szolgáltatásközpontú architektúrában megtervezett 5G-maghálózat. Az edge computing szempontjából kulcsfontosságú a helyi kicsatolás, amely funkció már a 4G-hálózatokban is jelen volt, ahol is a gerinchálózati forgalom optimalizálására használták. Az 5G kis késleltetésű rádiójának sok esetben kötelező kiegészítője a helyben kicsatolt felhasználói forgalom, amely nélkül az 5G típusú felhasználási eseteinek követelményei nem teljesülnek.

2. Az edge computing felhasználási esetei és a belőlük származtatott követelmények

Az 5G a kezdetektől fogva nem csak a fogyasztói szegmenst célozta meg, hanem a vállalatit is. Olyannyira, hogy míg a fogyasztói szegmens esetén igazából a felhasználó számára szinte észrevehetetlen kiegészítése a 4G-hálózatnak, a vállalati szegmensben az 5G és a vele járó üzleti folyamatok ténylegesen új felhasználási módokat tesznek lehetővé.

A fogyasztói szegmensben fontos újdonság, hogy az 5G-rádió nem csak letöltésre (downlink) hanem feltöltésre (uplink) is optimalizálható, méghozzá programozható módon. Ennek eredményeképpen, illetve új fogyasztói eszközök megjelenésével lényegesen nőtt az internet forgalma. Kifejezetten a video- és egyéb médiaforgalom agresszív növekedését figyelhetjük meg: „A mobilhálózatok majdnem 300-szor akkora forgalmat szolgálnak ki, mint 2011-ben.” [1]

Az adatforgalom mennyisége azonban nem minden. Jó néhány új típusú, a mobil hálózatokon keresztül elérhető, vagy majdan elérhető médiaalkalmazás nem csak a sávszélesség, de a késleltetés szempontjából is kritikus. Egy XR-alkalmazás esetén (XR, azaz mixed reality, azaz a virtuális valóság és a kiterjesztett valóság kombinációja), a kamera mozgása és a tartalom megjelenítése közötti eltelt idő nagyban meghatározza a felhasználói élményt. Ugyanilyen lényeges az interakciók kezelése, például két felhasználó interakciója az ilyen alkalmazásokban. Több tanulmány kimutatta, hogy még ha a hálózatra kapcsolt eszköz képes is nagy komplexitású számítások futtatására, például képalkotásra (angolul rendering) vagy képfelismerésre mesterséges intelligencia segítségével, ám ezen alkalmazások erőforrás-igénye hamar lemeríti az eszköz akkumulátorát. Ezekben az esetekben a számítások egy része elvégezhető a felhőben, de ahhoz, hogy egy tárgyfelismerés megfelelően gyorsan végbemenjen, a felhőszerver és az alkalmazáskliens közötti késleltetésnek alacsonynak kell lennie [2].

Az 5G-hálózatok, illetve az általuk ígért alacsony késleltetés és megbízhatóság lehetővé teszik sok, úgynevezett vertikális iparág modernizációját. Az egyik példa erre a mobilitási iparág, azaz az autópár és a közlekedés. Az autópár legújabb és tervezett mobilitási szolgáltatásai hatalmas adatforgalom-igénnyel rendelkeznek. 2025-re az előrejelzések szerint kb. 100 petabyte–10 exabyte-ot fog kitenni az autók által forgalmazott adatmennyiség. Ezt persze előre nem tudjuk, de az autógyártók

és telekommunikációs iparági szereplők által létrehozott Automotive Edge Computing Consortium-ban jelenleg is dolgoznak egy elosztott architektúrán, amely támogatja az új típusú mobilitási alkalmazások fel- és letöltési adatforgalom-igényét.

A negyedik ipari forradalom is sok új felhasználási esetet definiál az 5G-hálózatok bevezetésével. Ezen esetek közül sok igényli az alacsony késleltetést és a magas rendelkezésreállást. Egy másik részük viszont akár 4G-rádiós hozzáféréssel is kiszolgálható, mert a legfontosabb igény a megbízható rádiós kommunikáció, adat- és hálózatbiztonság. A 3GPP definiál úgynevezett nem publikus hálózatokat (non-public networks), melyek kifejezetten a cégek, kormányzati és egyéb magánhálózatok speciális igényeit szolgálják ki. Már több olyan teszhálózat létezik, ami helyi lefedettséget biztosít egy-egy gyárterületen, kikötőben, vagy egyéb ipari területen.

Ezek alapján a következő szempontok motiválják az edge computingot technikai oldalról: a gerinchálózati sáv szélesség optimalizációja, a felhasználói eszköz energiahatékonyságának növelése (nagy számításigényű alkalmazások felhőbe vitelével), az alacsony késleltetés elérése, biztonság, kiváltképpen az adatbiztonság.

3. Új üzleti kapcsolatok a hálózati és felhő-infrastruktúra kiépítésében

A technológiai motivációkon és követelményeken kívül az edge computing új értékláncokat vezet be a telekommunikációs szolgáltatók vállalati üzletágában. A telekommunikációs ipar szereplőin kívül kulcsfontosságú a felhőszolgáltatók, az IT-cégek és az alkalmazást fejlesztő vállalatok szerepe.

A jelenlegi mobilalkalmazások tipikus architektúrája és a mögöttük álló értékláncra adunk egyszerűsített példákat ebben a szakaszban. Az alkalmazások tipikusan egy felhőben futó szerveralkalmazásból és a felhasználói eszközökön futó kliensalkalmazásból állnak. Az alkalmazásfejlesztők abban érdekeltek, hogy a hálózati szolgáltatótól függetlenül azonos felhasználói élményt nyújtsanak a világon bárhol (illetve ipari alkalmazások esetén egy adott helyszínen).

Az 5G-maghálózatot szolgáltatásorientált architektúrával tervezték, ami praktikusán azt jelenti, hogy a hálózati funkciókat (routerek, kapcsoló logikák, adatbázisok) úgynevezett Cloud Native módon fejlesztik [3]. A hálózati funkciók emiatt tetszőleges felhő-infrastruktúrára telepíthetők [4].

A továbbiakban több lehetőséget is bemutatunk, hogy az infrastruktúra-alkalmazás felosztásban milyen kivitelezési opciókat találunk az egyes telekommunikációs szolgáltatók, IT-infra-

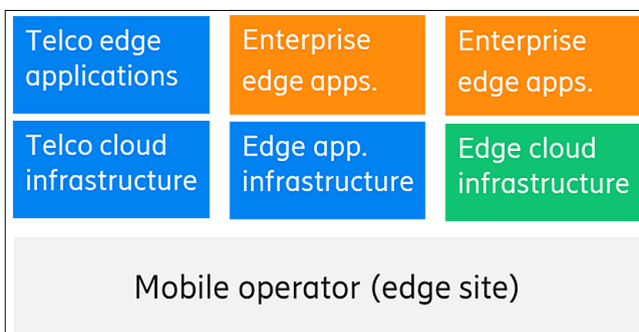
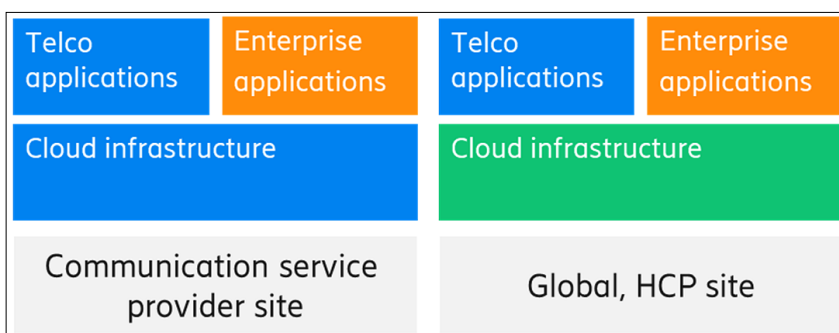
struktúra- és felhőszolgáltatók, illetve az alkalmazást fejlesztők (vállalatok), mint piaci szereplők között.

Az 1. ábra bal oldalán a jelenleg is alkalmazott telepítési opció látható, ahol a kékkel jelzett mobilszolgáltató üzemelteti mind a felhő-infrastruktúrát, mind a mobilhálózatot. A jobb oldalon megjelenik annak lehetősége, hogy telekommunikációs funkciókat (kék) telepítsünk globális felhőszolgáltatók (zöld) infrastruktúrájára. Narancssárga színnel a vállalati ügyfél által fejlesztett és üzemeltetett funkciókat jelöltük. Fontos megjegyezni, hogy a felhasználók számára a vállalat nyújtja a szolgáltatást az alkalmazáson keresztül, a mobil- és felhőszolgáltatók ilyen értelemben a kommunikáció, kapcsolódás, mobilitás és az alkalmazásfuttatási környezethez szükséges komponenseket nyújtják.

A 2. ábrán egy hálózatperemi (edge) kivitelezést mutatjuk be. A telekommunikációs funkciókat jelenleg is speciális követelményeknek és az ETSI NFV-szabvány-nak megfelelő telekommunikációs infrastruktúrára telepítik, mellyel biztosított nem csak a szabványos kompatibilitás, hanem a magas rendelkezésreállás és hatékonyság is. A felhasználói és vállalati alkalmazások helyet kaphatnak az IT-szolgáltatók által telepített felhő-infrastruktúrán, vagy a telekommunikációs szolgáltatók által telepített, speciális edge-felhőn.

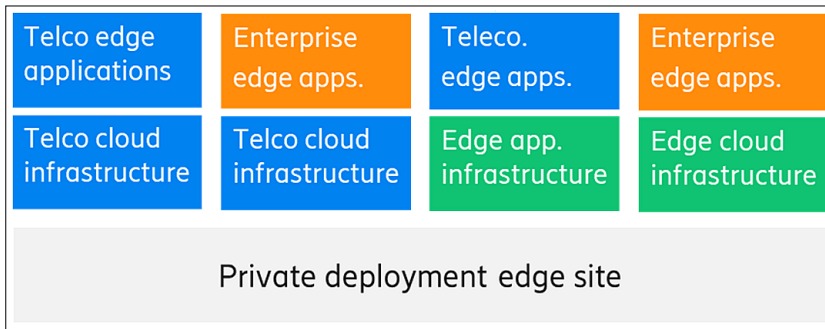
A 3. ábrán egy speciális, úgynevezett nem publikus hálózati megvalósítást láthatunk. Egy ilyen kísérletet mutatott be a Telefónica német vállalata, az Amazon Web Services-szel és az Ericssonnal közösen [5].

Egyfelől, a globális felhőszolgáltatók üzletet látnak kisebb, specifikus adatközpontok létrehozására a hálózat peremén, és bizonyos esetekben mobilszolgáltatókkal kombinálják ezt. Másfelől pedig, a telekommunikációs szolgáltatók az 5G-hálózatokat úgy alakítják ki, hogy azok platformként szolgáljanak az alkalmazások számára testre szabott szolgáltatásminőséggel és programozhatósággal.



1. ábra
Architektúra-
opciók
a hálózat
adat-
központjaiban.

2. ábra
Architektúra-
opciók
a hálózat
peremén.



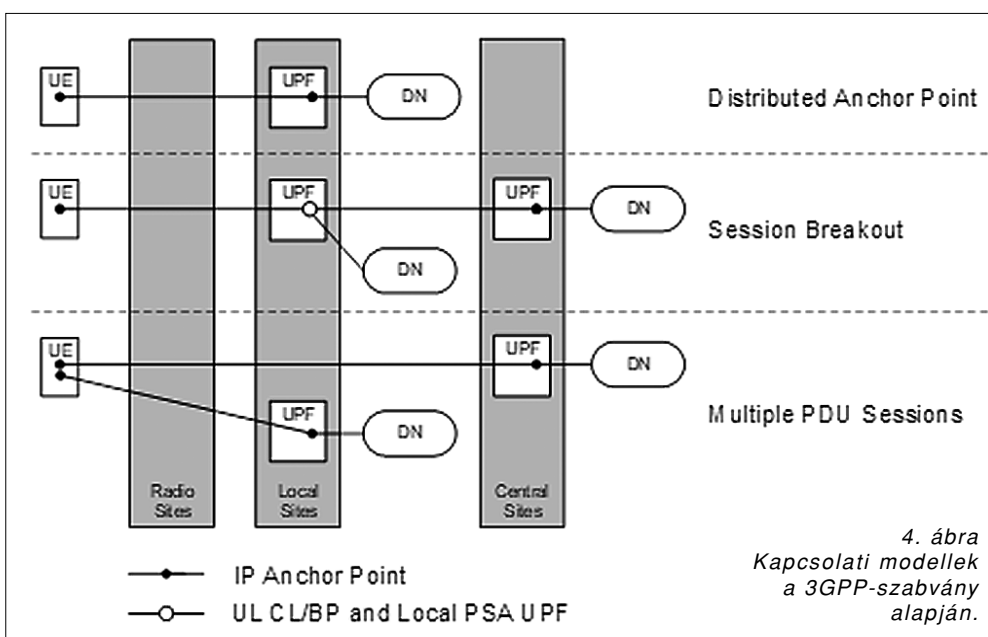
3. ábra Privát edge computing megoldás lehetséges architektúrája.

4. Megvalósítás

A 3GPP-szabvány több elemet is tartalmaz az edge computing támogatására, de a telekommunikációs iparág más fórumainak, például az ETSI-nek és a GSMA-nak is vannak ide vonatkozó ajánlásai. Sok más iparági összefogás, nyílt forráskódú és de facto szabvány tesz javaslatot a hálózati architektúra és az alkalmazási platformok kialakítására.

Az Automotive Edge Computing Consortium és az 5G Automotive Association teljes megoldásokat dolgoz ki a hálózatba kapcsolt járművek támogatására. Az 5G Alliance for Connected Industries and Automation pedig az ipari felhasználási eseteket tárgyalja és ajánlásokat tesz az ipar 4.0 követelményeinek kielégítésére. Az IT-szolgáltatók, ezen belül is a globális felhőszolgáltatók több szinten állnak elő megoldásokkal, kezdve az integrálható IoT-gateway-ektől a teljeskörű, helyben telepíthető megoldásokig.

A jelen cikkben nem szabványok és ipari megoldások szerint, hanem megoldandó problémák szerint vesszük végig azokat a funkciókat, melyek vagy szükségesek az edge computing-hoz, vagy támogatják azt. A lista természetesen nem teljes, mint ahogy az edge computing-nak sincsen pontos definíciója.



4. ábra
Kapcsolati modellek
a 3GPP-szabvány
alapján.

4.1. Az adatforgalom irányítása

A 3GPP-szabvány az edge computing architektúra alapjait a helyi kicsatolás (local breakout) bevezetésétől támogatja. Megjegyzendő, hogy a local breakout kifejezést a 3GPP-ben már nem használják a következő kicsatolási módokra, hogy megkülönböztessék a 4G-hálózatban bevezetett funkciót az 5G új architektúrájától, melyben az ilyen megoldások az alapvető konfiguráció részei lehetnek (hiszen az UPF-funkciókból természetesen származhat egymás mögé).

Minden kicsatolási módszer megőrzi azt az alapvető szabályt, hogy az alkalmazások a GTP-alagút után az „IP point of presence” mögött futnak, és csak azután manipulálhatják a hálózati forgalmat, miután az adatcsomagok elhagyták a 3GPP által specifikált hálózati domaint. (Ez röviden azt jelenti, hogy a mobilszolgáltató felelős a csomagok továbbításáért a saját rendszerén belül és az alkalmazások csak a rendszerből kilépő csomagokat manipulálhatják közvetlenül.) A 2G/3G/4G/5G-hálózatban használt központi anchor továbbfejlesztésével jöttek létre az edge computingot támogató kicsatolási módok, amelyeket a 4. ábra illusztrál.

Az adatforgalom kicsatolásának egyik első felhasználási esete a hálózati forgalom optimalizálása. Több tartalomszolgáltató és globális felhőszolgáltató is telepít és konfigurál tartalomelosztó hálózatokat, amelyek a gerinchálózati forgalmat optimalizálják, illetve ezzel párhuzamosan javítják bizonyos tartalmak minőségét. A megoldás alapja, hogy a kicsatolási pont után a garanciát nem adó internet helyett, a garanciát nyújtó bérelt vonalakon történik a tartalom forgalmazása.

Vannak erre specializálódott cégek és természetesen a felhőszolgáltatóknak is vannak ide sorolható szolgáltatásai, pl. a Google Cloud Networking Services. Ide tartoznak még a különböző cégek SD-WAN (Software

Defined Wide Area Networks) szolgáltatásai, melyek elsődleges célja a vállalatok számára biztosított privát hálózat, ami az Ipar 4.0 kontextusában egyfajta edge computing megoldássá fejlődött. Az ipar esetében az adatbiztonsági, rendelkezésreállási és kis késleltetési követelmények miatt a kritikus alkalmazások forgalmára kizárólag a helyi kicsatolást használják, míg az egyéb, például a monitoring forgalmak központi, adott esetben egy vállalat székhelyén lévő adatközpontba irányítodnak.

Látható, hogy az 5G- és 6G-hálózatok heterogén kicsatolási pontjai más és más alkalmazásforgalom számára optimálisak. Ez vezet el minket a következő témakörhöz, mely a megfelelő kicsatolási pont megtalálását irányozza elő.

4.2. A megfelelő edge alkalmazás-szerver kiválasztása

Az adatkicsatoláson kívül a 3GPP-szabvány ajánlásokat fogalmaz meg az ún. edge application discovery-re, azaz arra, hogyan fogja a felhasználói eszköz a számára megfelelő edge alkalmazást kiválasztani.

Az első itt tárgyalt ilyen ajánlást a 3GPP SA2 testülete, azaz a hálózati architektúrát definiáló csoportja adja. A TS 23.548-ban bevezetik az Edge Application Discovery eljárást, amely arra hivatott, hogy a felhasználói készülék (User Equipment, UE) felfedezze az applikáció(k) (Edge Application Server(s), EAS) IP-címeit, a hálózatba telepített helyi vagy központi DNS-szolgáltatók segítségével. Ennek azonban az az előkövetelménye, hogy az UE és a rajta futó alkalmazások DNS-beállításai a megfelelő, mobilszolgáltató által megadott DNS-ek legyenek.

Egy második lehetőség a globális felhőszolgáltatók által szolgáltatott DNS használata, ami sok esetben felülírja a mobil hálózatban lévőket. A Google Androidja például titkosított lekérdezéseken keresztül a Google DNS-szolgáltatását használja, amíg más cégek, mint például a CloudFlare, hasonló szolgáltatást nyújtanak a vállalati adatbiztonság támogatásának céljából. Azaz az eszközök egy titkosított hálózaton kommunikálnak, függetlenül a mobilhálózattól.

Egy harmadik, naiv hozzáállás a legmegfelelőbb edge alkalmazás kiválasztására az lehet, hogy az alkalmazási rétegben, maga az alkalmazásszerver elküldi a lehetséges IP-címek listáját és a kliensalkalmazás ICMP- (ping-) protokoll segítségével választja ki a megfelelőt. Egy ilyen megoldás előnye többek között az lehet, hogy az alkalmazáskliens tudatosan választ és újraválaszt szerveret, lerövidítve vagy teljesen kiiktatva ezzel a mobilitásból és hívásátadásból adódó potenciális kiesést. Többek között ebből a megfontolásokból javasolja a 3GPP SA6 missziókritikus alkalmazások csoportja az applikációs rétegben implementált edge application server discovery funkciót.

Amint az megfigyelhető, a telekommunikációs szabványosítási testületek és az IT-cégek által javasolt megoldások sokszor egymást kizáróak, egymás piacait diszruptálhatják.

4.3. Az edge-felhő

Manapság sokszor összemosódik az edge computing és az edge cloud fogalma, nem véletlenül. A felhőalapú szolgáltatások elterjedésével a felhő megjelent nem csak a mobil- és vezeték nélküli hálózatok infrastruktúrájának elemeként, hanem a hálózat felett nyújtott szolgáltatások (mobilapplikációk) futtatási környezeteként is.

Amint azt a bevezetőben is láttuk, jelenleg többféle megoldás létezik az edge cloud-ra. Az ETSI MEC a virtualizációs réteg fölé egy applikációs platformot vízionál,

amit a mobiloperátor szolgáltathat az alkalmazás számára. Ez hasonló funkciókkal rendelkezne (pl. alkalmazási piac), mint a globális felhőszolgáltatók által jelenleg is üzemeltetett központi felhőplatformok. Kérdés, hogy az 5G-hálózatokba integrált edge computing megoldások esetén a mobilszolgáltatók fognak-e felhőszolgáltatási platformot fejleszteni az alkalmazásoknak, vagy azt valamilyen globális felhőszolgáltatóval közösen fogják nyújtani. Mindkettőre van példa, sokszor egyazon operátor esetén is, attól függően, hogy milyen alkalmazásról beszélünk, illetve, hogy az mennyire integrálódik a hálózattal.

Általánosan elfogadott, hogy a missziókritikus kommunikációt, nagy rendelkezésreállást és sokszor alacsony késleltetést igénylő alkalmazások esetén sokkal nagyobb mértékű lesz az integráció. Ennek egyik oka, hogy a szolgáltatás- és adatbiztonsági követelmények teljesítése érdekében sokszor a rendszer egészét kell tesztelni. A másik pedig, hogy a rendszerek szorosabb együttműködése szükséges a magas rendelkezésreállást biztosító architektúra és protokollok implementálásához.

Az Ipar 4.0 megoldások esetén a virtualizáció első lépéseként az ipari robotok logikáját egy külső számítási egységre helyezik át, ezzel elősegítve több robot együttes vezérlését és hatékonyabb koordinálását. E platform futtatja az ún. virtual Programmable Logic Controller-t. Egy lehetséges következő lépés az ilyen célhardware-en futó vPLC-alkalmazást egy speciális felhőkörnyezetbe helyezni. Több ipari alkalmazás számára nem szükséges a speciális futtatási környezet, de szükséges az ipari biztonság, protokollok és szabványok támogatása. Ennek érdekében többen is saját ipari platformot fejlesztenek (pl. GE Predix, Siemens Industrial Edge), melyeket egy adott telephelyre, gyártósorhoz kihelyezve eleget tehetnek a késleltetési, biztonsági és rendelkezésreállási követelményeknek.

Érdemes tehát megfigyelni, hogy az edge computing környezetben is megtalálható a felhőalapú számítás rétegződése (IaaS, Container-aas, Platform-aas és Software-aas), illetve, hogy ebben a rétegződésben minél feljebb megyünk, annál applikáció- specifikusabb platformokkal találkozunk.

4.4. Az edge-felhő menedzsmentje és orkesztrációja

Bár az ETSI MEC definíciója alapján az edge-felhő szolgáltatás szorosan integrálva van a hálózatba, az architektúra elmei közé tartozik a központi menedzsment és orkesztráció, mégis csak a telekommunikációs alkalmazások számára elkészült ETSI NFV MANO architektúrával találkozhatunk a gyakorlatban. Általánosságban elmondható, hogy sok vertikum ipari szereplői saját fejlesztésű komponenseket használnak az általuk fejlesztett alkalmazások menedzsmentjére. A feladat az infrastruktúra menedzsmentjének megoldása, illetve a kettő összehangolása marad.

Az ETSI MEC, hasonlóan mint az alkalmazás esetén, az ETSI NFV alapján tartalmaz ajánlásokat az elosztott felhő-infrastruktúra menedzsmentjére, de mindezeket

megoldják a globális felhőszolgáltatók is. Az AWS esetében a Greengrass például probléma nélkül menedzselhető a központi felületről, csakúgy mint az Outpost. Hasonló egyedi megoldásokkal találkozunk az MS IoT Edge és a Google Anthos esetében. Szóval minden alkalmazásfajta más-más felügyeleti és telepítési rendszert használ.

Ezek a problémák nem csak a telekommunikációs iparágban merülnek fel. A probléma megoldását szolgáló technológiákat összefoglaló néven multi-cloud technológiáknak nevezzük.

A cégek nagy többsége több felhőtechnológiát is használ egyszerre. Példa: egy vállalat Gmail-t használ levelezésre, Microsoft Teams-et videokonferenciára és AWS Kubernetes clustert az általa fejlesztett alkalmazás futtatókörnyezetére. Ilyen esetekben legtöbbször elég, ha a felhasználó fennakadás nélkül használhatja ugyanazon felhasználói azonosítóját a különböző platformokon. Ennél összetettebb multicloud-technológiák szükségesek akkor, ha az alkalmazás maga támogat többféle platformkomponenst és az alkalmazást mozgathatjuk, például AWS- és Google-felhő között.

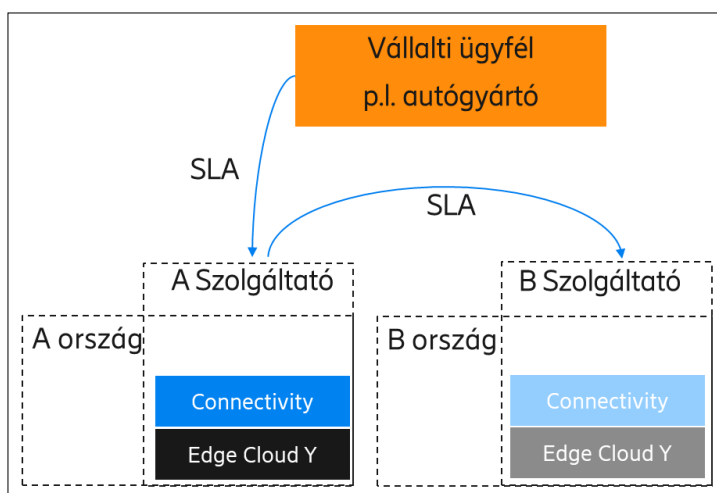
Az IT-világ számos opensource-projektje, például a Terraform, OpenNebula mellett a mobilszolgáltatók is foglalkoznak a kérdés megoldásával. A GSMA Operator Platform Group egy olyan, telekommunikációs szolgáltatók föderációján alapuló megoldást szorgalmaz, ahol a jelenlegi roaming-rendszerekhez hasonlóan az alkalmazásfuttatási-környezeti és adatforgalmi igénye megosztható a partnerszolgáltatóval, ezáltal biztosítva a megfelelő szolgáltatásminőséget.

4.5. Az edge computing, mint hálózati szolgáltatás és az edge exposure

Amennyiben autóiipari edge computing szolgáltatásról beszélünk, úgy felmerül az a követelmény, hogy az edge alkalmazás hálózati és felhőszolgáltatótól függetlenül elérhető legyen, ráadásul azonos minőségben, világszerte. Az ETSI MEC és a GSMA OPG, csakúgy mint sok másik vertikális ipari fórum, egy központosított feladatnak tekinti az alkalmazások telepítését. Ezek együtt kell tudjanak működni a globális felhőszolgáltatók már létező rendszereivel.

Ami az edge computingot különlegessé teszi, az, hogy az edge alkalmazások alapvető kommunikációs követelményként jelölik meg a kommunikáció minőségének biztosítását. A szolgáltatást alapvetően az alkalmazás készítője, forgalmazója nyújtja az alkalmazás felhasználóinak, mobilhálózatok felett, így a mobilhálózat által nyújtott kommunikációs kapcsolat egy szolgáltatásnak tekinthető.

Két kihívást tárgyalunk röviden ezzel kapcsolatban. Az első kihívás (5. ábra) a roaming esete, amikor az A országban lévő mobilszolgáltató ügyfele egy B országban roaming partneren keresztül csatlakozik. Az alkalmazás szem-

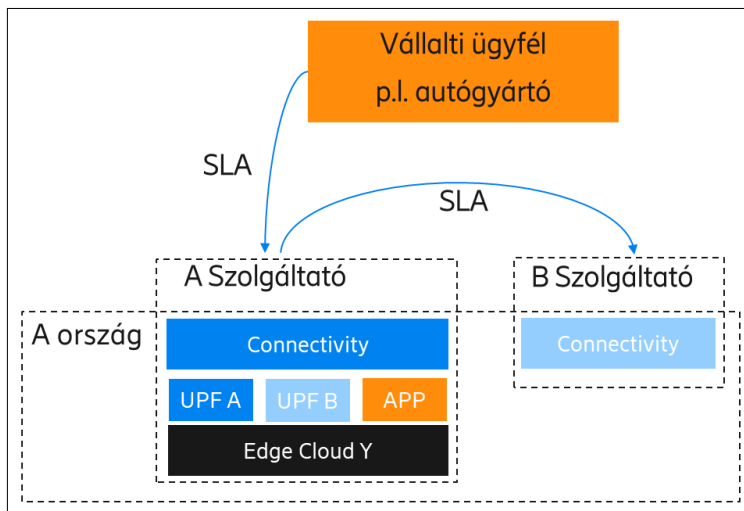


5. ábra Egységes edge-szolgáltatás országok között.

pontjából ugyanazok a hálózati követelmények érvényesek mindkét esetben. Ugyanakkor a két hálózat esetében megoldandó, hogy az A hálózat értesítse B hálózatot a szolgáltatásminőségi követelményeiről, B hálózat pedig teljesítse azokat. Ez magában foglalja annak igényét, hogy az edge alkalmazást az A szolgáltató által üzemeltetett edge-felhőből a B szolgáltató által üzemeltetett edge-felhőbe migrálják. Kérdés, hogy az alkalmazásfejlesztő számára mennyire lehet ezt láthatatlanná tenni, azaz, hogyan fog ez a legkevesebb adaptációt igényelni a fejlesztők részéről.

A másik kihívás (6. ábra) az országon belüli infrastruktúrára vonatkozik. Példaképpen egy repülőtér számára szeretne egy kiterjesztett valóság-szolgáltatást nyújtani egy startup. Ez esetben a vállalati ügyfél egy adott területen szeretne mobilszolgáltató-független edge computing-megoldást nyújtani. Ebben a sem üzleti, sem szabályozási szempontból nem kiforrott felállásban a technikai kihívást az jelenti, hogy lehet-e egy edge-felhővel (illetve annak menedzsment- és orkesztrációs rendszereivel) kiszolgáltatni a vállalati ügyfelet, több mobilszolgáltatón keresztül.

6. ábra Egy edge-felhővel kiszolgált alkalmazás, országon belül.



Példa: az egyik szolgáltató szerződésben áll a repülőtérről, edge computing-szolgáltatást nyújt egy felhőszolgáltató bevonásával. A többi mobilszolgáltató ügyfelei számára pedig lehetővé teszi az edge forgalom helyi kicsatolását és átirányítását a megfelelő felhőrendszerbe. Ennek érdekében egy másik szolgáltató UPF (speciális telekommunikációs IP-útvonalválasztó) funkcióját is telepítenie kell, ami nem bevett gyakorlat.

Mindkét megoldásban megjelenik az edge computing és a kapcsolat, mint szolgáltatás. A alapvető követelmények (alacsony késleltetés és sávszélesség) mellett megjelennek új típusú követelmények, például hálózatszelethez, helyhez, felhasználói típushoz (pl. autókba telepített egységek) kapcsolódóak, és mindenképpen specifikálni kell az alkalmazás számítási és memóriaigényét a felhőben. A mobil- és egyben edge computing-szolgáltatók közötti protokollrendszer követelményeinek kidolgozása jelenleg is zajlik a GSMA OPG-ben.

A potenciális alkalmazásokat és alkalmazási területeket megismerve látszik, hogy a legtöbb esetben szükség lesz arra, hogy az alkalmazásfejlesztő számára konfigurálható és ellenőrizhető legyen, hogy melyik alkalmazáshoz melyik felhasználói eszközök férhetnek hozzá, illetve, hogy adminisztrálja a hozzáférés mikéntjét és minőségét. Erre vonatkozóan találhatunk ajánlásokat a 3GPP SA6 munkacsoportjától és – többek között – az 5G ACIA ipari összefogás is ad ajánlást [7].

Míg az eddigi követelmények leginkább a management-aspektusra vonatkoznak, több helyen vizsgálják az edge szolgáltatások valós idejű konfigurálásának lehetőségét, például a szolgáltatásminőség dinamikus és igény szerinti beállítását a Network Exposure Function-on keresztül. (A Network Exposure Function lehetőséget ad harmadik fél által fejlesztett alkalmazások számára, hogy a hálózattal, API-k használatával interakciókat hajtsanak végre. A lehetséges további ilyen szolgáltatásokat az Edge Native Applications c. cikkben tárgyaltuk.)

5. Összefoglalás

A cikkben bemutattuk, hogy az edge computing egyfajta üzleti disztrupció a telekommunikációs és felhőszolgáltatás világában egyaránt. A két terület konvergenciájaként létrejövő edge computing területe több kihívást is támaszt mindkét oldal számára. A hálózatközi forgalomkicsatolás problémája esetében láthattunk többféle tervezetet szabványos megoldására. A megfelelő edge alkalmazás megtalálásáért felelős funkcionalitás esetében láthattuk, hogy mind a hálózati, mind a globális felhőszolgáltatók és az internet világából is vannak megoldási javaslatok. Ezek legintenzívebb találkozási pontja a felhő-infrastruktúra és azon belül is annak menedzsment- és orkesztrációs rendszerei, illetve az itt felmerülő kérdéseire kifejlesztett, sokszor közös válaszok.

Az edge computing mint szolgáltatás az a terület, amely minden iparági szerelő számára nyújt lehetőségeket és kihívásokat. A felvázolt problémákból is látható, hogy sok megválaszolatlan kérdés van még és az is, hogy ezek a kérdések nem csak technikai természetűek, hanem üzleti és szabályozási területeket is érintenek. Bízunk benne, hogy a területen sok érdekes technikai innováció születik majd az elkövetkezendő években.

Hivatkozások

- [1] Ericsson Mobility report, 2021. november: <https://www.ericsson.com/4ad7e9/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2021/ericsson-mobility-report-november-2021.pdf>
- [2] Kovács B., Szilágyi L., Gera Z., Fábrián G., Ferrari C.F.: Mesterséges intelligencia felhasználási esetek 5G hálózatokban. In: Híradástechnika HTE Infokom különszám, (2019), pp.2–7.
- [3] Kovács B., Suskovics P., Terrill S., Wörndle P.: Creating the next-generation edge-cloud ecosystem. In: Ericsson Technology Review, 18 Február (2020).
- [4] Walsh, D., Walsh R.: AT&T to run its mobility network on Microsoft's Azure for Operators cloud, delivering cost-efficient 5G services at scale, Published by AT&T, 30 June 2021. https://about.att.com/story/2021/att_microsoft_azure.html
- [5] Hardesty L.: Telefónica Germany uses AWS, Ericsson to virtualize its 5G core, Fierce Wireless, 2 September 2020.
- [6] 3GPP TS 23.548, Section 4.3 Connectivity Models.
- [7] Exposure of 5G Capabilities for Connected Industries and Automation Applications. by ZVEI – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association 5G Alliance for Connected Industries and Automation (5G-ACIA), a Working Party of ZVEI, Február (2021).

A szerzőről



KOVÁCS BENEDEK edge computing szakértőként dolgozik az Ericsson Magyarországnál. Főbb felelősségi körei a mobilhálózatok és azon belül is az edge computing evolúcióját segítő mérnöki tevékenységek, prototípusok és tanulmányok elkészítése, a magyarországi leányvállalat kutatás és fejlesztési igazgatóságán a technológiai és innovációs csoport vezetése, valamint felelős az egyetemmel és akadémiai intézményekkel való kapcsolattartásért. MSc diplomáját mérnökinformatikusként, PhD fokozatát matematikus mérnökként szerezte meg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen.