



## **Ötödik generációs vezeték nélküli hálózat (F5G); F5G fejlett generáció meghatározása**

### ***Felelősségi nyilatkozat***

---

Ezt a dokumentumot az ETSI ötödik generációs helyhez kötött hálózatokkal (F5G) foglalkozó ETSI ipari specifikációs csoportja (ISG) készítette és hagyta jóvá, és az ebben az ISG-ben részt vevő tagok véleményét képviseli.  
Nem feltétlenül képviseli az ETSI teljes tagságának véleményét.

---

**Hivatkozás**

DGR/F5G-0021

---

**Kulcsszavak**

meghatározások, F5G, vezetékes hálózatok

**ETSI**650 Route des Lucioles  
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCIAORSZÁG

Tel.: +4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - APE 7112B  
Association à but non lucratif enregistrée à la  
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° w061004871

---

**Fontos értesítés**Ez a dokumentum letölthető a következő  
honlapról: <https://www.etsi.org/standards-search>.

Ez a dokumentum elektronikus és/vagy nyomtatott változatban is hozzáférhető. A jelen dokumentum elektronikus és/vagy nyomtatott változatának tartalma az ETSI előzetes írásbeli engedélye nélkül nem módosítható. Az ilyen változatok és/vagy nyomtatott változatok között fennálló vagy vélt tartalmi eltérés esetén az ETSI által kiadott dokumentumnak az a változata az irányadó, amely PDF formátumban nyilvánosan elérhető a [www.etsi.org/deliver](http://www.etsi.org/deliver) weboldalon.

A jelen dokumentum felhasználóinak tisztában kell lenniük azzal, hogy a dokumentum felülvizsgálható vagy megváltozhat. Ennek és más ETSI-dokumentumoknak az aktuális állapotáról a <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx> oldalon található információ.

Ha hibát talál ebben a dokumentumban, kérjük, küldje el észrevételét a következő szolgálatok egyikének: <https://portal.etsi.org/People/CommitteeSupportStaff.aspx>.

Ha biztonsági rést talál ebben a dokumentumban, kérjük, jelentse azt a Koordinált sebezhetőségi közzétételi programunkon keresztül:  
<https://www.etsi.org/standards/coordinated-vulnerability-disclosure>.

---

**Kizáró nyilatkozat és felelősségkorlátozás**

A jelen dokumentumban szereplő információk kizárólag olyan szakembereknek szólnak, akik megfelelő tapasztalattal rendelkeznek ahhoz, hogy megértsék és értelmezzék a tartalmát az általánosan elfogadott mérnöki vagy mérnöki ismeretekkel összhangban.

egyéb szakmai szabványok és alkalmazandó előírások.

A termékekkel és szolgáltatásokkal, illetve az eladókkal kapcsolatban semmilyen ajánlás nem történik, és nem is feltételezhető.

Nem szavatoljuk, hogy ez az átadandó anyag technikailag pontos vagy elégséges, vagy megfelel bármely törvénynek és/vagy kormányzati előírásnak és/vagy szabályozásnak, továbbá nem szavatoljuk, hogy az átadandó anyag kereskedelmi forgalomképes vagy alkalmas bármilyen meghatározott célra, illetve hogy nem sérti a szellemi tulajdonjogokat.

Az ETSI semmiképpen nem vonható felelősségre a nyereségkiesésért vagy bármely más véletlen vagy következményes kárért.

A jelen dokumentumban található szoftverek "AZONNAL" kerülnek rendelkezésre bocsátásra, kifejezett vagy hallgatólagos garanciák nélkül, beleértve, de nem kizárólagosan, az eladhatóságra, a meghatározott célra való alkalmasságra és a szellemi tulajdonjogok megsértésének tilalmára vonatkozó garanciákat, és az ETSI semmilyen körülmények között nem tehető felelőssé a szoftver használatából vagy használatának lehetetlenségéből eredő vagy azzal kapcsolatos károkért (beleértve, de nem kizárólagosan, a nyereségkiesésből, az üzletmenet megszakításából, az információvesztéséből vagy bármely más vagyoni veszteségből eredő károkat).

---

**Szerzői jogi értesítés**

A dokumentum egyetlen része sem sokszorosítható vagy hasznosítható semmilyen formában vagy bármilyen eszközzel, elektronikus vagy mechanikus úton, beleértve a fénymásolást és a mikrofilmet is, kivéve az ETSI írásos engedélyével.

A PDF változat tartalma az ETSI írásos engedélye nélkül nem módosítható. A szerzői jog és a fenti korlátozás kiterjed a bármilyen adathordozón történő sokszorosításra.

© ETSI 2023.

Minden jog fenntartva.

# Tartalomjegyzék

Szellemi tulajdonjogok .....	
Előszó .....	
Modális igék terminológiája .....	
1 Terjedelem.....	
2 Hivatkozások .....	
2.1 Normatív hivatkozások .....	
2.2 Informatív referenciák.....	
3 A kifejezések, szimbólumok és rövidítések meghatározása .....	
3.1 Feltételek .....	
3.2 Szimbólumok .....	
3.3 Rövidítések.....	
4 Áttekintés.....	
5 Az F5G-től az F5G Advanced-ig.....	
5.1 Az F5G Advanced alkalmazási követelményei.....	
5.1.1 F5G Advanced - a feltörekvő alkalmazások támogatója .....	
5.1.2 Új alkalmazások.....	
5.1.2.1 Digitális ikertestvér .....	
5.1.2.2 Metaverse.....	
5.1.2.3 Determinisztikus hálózatépítés vertikális iparágak számára .....	
5.1.2.4 Az alkalmazások digitalizálása és felhőszerősítése .....	
5.2 A hálózati infrastruktúrákkal szembeni trendek és igények .....	
5.2.1 A nagyobb sávszélesség és a minőségi élmény (QoE) keresése.....	
5.2.2 A hálózati műveletek digitalizálása és automatizálása .....	
5.2.3 Az optikai szál hálózatok mindenütt jelen lesznek .....	
5.2.4 Zöld és digitális a fenntartható társadalomért .....	
5.2.5 A számítástechnika integrálása a hálózatba. ....	
5.2.6 Ipari optikai hálózatok .....	
6 F5G Advanced méretek.....	
6.1 F5G Advanced jellemző méretek.....	
6.2 F5G Speciális méretek meghatározása .....	
6.2.1 Továbbfejlesztett üvegszál szélessávú internet (eFBB) .....	
6.2.2 Valós idejű rugalmas kapcsolat (RLL).....	
6.2.3 Garantáltan megbízható tapasztalat (GRE).....	
6.2.4 Optikai érzékelés és vizualizáció (OSV) .....	
6.2.5 Teljes üvegszál kapcsolat (FFC) .....	
6.2.6 Zöld agilis optikai hálózat (GAO).....	
6.2.7 Kulcsfontosságú, több dimenziót érintő szempontok .....	
6.2.7.1 Késleltetés .....	
6.2.7.2 Mesterséges intelligencia .....	
6.2.7.3 Mindenhová és mindenhova szálakkal.....	
6.2.7.4 Érzékelés a működési kiválóságért .....	
7 Kulcsfontosságú alaptechnológiák.....	
7.1 Az eFBB kulcsfontosságú alaptechnológiái.....	
7.1.1 Az eFBB összetevői.....	
7.1.2 A hálózat szegmensei (adatsík) .....	
7.1.3 Végponttól végpontig tartó szolgáltatások.....	
7.1.4 Irányítás és adminisztráció.....	
7.2 Az RRL kulcsfontosságú alaptechnológiái .....	
7.2.1 Késleltetés-szabályozási technológiák.....	
7.2.1.1 Determinisztikus hálózatépítés otthoni/egyetemi forgatókönyvekhez .....	
7.2.1.2 Determinisztikus hálózatépítés ipari forgatókönyvekhez .....	
7.3 Lehetővé tevő technológiák a GRE számára.....	

7.3.1	Áttekintés.....	
7.3.2	A hálózati működés hatékonyságának javítása.....	
7.3.2.1	Autonóm hálózat .....	
7.3.2.2	Hálózati digitalizálás.....	
7.3.2.3	Szándékvezérelt irányítás.....	
7.3.2.4	Intelligens hibakezelés .....	
7.3.3	A hálózati szolgáltatások felhasználói élményének javítása.....	
7.3.3.1	Áttekintés .....	
7.3.3.2	Az optikai hálózati információk ismerete .....	
7.3.3.3	Rugalmas erőforrás skálázás.....	
7.3.3.4	Az optikai hálózat és a felhőalapú számítástechnikai erőforrások közös optimalizálása.....	
7.3.3.5	Guaranteed QoS of network transmission over on-premises Wi-Fi®.....	29
7.4	Lehetővé tevő technológiák az OSV számára .....	
7.4.1	Áttekintés.....	
7.4.2	Elosztott száloptikai érzékelés.....	
7.4.3	Wi-Fi® Sensing.....	31
7.4.4	Optikai kábelhálózat digitalizálása és vizualizációja.....	
7.5	Az FFC-t lehetővé tevő technológiák .....	
7.5.1	Áttekintés.....	
7.5.2	Fiber a szobába (FTTR).....	
7.5.3	Fiber to the Machine (FTTM) .....	
7.5.4	Száloptika az irodába.....	
7.5.5	FTTThing .....	
7.6	Zöld agilis optikai hálózat (GAO).....	
7.6.1	Áttekintés.....	
7.6.2	Finom szemcseméretű OTN a hagyományos SDH helyettesítésére .....	
7.6.3	OXC a zöld, agilis és rugalmas optikai hálózathoz .....	
7.6.4	Megosztott hullámhosszú WDM aggregációs hálózat.....	
7.6.5	Agilis optikai szolgáltatásnyújtási protokoll.....	
8	Outlook.....	
8.1	Összefoglaló.....	
8.2	Intézkedések és ütemterv az F5G Advanced számára.....	
8.3	Az F6G kilátásai.....	
	Történelem.....	

---

## Szellemi tulajdonjogok

### Lényeges szabadalmak

Az ETSI-nek bejelentették a normatív eredmények szempontjából lényeges vagy potenciálisan lényeges IPR-eket. Az ilyen alapvető szellemi tulajdonjogokra vonatkozó nyilatkozatok, ha vannak ilyenek, nyilvánosan hozzáférhetők az **ETSI tagjai és nem tagjai** számára, és megtalálhatók az ETSI SR 000 314 dokumentumban: *"Szellemi tulajdonjogok (IPR); az ETSI-szabványok tekintetében az ETSI-hez bejelentett alapvető vagy potenciálisan alapvető szellemi tulajdonjogok"*, amely az ETSI titkárságán érhető el. A legfrissebb frissítések az ETSI webszerverén (<https://ipr.etsi.org/>) érhetők el.

Az ETSI irányelvek, beleértve az ETSI szellemi tulajdonjogokra vonatkozó politikáját is, értelmében az ETSI nem végzett vizsgálatot a szellemi tulajdonjogok lényegességével kapcsolatban, beleértve a szellemi tulajdonjogokra vonatkozó kutatásokat is. Az ETSI SR 000 314-ben (vagy az ETSI webszerverén található frissítésekben) nem hivatkozott egyéb szellemi tulajdonjogok létezésére vonatkozóan nem vállalható garancia, amelyek a jelen dokumentum szempontjából lényegesek, vagy lényegesek lehetnek, vagy lényegessé válhatnak.

### Védjegyek

A jelen dokumentum tartalmazhat olyan védjegyeket és/vagy kereskedelmi neveket, amelyeket a tulajdonosok érvényesítenek és/vagy bejegyeztek. Az ETSI nem tart igényt ezek tulajdonjogára, kivéve azokat, amelyek az ETSI tulajdonaként vannak feltüntetve, és nem ad jogot a védjegyek és/vagy kereskedelmi nevek használatára vagy reprodukálására. Az említett védjegyek jelen dokumentumban történő említése nem jelenti az ETSI részéről a védjegyekhez kapcsolódó termékek, szolgáltatások vagy szervezetek jóváhagyását.

A **DECT™**, a **PLUGTESTS™**, az **UMTS™** és az ETSI-logó az ETSI védjegyei, amelyeket az ETSI tagjai javára jegyeztek be. A **3GPP™** és az **LTE™** az ETSI védjegyei, amelyeket a tagok és a 3GPP szervezeti partnerei javára jegyeztek be. A **oneM2M™** logó az ETSI védjegye, amelyet a tagok és a oneM2M partnerek javára jegyeztek be. A **GSM®** és a GSM logó a GSM Association által bejegyzett és tulajdonolt védjegyek.

---

## Előszó

Ezt a csoportjelentést (GR) az ETSI ötödik generációs vezeték nélküli hálózatokkal foglalkozó ipari specifikációs csoportja (ISG) készítette.

---

## Modális igék terminológiája

Ebben a dokumentumban a **"kell"**, **"nem kell"**, **"lehet"**, **"nem szükséges"**, **"lesz"**, **"nem lesz"**, **"lehet"** és **"nem lehet"** szavakat az [ETSI Szerkesztési Szabályzatának](#) 3.2. pontjában (A rendelkezések kifejezésére szolgáló szóalakok) leírtak szerint kell értelmezni.

A **"kell"** és a **"nem szabad"** kifejezések az ETSI dokumentumaiban **NEM** engedélyezettek, kivéve, ha közvetlen idézetben szerepelnek.

---

# 1 Terjedelem

Ez a dokumentum a vezetékes hálózatok F5G-től az F5G Advanced-ig tartó fejlődésének mozgatórugóit és jellemzőit vizsgálja. A dokumentum a helyhez kötött hálózatok és az adatközpontok közötti E2E-kapcsolat valamennyi szegmensére kiterjed, és kibővíti az ETSI GR F5G 001 [i.12] dokumentumban eredetileg leírt F5G-fogalmakat és jellemzőket.

---

## 2 Hivatkozások

### 2.1 Normatív hivatkozások

A normatív hivatkozások nem alkalmazhatók ebben a dokumentumban.

### 2.2 Informatív referenciák

A hivatkozások vagy konkrétak (a közzététel dátuma és/vagy a kiadás száma vagy a verziószám alapján azonosítva) vagy nem specifikus. A konkrét hivatkozások esetében csak az idézett változat alkalmazandó. A nem konkrét hivatkozások esetében a hivatkozott dokumentum legfrissebb változata (beleértve a módosításokat is) érvényes.

MEGJEGYZÉS: Bár a jelen pontban szereplő hiperhivatkozások a közzététel időpontjában érvényesek voltak, az ETSI nem tudja garantálni azok hosszú távú érvényességét.

A következő hivatkozott dokumentumok nem szükségesek a jelen dokumentum alkalmazásához, de segítséget nyújtanak a felhasználónak egy adott témakör tekintetében.

- [i.1] [Cisco Annual Internet Report, 2018-2023](#).
- [i.2] G.fgOTN projekt az ITU-ban (folyamatban).
- [i.3] Wikipedia: Wikipedia: "[Software as a Service](#)".
- [i.4] TM Forum: "[Autonóm hálózatok: iparágak](#)".
- [i.5] ITU-T Series G Supplement 51 (05/2012) ajánlás.
- [i.6] ETSI GR F5G 008 (V1.1.1.1): "Ötödik generációs helyhez kötött hálózatok (F5G); F5G használati esetek 2. kiadása". [i.7] TM Forum IG1218 (V2.2.0): "Autonóm hálózatok - Üzleti követelmények és architektúra". [i.8] TM Forum IG1230 (V1.1.1): "Autonóm hálózatok műszaki architektúrája".
- [i.9] ETSI GR ZSM 011 (V1.1.1.1): "Zero-touch network and Service Management (ZSM); szándékvezérelt autonóm hálózatok; általános szempontok".
- [i.10] [A tudásgráf bemutatása: dolgok, nem sztringek](#). [i.11] Wikipedia: "[Nagy nyelvi modell](#)".
- [i.12] ETSI GR F5G 001: "Ötödik generációs vezetékes hálózat (F5G); F5G generáció meghatározása Release #1".
- [i.13] ETSI GS F5G 006: "Ötödik generációs vezetékes hálózat (F5G); Végponttól-végpontig tartó irányítás és vezérlés; 1. kiadás".
- [i.14] ETSI GS F5G 011: "Ötödik generációs helyhez kötött hálózatok (F5G); Telemetriai keretrendszer és követelmények a hozzáférési hálózatokhoz".
- [i.15] ETSI GS F5G 005: "Ötödik generációs helyhez kötött hálózatok (F5G) F5G magas színvonalú szolgáltatási élmény Factors Release #1".
- [i.16] ETSI GR F5G 007 (V1.1.1.1): "Ötödik generációs vezetékes hálózat (F5G); F5G ipari PON".

- [i.17] [Európa digitális évtizede: digitális célok 2030-ig.](#)
- [i.18] ITU-T Y.2501 ajánlás: "Számítástechnikai energiahálózat - Keretrendszer és architektúra".
- [i.19] ETSI TR 103 775: "Hozzáférés, végberendezések, átvitel és multiplexelés (ATTM); Optikai Az elosztóhálózat (ODN) gyors kiépítése és digitalizálása".
- [i.20] IEEE 802.11ax™: "Rész: Vezeték nélküli helyi hálózatok médium-hozzáférés-vezérlése (MAC) és fizikai rétege (PHY) specifikációk 1. módosítás: Nagy hatékonyságú WLAN fejlesztések".
- [i.21] IEEE 802.11be™: " IEEE szabványtervezet: Információs technológia - Távközlés és információcsere rendszerek között - Helyi és nagyvárosi hálózatok - Speciális követelmények - 11. rész: Vezeték nélküli helyi hálózatok médiáhozáférés-vezérlő (MAC) és fizikai réteg (PHY) specifikációk módosítása: Rendkívül nagy áteresztőképességű (EHT) fejlesztések".
- [i.22] IEEE 802.11bf™: " Speciális követelmények. 11. rész: Vezeték nélküli helyi hálózatok médium-hozzáférés-vezérlési (MAC) és fizikai réteg (PHY) specifikációi, 2. módosítás: A vezeték nélküli helyi hálózatok érzékelésének továbbfejlesztése".
- [i.23] ITU-T G.9804 sorozatú ajánlás: "Nagyobb sebességű passzív optikai hálózatok".
- [i.24] ITU-T G.984.series ajánlás: "Gigabit-képes passzív optikai hálózatok (GPON)". [i.25] ITU-T G.9701 ajánlás: "Gyors hozzáférés előfizetői végberendezésekhez (G.fast) specifikáció".
- [i.26] ITU-T G.987 sorozatú ajánlás: "10 gigabites passzív optikai hálózati (XG-PON) rendszerek: Meghatározások, rövidítések és rövidítések".
- [i.27] ITU-T G.9807 sorozatú ajánlás: "10 gigabit-képes szimmetrikus passzív optikai hálózat (XGS-PON)".
- [i.28] [Ötödik generációs vezetékes hálózat \(F5G\); F5G Advanced Release Documentation \(Release 3 és 4\).](#)
- [i.29] [Ötödik generációs vezetékes hálózat \(F5G\); F5G Release Documentation Release 1. és 2. kiadás.](#)

## 3 A kifejezések, szimbólumok és rövidítések meghatározása

### 3.1 Feltételek

E dokumentum alkalmazásában a következő fogalmak alkalmazandók:

**Mesterséges intelligencia szolgáltatásként (AIaaS):** olyan szolgáltatás, amely kiszervezi a mesterséges intelligenciával kapcsolatos számítástechnikát, hogy magánszemélyek és vállalatok minimális költséggel fedezhessék fel és skálázhassák a mesterséges intelligencia technikáit.

MEGJEGYZÉS: Az AIaaS motivációja az, hogy a házon belüli AI-alapú megoldások kifejlesztése összetett folyamat, amely hatalmas tőkebefektetést igényel, ezért a kiszervezés és a szolgáltatásként történő beszerzés előnyös.

**számítási teljesítményű hálózatok:** olyan hálózattípus, amely optimalizált erőforrás-elosztást valósít meg a szolgáltatási csomópontok számítási, tárolási, hálózati és egyéb erőforrás-információinak hálózati vezérlő sík (pl. központi vezérlő, elosztott útválasztási protokoll stb.) segítségével történő elosztásával.

MEGJEGYZÉS: A hálózati környezetet és a felhasználói követelményeket kombinálja a számítási, tárolási és hálózati erőforrások optimális elosztásának, társításának, tranzakcióinak és ütemezésének biztosítása érdekében (lásd: "A hálózati erőforrások optimális elosztása"). ITU-T Y.2501 [i.18] ajánlás a meghatározáshoz).

**digitális iker:** egy fizikai tárgy vagy rendszer virtuális reprezentációja annak teljes életciklusa során, valós idejű adatok felhasználásával a megértés, a tanulás és az érvelés lehetővé tétele érdekében.

**Fibre to the thing (FTTThing):** integrált technológiai rendszer a kommunikációs rendszer végberendezéseire való csatlakozás biztosítására, amelyben az üvegszál közvetlenül a végberendezéshez csatlakoztatják hálózati végberendezés helyett.

**metaversum:** olyan, jellemzően virtuális valóságon vagy kiterjesztett valóságon keresztül megtapasztalható, magával ragadó online világok javasolt hálózata, amelyekben a felhasználók egymással kapcsolatba lépnek, valamint árukat és szolgáltatásokat vásárolnak, amelyek közül néhány csak az online világban létezik.

## 3.2 Szimbólumok

Üres.

## 3.3 Rövidítések

A jelen dokumentumban a következő rövidítések használatosak: 50G-

PON50	gigabites passzív optikai hálózat Mesterséges intelligencia AIaaSArtificial Intelligence as a Service (Mesterséges intelligencia mint szolgáltatás) ANLAutonóm hálózati szint
API	Alkalmazásprogramozási interfész
AR	Kiterjesztett valóság CIaaSzámítási infrastruktúra mint szolgáltatás COCentral Office
DASAz	elosztott akusztikus érzékelés DSPDigitális jelfeldolgozás
DU	Elosztott egység E2EEnd to End ECEEdge Computing
EMI	Elektromágneses interferencia F5Ötödik generációs vezeték nélküli hálózat F5G-AF5G Haladó FECElső hibajavítás fgOTNfinomszemcsés OTN FTTDFibre To The Desk FTTMFibre To The Machine
FTTO	Fibre To The Office FTTThingFibre To The Thing
The Thing Room (üvegszál kábeltévé az irodába)	FTTRFibre To The Room (üvegszál kábeltévé az irodába) GPONGigabites PON HDHigh Definition HMDHead-Mounted Display IaaSInfrastruktúra mint szolgáltatás
ICT	Információs és kommunikációs technológia
IEEE	Elektrotechnikai és Elektronikai Mérnökök Intézete IoT A dolgok internete
IT	IPInternet protokoll Információs technológia LANLocal Area Network (Helyi hálózat)
LDPC	Low Density Parity Check
NETCONF	Network Configuration protocol NFVNetwork Functions
Virtualisation (Hálózati funkciók virtualizálása)	NRZNon Return to Zero O&MOperation & Management OAMOperation Administration and Maintenance
ODN	Optical Distribution Network (optikai elosztóhálózat) ODUOptikai csatorna adategység OLTOptikus vonalvégződés ONUOptikai hálózati egység



	PON	Passzív optikai hálózat
	QoE	Quality of Experience
	QoS	Quality of Service
	SDH	Szinkron adathierarchia
	SNMP	Simple Network Management
Protocol SaaS		Szoftver mint szolgáltatás
SOHO		Kis irodai és otthoni irodák
	SONET	Szinkron optikai
hálózat TDM		Time-Division-Multiplex
TDMA		Időosztásos többszörös hozzáférés
	UHD	Ultra High Definition
	VNF	Virtualizált hálózati funkció
	VoIP	Voice over IP
	VPN	Virtuális magánhálózat
	VR	Virtuális valóság
	WDM-PON	Wavelength Division Multiplexing Passive
Optical Network	Wi-Fi®	Wireless Fidelity (vezeték nélküli hűség)
	XG10	Gbps
	XG-PON10	Gigabit-képes passzív optikai
hálózat XGS		10 Gbps szimmetrikus
XGS-PON		10 gigabites szimmetrikus passzív optikai hálózat
XRExtended		Reality (kiterjesztett valóság)
	YANG	Yet Another Next Generation.

---

## 4 Áttekintés

Az ETSI F5G ipari specifikációs csoportja (ISG) folyamatos fejlődési megközelítést alakított ki a vezetékes hálózatok generációinak meghatározására, amely az iparágat egy következetes E2E hálózati jövőkép felé irányíthatja.

Az ETSI GR F5G 001 [i.12] meghatározza az ötödik generációs vezetékes hálózatok generációját, hogy lehetővé tegye a technológiai szabványok szélesebb körű elfogadását és elősegítse a globális piac kialakulását. Az F5G hálózatok következő fejlődési lépcsője felé való haladást számos mozgatórugó motiválja, például a különböző szolgáltatások vagy alkalmazási területek digitalizálása vagy felhőszerűsítése, az újonnan megjelenő technológiák és a hálózati infrastruktúra fejlesztései, a hálózat növekvő sűrűsége és alkalmazhatósága különböző célokra és környezetekben. Az F5G fejlődését figyelembe kell venni, és meg kell határozni az F5G Advanced felé vezető következő lépéseket.

Ez a dokumentum az F5G-től az F5G Advanced-ig tartó fejlődési utat vizsgálja, és részletezi az F5G Advanced hat dimenzióját. A dimenziók közül három már az F5G [i.12] esetében is specifikálva volt, és az F5G Advanced ezeken a dimenziókon vezet be fejlesztéseket. Az F5G Advanced emellett három új dimenziót vezet be, amelyek lehetővé teszik az újonnan megjelenő szolgáltatások követelményeinek teljesítését. A hat dimenzióhoz tartozó legfontosabb alaptermészetekről van szó. Az F5G Advanced és az azt követő időszak kilátásait e dokumentum 8. pontja ismerteti.

---

## 5 Az F5G-től az F5G Advanced-ig

### 5.1 Az F5G Advanced alkalmazási követelményei

#### 5.1.1 F5G Advanced - a feltörekvő alkalmazások támogatója

Az ETSI GR F5G 001 [i.12] az ETSI GR F5G 001 [i.12] néhány fontos újonnan megjelenő alkalmazási követelményt tárgyal. Ezek a követelmények főként a lakossági, üzleti és vertikális iparágakból származnak. Számos tipikus alkalmazást elemeznek, mint például a Cloud VR, a 8K HD videók, a SOHO, valamint az intelligens városok és az intelligens gyártás. Ezek az alkalmazások olyan követelményeket támasztanak, mint a hálózati sávszélesség, az E2E minőségbiztosítás, a biztonság és a hálózati lefedettség az FTTR és a Wi-Fi alapján®.

Az F5G Advanced támogatja a feltörekvő digitális szolgáltatások következő generációját, például a digitális ikreket és a metaverseket, hogy csak kettőt említsünk, és tovább gyorsítja a szálal szolgáltatások népszerűsítését, valamint kielégíti az emberek személyre szabott és jobb minőségű szolgáltatások iránti igényeit. Ezek az újonnan megjelenő digitális szolgáltatások szigorúbb követelményeket támasztanak a kommunikációs hálózati technológiákkal szemben.

Ugyanakkor a tudományos, technológiai és ipari fejlődés világszerte felgyorsul. A digitális fejlődés a világgazdaság fontos növekedési motorjává vált. Az ipari digitalizáció elősegítette a termelési módszerek átalakulását az intelligensebb infrastruktúra és a magasabb minőség elérése érdekében.

A jelenlegi F5G hálózati technológia a korábbi generációkhoz, például az F4G-hez képest nemcsak a hálózati teljesítményt, hanem az energiahatékonyságot is javította azáltal, hogy az üvegszálak mindenhová kiterjesztette és felváltotta az energiaigényes hagyományos rézhálózatokat. A szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére és a szén-dioxid-semlegesség elérésére irányuló közös globális céllal az F5G hálózati technológia további fejlődését kell előmozdítani a jövőbeli zöld átmenet és az alacsony szén-dioxid-kibocsátású trendek, például az alacsonyabb bitenkénti energia elérése érdekében. Ugyanakkor a különböző, nagy energiaigényű iparágak alacsony szén-dioxid-kibocsátású átalakulása támogatható az F5G hálózati technológia további fejlesztésével, hogy intelligensebb hálózati infrastruktúrát biztosítson ezen igények kielégítésére.

## 5.1.2 Új alkalmazások

### 5.1.2.1 Digitális ikertestvér

A digitális iker egy integrációs megközelítés és több digitális technológia innovatív alkalmazása, amely fejlett modellező eszközökön alapul, hogy a fizikai objektumok pontos digitális modelljeit a jobb működés érdekében valós idejű adatok gyűjtésén alapuló, pontos digitális modelleket határozzon meg. A digitális iker megvalósítja a fizikai objektumok és a digitális modellek integrációját, és ezáltal átfogó döntéshozatali képességet épít ki, és támogatja a fizikai objektumok működésének optimalizálását.

A digitális iker használható az irányítási döntések és eredmények javítására az egyes objektumok, például egy autó vagy egy robot vizualizálásán és támogatásán keresztül, egészen az intelligens robotflották, az összetett gyártási műveletek és az intelligens városok komplexitásáig.

Ahhoz, hogy a digitális ikrek pontos, valós idejű információgyűjtést és a fizikai világgal való valós idejű interakciót valósíthassanak meg, a hálózatok meglévő architektúrájának és képességeinek fejlesztésére van szükség. Az F5G Advanced célja, hogy biztosítsa a szükséges kulcsfontosságú teljesítményeket, például a nagyszámú eszköz összekapcsolását, a nagy adatátviteli teljesítményt és a determinisztikus átviteli képességeket.

### 5.1.2.2 Metaverse

A Metaverse független, de egymással összekapcsolt hálózatok tartós és magával ragadó digitális környezete. Olyan tartós, decentralizált, együttműködő, interoperábilis digitális tartalmat tesz lehetővé, amely a fizikai világ tárgyaival keresztezi egymást.

A metaversushoz többféle technológia, például a kiterjesztett valóság (AR), az eXtended Reality (XR) vagy a vegyes valóság (MR), a tárgyak internete (IoT), a mesterséges intelligencia (AI) és a felhőalapú számítástechnika együttes használatára van szükség. Ezek a technológiák együttesen alkotnak egy teljes metaverse megoldást.

A metaversumnak szüksége van arra, hogy a hálózat nagyszámú felhasználó széles körű összekapcsolását támogassa, rugalmas és rugalmas hálózatépítést támogasson, és szélsőségesebb követelményeket támaszt a hálózati teljesítményre vonatkozóan. A hálózati szolgáltatások interakciója és együttműködése tekintetében a hálózatnak a képességorientáltról szolgáltatásorientálttá kell válnia, fokozva a hálózati szolgáltatási alkalmazások integrációját, létrehozva egy együttműködési modellt, és jobban támogatva a nagymértékben interaktív szolgáltatások igényeit.

Szükséges a többfolyamú szolgáltatások finom szemcsés QoS-biztosításának megvalósítása, valamint a különböző adatfolyamok, például a videó, a hang, a hálózati vezérlőjelzés és a teljesítményfigyelés átvitelének összehangolása. Ez biztosítja az összes adatfolyam megfelelő QoS-ét a kiváló általános szolgáltatási élmény elérése érdekében.

A hálózati sávszélességgel és a determinisztikus teljesítménnyel szemben támasztott magas metaverse szolgáltatási követelmények miatt az egyidejű felhasználók kiszolgálása nagyobb kihívást jelent a hálózati erőforrások dinamikus, valós idejű optimalizálása és beállítása szempontjából.

### 5.1.2.3 Determinisztikus hálózatépítés vertikális iparágak számára

Az internetes technológiák globális lefedettséget értek el, és egyre nagyobb mértékben használják őket az ipari termelésben. Egyre nehezebbé válik, hogy a hagyományos "best effort" hálózati architektúra és képességek támogassák a jövőbeni vertikális ipari szolgáltatási követelményeket a differenciált hálózatépítés, az alacsony késleltetésű és alacsony jitterű átviteli képességek tekintetében.

A hálózati késleltetési időt, a csomagjittert, a csomagvesztést és más, a szolgáltatásminőségi mérőszámokat meghatározó kulcsfontosságú paramétereket optimalizáló determinisztikus hálózati technológiák megbízható és garantált átviteli képességeket biztosíthatnak. Az intelligens gyárak, intelligens hálózatok, távoli ipari vezérlés, közlekedésbiztonsági ellenőrzés, telemedicina, pilóta nélküli vezetés és más alkalmazások igényei így kielégíthetők, nagymértékben javítva a valós világ termelékenységét és kreativitását.

A determinisztikus hálózati technológia kombinálható a hálózati virtualizációval és a hálózati szelektív technológiával az alkalmazási forgatókönyvek felosztása, a különböző üzleti igényeknek megfelelő determinisztikus képességek elkülönítése és a különböző ügyfelek számára differenciált determinisztikus teljesítmény megvalósítása érdekében.

A determinisztikus hálózati technológia a számítási teljesítményű hálózatok QoS-jának optimalizálására is alkalmazható [i.18], javítva a szigorú hálózati teljesítménykövetelmények támogatását. Ezáltal biztosítható a koordináció végponttól végpontig tartó számítástechnika és hálózatépítés, és valós időben osztja ki a feladatokat a megfelelő számítástechnikai csomópontokhoz. Ezenkívül képes megfelelni a tömeges adatfeldolgozás, -átvitel és -tárolás követelményeinek, és az ügyfeleknek a számítástechnikai és hálózati konvergencia jobb szolgáltatási élményét nyújtja.

### 5.1.2.4 Az alkalmazások digitalizálása és felhőszerűsítése

A felhőkörnyezetekre való áttérés minden piaci szegmensben terjed, ami növeli a sávszélességgel, rendelkezésre állással, alacsony késleltetéssel és jitterrel kapcsolatos hálózati követelményeket. Emellett a számítás, a tárolás és a hálózatépítés hatékony egyensúlya a peremfelhő-architektúrában lehetővé teszi a teljes energiafogyasztás optimalizálását.

Ezek a tényezők nagymértékben befolyásolják a vállalati és egyetemi digitalizáció és a felhősítés sikerét. A hálózatüzemeltetők számára ez lehetőséget teremt a prémium számítási teljesítményű hálózatokon alapuló szolgáltatások fejlesztésére egy "as a Service" modellben, ami több intelligenciát ad a szolgáltatások létrehozásához és az ügyfélkapcsolatok javításához. A megfelelő frontend portálokon keresztül a felhasználók kiválaszthatják és teste szabhatják a szükséges szolgáltatásokat. Az F5G Advanced hálózatok lehetővé teszik ezt a fejlődést, és kiterjesztik a Fibre To The Office (FTTO) megoldások körét.

Egy másik feltörekvő terület, akár az üzleti, akár a lakossági felhasználók számára, az Ultra High Definition (UHD) élményt nyújtó alkalmazások, amelyek gyakran igényelnek felhőalapú erőforrásokat, nagy sávszélességet és alacsony késleltetést.

## 5.2 A hálózati infrastruktúrákkal szembeni trendek és igények

### 5.2.1 A nagyobb sávszélesség és a minőségi élmény (QoE) keresése

A szolgáltatások és a sávszélesség fejlődése egy erényes ciklust alkot, amelyben az új szolgáltatások több sávszélességet igényelnek, a nagyobb sávszélesség pedig új szolgáltatások létrehozásának kedvez.

A digitalizálás és a felhősítés minden szegmensben - beleértve a lakossági felhasználókat, a közszolgáltatásokat, az egészségügyet vagy az ipart - trend. Az UHD-videók, a kiterjesztett valóság vagy a távoli munkavégzés felé történő fejlődés a felhasználók és a végpontok számának növekedését eredményezi, és a nagyobb és jobb szélessávú kapacitás és funkcionalitás iránti keresletet ösztönzi.

Az F5G Advanced a vezetékes hálózatok evolúciójának következő lépése, amely olyan ökoszisztémát biztosít, amely a nagyobb sávszélességű technológiákat a megfelelő architektúrával és E2E menedzsmenttel integrálja, lehetővé téve a szükséges rugalmasságot és agilitást a szolgáltatások és telepítési környezetek széles skálájának kezeléséhez.

Ez a fejlődés különböző ütemben haladhat az egyes szolgáltatásoktól, alkalmazásoktól és piaci szegmensektől függően. Az EU 2030-ig szóló digitális célkitűzéseiben [i.17] foglaltak szerint azonban a következő lépés az, hogy 2030-ra mindenki számára Gbit-es hálózati hozzáférést biztosítsunk.

Az ETSI ISG F5G által megfogalmazott "szálak mindenhová és mindenhová" jövőkép trenddé válik, amely FTTR, FTTD vagy FTTM néven számos környezetbe mélyebbre terjeszti az üvegszálat.

A végpontok számának és az alkalmazások sokféleségének növekedésével párhuzamosan egyre nagyobb igény mutatkozik a hálózati infrastruktúra minőségére, ahol a sebességre való összpontosítást kiegészítik a késleltetési időre, a jitterre és az olyan funkciókra vonatkozó különleges követelmények, mint az E2E szelektív, amely prémium minőségű élményt (Quality of Experience, QoE) biztosít. Az erőforrásoknak elérhetőnek és garantálnak kell lenniük az infrastruktúrát használó valamennyi szolgáltatás számára. A gazdag szolgáltatási funkcionalitás miatt az infrastruktúrának számos követelményt kell kielégítenie az 1. ábrán bemutatottak több dimenziója mentén.

Az ETSI GR F5G 005 [i.15] meghatározta a QoE kezdeti keretrendszerét, amely az F5G Advanced felé történő

továbbfejlesztés részét képezi.

## 5.2.2 A hálózati műveletek digitalizálása és automatizálása

Az optikai hálózatok gyorsan bővülnek a felhasználók száma, a csatlakoztatott eszközök száma és a szolgáltatási követelmények sokfélesége tekintetében, különböző szegmenseket lefedve, amelyek megoszthatják a hálózati erőforrásokat. E növekvő dimenzió és összetettség kezelése érdekében a hálózati műveletek digitalizálása és automatizálása kulcsfontosságú követelmény. A hálózati irányítás holisztikus szemléletére van szükség. Az F5G generáció esetében ezeket a szempontokat az ETSI GS F5G 006 [i.13] és az ETSI GS F5G 011 [i.14] tartalmazza; az F5G Advanced esetében továbbfejlesztésre lesz szükség.

Az autonóm hálózati megközelítések alkalmazása továbbá intelligenciát és egyszerűséget kölcsönöz az üzemeltetési adminisztrációnak és karbantartásnak (OAM), ami növeli az üzemeltetés egyszerűségét és csökkenti az üzemeltetési költségeket. Ez a tendencia az ISG F5G-ben már elindult, és a további fejlesztésekben tovább bővül. Az alapvető technológiák, mint például a szolgáltatási szándék, a többdimenziós tapasztalati tudatosság és az adaptív hálózati kiigazítás segítségével a hálózati irányítási rendszer a TMF által meghatározott magasabb autonóm hálózati szintre (ANL) fejleszthető. Ez magában foglalja a szolgáltatásokra való közel nulla várakozás, a hálózat karbantartásához való nulla érintés és a szolgáltatásokkal kapcsolatos nulla hiba elérését.

## 5.2.3 Az optikai szál hálózatok mindenütt jelen lesznek

Az optikai hálózatok - akár hozzáférési, aggregációs vagy maghálózati hálózatokról van szó - a szélessávú fejlődés kulcsfontosságú infrastruktúráját jelentik, amely egyre több alkalmazást és követelményt elégít ki a legkülönbözőbb szegmensekben, például a lakossági, vállalati, egyetemi vagy ipari szegmensekben. Alapvető fontosságúak számos más hálózat támogatásában is, mint például a mobil és vezeték nélküli hálózatok (pl. Wi-Fi®) vagy az adatközpontok összekapcsolása.

Az optikai hálózatoknak ez a mindenütt jelenlévővé váló kulcsszerepe az optikai kábel-infrastruktúrák tömeges és gyors kiépítéséhez is vezet, amelyek passzívak lévén számos menedzsment-kihívással szembesülnek, mint például a nagyszámú passzív erőforrás felhalmozása, az eszközök helyének feltérképezése, a megbízható valós idejű foglaltsági állapot és a teljesítmény nyomon követése. E kihívások kezelése érdekében új technológiákat és architektúrákat kell bevezetni, amelyek célja a passzív szál erőforrások, topológiák és az optikai elosztóhálózat (ODN) kapcsolati állapotának vizualizálásának megkönnyítése. Az ETSI TR 103 775 [i.19] foglalkozik e kérdések némelyikével. Az F5G Advanced javítja az optikai szál infrastruktúra általános üzemeltetési és karbantartási hatékonyságát és a felsőbb szintű szolgáltatási hálózatok automatizálási képességét.

Ezenkívül az optikai szál kábelek "érzékelő" képességekkel rendelkeznek, amelyeket ki lehet használni az optikai szál infrastruktúra irányításának javítására. Az optikai szálak érzékelési technológiája, amelyet az elosztott akusztikus érzékelés (DAS) képvisel, képes a környezeti információk, például a rezgés, a feszültség és a hőmérséklet-változások rögzítésére és gyűjtésére. Ezt a technológiát az olaj- és gázvezetékek behatolásának megfigyelésében és a szénbányák szállítószalagjainak megfigyelésében alkalmazták, új dimenziót nyitva az optikai hálózatok előtt.

## 5.2.4 Zöld és digitális a fenntartható társadalomért

A digitális átalakulás a társadalom minden területét áthatja, ami olyan képes és rugalmas hálózatokat igényel, amelyek képesek alkalmazkodni a különböző érdekelt felek igényeihez. Ez az átalakulás hozzájárul a környezetbarátabb társadalom és a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésének kihívásaihoz.

Az optikai hálózatok kulcsfontosságú infrastruktúrákat jelentenek a zöld és digitális célkitűzések eléréséhez.

A termelékenység növekedése, a virtuális megbeszélések vagy a távmunka elfogadása csak néhány példa a hatékony hálózatok által támogatott digitális átalakulás által elért energiamegtakarításra. De magának a hálózatnak az energiafogyasztását is kezelni és lehetőség szerint csökkenteni kell, és az optikai hálózatoknak ebben is kulcsszerepük van.

A hozzáférés terén a PON-hálózatok passzív felépítése más lehetőségekkel összehasonlítva nagyon energiatakarékosá teszi azt. Az aggregációs és maghálózatokban az optikai kapcsolat és a mesterséges intelligencia fejlődése segítette a fokozott útválasztási intelligenciát, biztosítva a legnagyobb energiahatékonyságú forgalmi útvonalakat.

Az optikai szálak infrastruktúrájának kezelésében elért fejlesztések hozzájárulnak a szén-dioxid-kibocsátás csökkentéséhez. A karbantartás és a hálózati hibák kijavítása érdekében végzett helyszíni műveletek utazási és emberi erőforrásokat igényelnek; ezek a hálózatüzemeltetés fő költség- és szén-dioxid-kibocsátási forrásai. Az önműködő hálózatokhoz és végső soron az öngyógyító hálózatokhoz vezető folyamat ezért fontos tendencia.

## 5.2.5 A számítástechnika integrálása a hálózatba

A digitális átalakulás magában foglalja a számítási teljesítményű hálózatok megvalósítását, ahol a mesterséges intelligencia (AI) az infrastrukturális műveletek rugalmasságát, alkalmazkodóképességét és hatékonyságát segíti elő.

A számítástechnika, a tárolás és a kommunikáció integrációja megköveteli a különböző erőforrások és infrastruktúra-összetevők összehangolását. Ebben a forgatókönyvben a hálózati infrastruktúrát több intelligenciával és autonóm hálózati funkciókkal egészítik ki, hogy lehetővé tegyék az egyes komponensek dinamikus skálázódását, és biztosítsák a szolgáltatások iránti kereslet és a szolgáltatások helyének változásaira való reagáláshoz szükséges erőforrásfunkciókat. A számítástechnika, a tárolás és a hálózat kombinációjának alapvető funkciója az alkalmazások és szolgáltatások intelligens rendelkezésre bocsátása, valamint az infrastruktúra önalkalmazkodása a teljesítmény és a funkcionalitás tekintetében a követelmények teljesítéséhez.

A számítástechnikai képességek hálózatba ágyazása várhatóan új szolgáltatási ajánlatokat tesz lehetővé. A számítástechnikának a hálózatokba történő integrálásából új kombinált informatikai, média- vagy kommunikáció-központú szolgáltatások jöhetnek létre, ahol az infrastruktúra nagyfokú rugalmasságára van szükség az ilyen szolgáltatások lehetővé tételéhez. Új szabványosított interfészekre van szükség a számítástechnika és a hálózat között. A számítási teljesítményű hálózati [i.18] infrastruktúra esetében a számítástechnikai és hálózati erőforrások közös optimalizálása és a szolgáltatásminőség együttes kezelése valósítható meg. A szolgáltatások ezáltal könnyen garantálhatók. A szolgáltatói infrastruktúrának át kell térnie a platformalapú megközelítésre, amely lehetővé teszi, hogy ugyanazon az infrastruktúrán különböző szolgáltatások sokaságát lehessen előállítani.

## 5.2.6 Ipari optikai hálózatok

Az iparágak a digitalizáció útján haladnak, hogy hatékonyabbá, fenntarthatóbbá és agilisabbá váljanak. A megfelelő kommunikációs hálózatokba és számítástechnikai infrastruktúrákba való beruházás kulcsfontosságú a cél eléréséhez. Az optikai hálózatok nagy sávszélessége, alacsony késleltetése, nagy megbízhatósága és elektromágneses interferenciával (EMI) szembeni immunitása nagyon alkalmassá teszi őket az iparban való alkalmazásra.

Az iparági ökoszisztéma azonban a környezeti feltételek, a speciális interfészek és a szigorú QoS-követelmények tekintetében olyan kihívásokat jelent, amelyek a meglévő szabványok bizonyos mértékű kiigazítását igénylik. Az optikai hálózatok ipari környezetben történő használatát több F5G felhasználási esetben is figyelembe vették, és az első értékelést az ETSI GR F5G 007 [i.16] dokumentumban tették közzé.

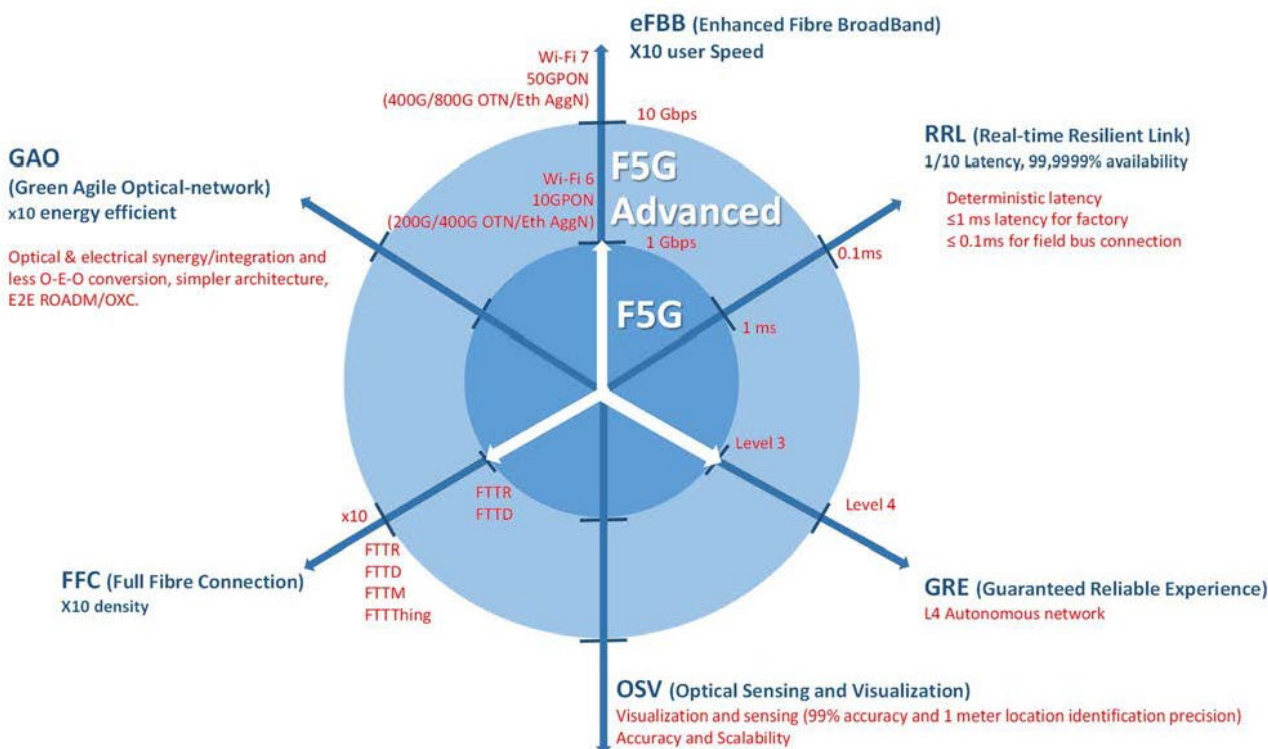
A meglévő tanulmányok mellett az F5G Advanced foglalkozik a natív ipari optikai hálózatok követelményeivel, amelyek hatékony E2E megoldást tesznek lehetővé az ipari környezetek számára.

---

# 6 F5G Advanced méretek

## 6.1 F5G Advanced jellemző méretei

Az 1. ábra az F5G Advanced hat dimenzióját mutatja be. Minden egyes dimenzió az azt lehetővé tevő néhány fontosabb technológiát és a funkcionális vagy teljesítménytartományban az adott jellemzők kulcsmutatóit mutatja be. Végül az 1. ábra szemlélteti az F5G-től az F5G Advanced-ig tartó fejlődést. Az egyes dimenziókat a 6. pont ismerteti.



1. ábra: Az F5G Advanced hat dimenziója és az alaptechnológiák jellemzői

## 6.2 F5G Speciális méretek meghatározása

### 6.2.1 Továbbfejlesztett üvegszálás szélessávú internet (eFBB)

Az alkalmazások sávszélessége évente mintegy 40 %-kal nő, és ez a tendencia várhatóan folytatódik [i.1]. E növekedés forrásai közé tartozik a végpontok számának növekedése, az egyre több alkalmazás (metaversus és immersív szolgáltatások) elterjedése, valamint a meglévő alkalmazások használatának bővülése. A vezetékes hálózatnak lépést kell tartania ezzel a növekedéssel, ami a szállítási, az aggregációs, a hozzáférési és az ügyfélhelyezsini hálózatok korszerűsítését jelenti. Az F5G esetében a feltételezés szerint előfizetőnként akár 1 Gbit/s-ra is szükség van, a felhasználói profiltól és a választott előfizetéstől függően. Az F5G Advanced esetében a feltételezés az, hogy a felhasználók előfizetőnként akár 10 Gbit/s-ot is használhatnak.

Az optikai szállítási és aggregációs hálózatban az F5G-korszakban az uralkodó technológiák 200G és 400G lambdánként (OTN vagy Ethernet) biztosítanak. Az F5G Advanced sávszélesség-növekedése ezt lambdánként 800G-ra növeli, amihez párosul a hullámhosszok számának növelése szélesebb optikai spektrumon keresztül szálanként. Lásd a 7.6. pontot az optikai keresztkapcsolatok szempontjairól és használatáról a hálózat szélén, amelyek lehetővé teszik az alacsonyabb energiafogyasztást és a nagy sávszélességet.

Az F5G optikai hozzáférési rendszer az XG(S)-PON, és jelenleg telepítés alatt áll. A PON-alapú rendszereket, annak architektúrájával együtt, megtartják az F5G Advanced-ben, és a hozzáférési hálózat sávszélességének növelése érdekében 50G-PON-ra fejlesztik. Bizonyos, inkább üzleti célú forgatókönyvek esetében az OTN-t kiterjesztik a peremre a finomszemcsés OTN (fgOTN) [i.2] használatával, amely kemény elszigetelésű és keményen garantált jellemzőkkel rendelkező, 1G alatti kapcsolatokat tesz lehetővé.

A helyiségen belüli hálózat esetében a sávszélesség növelésére többféle lehetőség is van, többek között az FTTR (Fibre To The Room) és a Wi-Fi® 6-ról a Wi-Fi® 7-re történő frissítés. Az FTTR-rel és annak nagyobb sávszélességű változataival az üvegszálás technológiák előnyei az otthoni hálózatokra is kiterjednek.

### 6.2.2 Valós idejű rugalmas kapcsolat (RLL)

Az interaktív, magával ragadó élményszolgáltatások megjelenése és az iparág digitalizálása a fő mozgatórugói a valós idejű rugalmas kapcsolat (RLL) dimenziójának az F5G Advanced-ben.

Az interaktív, magával ragadó élményt nyújtó szolgáltatások, beleértve a Cloud VR-t, AR-t, XR-t stb., a hatalmas sávszélességigény mellett a végponttól végpontig tartó késleltetés, a jitter és a kapcsolatok rendelkezésre állása is kulcsfontosságú teljesítménykérdés a zökkenőmentes felhasználói élményhez. A hálózat végponttól végpontig tartó, kiváló minőségű kapcsolatot biztosít az adatközpontokban lévő tartalomkiszolgálók és a végfelhasználók között széles földrajzi területeken.

Az ipar digitalizálása újszerű ipari alkalmazások révén valósul meg, mivel a gépek és platformok között valós idejű adatáramlás zajlik, amely nagyon szigorú követelményeket támaszt a determinisztikus átvitelre és a szinte nulla csomagvesztésre vonatkozóan. Az F5G Advanced szálalapú hálózata valós idejű, rugalmas kapcsolatokat tud biztosítani a PON és a Wi-Fi® technológiákkal. Újszerű szálalapú optikai buszok alkalmazhatók, amelyek előnye a nagyobb sávszélesség, az elektromágneses zavarokkal szembeni immunitás és a hosszabb élettartam a hagyományos rézalapú terepi buszkapcsolatokhoz képest. Az ipari környezetben is szükség van interaktív, magával ragadó szolgáltatásokra, mivel a gépek telepítéséhez és karbantartásához távoli technikusokkal való, AR- és XR-technológiákon alapuló együttműködést alkalmaznak.

Ezek a feltörekvő alkalmazások megkövetelik, hogy a Real-time Resilient Link (RRL) az F5G Advanced része legyen. A szállítási hálózat, a hozzáférési hálózat PON-alapú üvegszál hálózattal és a Wi-Fi® alapú vezeték nélküli hálózattal lehetővé teszi az RRL képességek elérését.

### 6.2.3 Garantáltan megbízható tapasztalat (GRE)

A garantáltan megbízható tapasztalatokról (GRE) beszélve több szempontot is figyelembe kell venni. Az egyik szempont az, hogy a felhasználói élmény a szubjektív érzékeléshez kapcsolódik, és környezetfüggő is. Emellett egy bizonyos minőség megbízható garantálása érdekében megfelelő erőforrás-kezelési, -elosztási, -ellenőrzési és -elkülönítési mechanizmusokat kell alkalmazni. Végül, a GRE alapjaként a dedikált számítástechnikai erőforrásokkal rendelkező mesterséges intelligencia alapú mechanizmusokra van szükség.

A számítástechnika hálózatba integrálása számos előnnyel jár. A számítástechnika a hálózat jobb működéséhez használható, beleértve a mesterséges intelligencia alapú képzési és döntési algoritmusok futtatásának képességét. A számítástechnika arra is felhasználható, hogy az ügyfelek számára számítási infrastruktúra-szolgáltatásként (CaaS), mesterséges intelligencia-szolgáltatásként (AIaaS) vagy szoftver-szolgáltatásként (SaaS) [i.3] nyújtsanak szolgáltatásokat. Üzemeltetési szempontból a hálózaton belüli számítási képességeket a szolgáltatások javítására használják a jobb élmény érdekében. Az ügyfelek számára a számítási és tárolási szolgáltatások szolgáltatásként történő nyújtásának modellje lehetővé teszi a további értéknövelt szolgáltatások bármilyen kombinációban.

A számítástechnika integrálása elengedhetetlen, ha a mesterséges intelligenciát (AI) a hálózatok és szolgáltatások intelligensebbé tételéhez használjuk. Ezen túlmenően az AI a hálózatban szolgáltatásként is nyújtható az ügyfelek számára. A képzéshez és a döntéshozatalhoz szükséges adatmennyiség miatt a hálózatban a számítási teljesítmény növelésére van szükség, és az elosztott és összegyűjtött adatok mennyisége is növekszik, így magának a hálózatnak is képesnek kell lennie megbirkózni ezzel a többletforgalommal.

Egy összetettebb F5G Advanced hálózat működtetéséhez szükséges az autonóm hálózati szint növelése. Ez a TM Forum autonóm hálózat definíciójában [i.4] szereplő 4. "nagyfokú autonómia" szintre irányul. Ez a következőket foglalja magában  
önkonfiguráció, öngyógyítás és önoptimalizálás a hálózati működésben. Ez pedig számos dimenzióban javítja a felhasználói élményt és a szolgáltatás minőségét, többek között:

- A teljesítési időt csökkentő automatikus ellátás.
- Megbízhatósági garanciák a hibakezelési hatékonyság növelésével.
- A hálózat minőségének intelligens diagnózisa, amely lehetővé teszi a gyors hibalokalizációt és a megelőző karbantartást.
- A kiépítés és a kapacitás optimalizálása intelligens előrejelző hálózattervezéssel.

A GRE-ben lévő számítási teljesítményű hálózat másik szempontja a szolgáltatási gazdagság növelésének képessége. Sokkal nagyobb a szabadság a pusztán kommunikáción túli vonzó szolgáltatások létrehozására. Mivel az infrastruktúra képes a szolgáltatások ilyen sokaságát létrehozni vagy működtetni, e szolgáltatások intelligens kezelése előfeltétel.

### 6.2.4 Optikai érzékelés és vizualizáció (OSV)

Az optikai hálózatok és a Wi-Fi® által lehetővé tett multimodális érzékelési technológiák felhasználhatók olyan környezeti adatok gyűjtésére, mint a rezgés, a hőmérséklet, a nyomás, a törzs és mások, amelyek a digitális

ikertechnológiákkal kombinálva kihasználhatják a hálózatok és szolgáltatások (lakossági, vállalati és ipari) új tudatossági képességeit.

Ezek az érzékelési képességek az F5G-A generáció számára új, széles körű alkalmazásokat tesznek lehetővé, amelyeket tovább vizsgálnak, akár olyan szolgáltatásokhoz, amelyeknek optikai és Wi-Fi® érzékeléssel kell információt gyűjteniük, akár a hálózati műveletek javításának értékes eszközeként.

Az optikai hálózatok mindenütt jelen vannak, az optikai szálak infrastruktúrák gyors elterjedésével, amelyek passzív erőforrásként számos kihívással szembesülnek az irányítás terén. A szálérzékelési képességek többféle optikai jelérzékelési technológiát alkalmazva információt gyűjtenek a szál topológiájáról és az egyes optikai utak beiktatási veszteségéről. Az információk segítségével létrehozzák az optikai hálózat digitális modelljét (digitális iker), és pontosan megjelenítik azt. Ennek következtében valós időben észlelhető az optikai kábelek romlása, megjósolható a szálak egészségi állapota, és előre figyelmeztethetőek a lehetséges meghibásodások.

Egy másik fontos terület az optikai érzékelési technológiák használata a közös útvonal helyzetek azonosítására, ahol ugyanazt a kábelt és ugyanazt a csatornát használják munka- és védelmi útvonalként, ami a szolgáltatás kiesésének vagy romlásának nagyobb kockázatát jelenti.

Az ETSI ISG F5G már jóváhagyott néhány, e témákkal foglalkozó használati esetet (lásd ETSI GR F5G 008 [i.6], az "Intelligens optikai kábelkezelés" és az "AI-alapú PON optikai útvonal diagnosztika" használati esetek, kiegészítve a "Digitalizált ODN/FTTX"-szel).

Vannak más, a hálózati irányításhoz nem kapcsolódó alkalmazások is, amelyek szintén kihasználják az optikai érzékelés használatát. Néhány példa:

- a) az olaj- és gáziparban, ahol az optikai érzékelés éjjel-nappal képes észlelni és lokalizálni a behatolási és szabotázseseményeket, és a csővezetékek megbízhatóságának javítása érdekében felügyelet nélküli ellenőrzést hajt végre;
- b) a digitális 3D térképgenerálás és a beltéri robotnavigáció javítása az intelligens gyárakban;
- c) korai földrengés-előjelzés optikai tenger alatti kábelek segítségével.

A fent említett alkalmazások nem korlátozódnak a kommunikációs hálózatokban használt optikai szálakra, ezek futhatnak dedikált szálakon is, ha különleges követelményeket támasztanak a szál típusával szemben.

Az F5G-A érzékelési és vizualizációs forogatókönyvei közé tartozik a Wi-Fi® érzékelés is, különösen beltérben, amely képes a környezeti paraméterek rögzítésére, és lehetővé teszi az emberek és állatok nyomon követését.

Ezért az érzékelési technológiáknak széles alkalmazási területe van, amely kihasználja ennek az új dimenzióknak a jelentőségét az F5G-A számára.

Ezen érzékelési technológiák fejlesztésének célja a pontosság és a méretezhetőség javítása, a vizualizációs és érzékelési célok 99%-os pontosságának és a helymeghatározás egy méteren belüli pontosságának meghatározása.

## 6.2.5 Teljes üvegszálak kapcsolat (FFC)

Az F5G Advanced rendszerben várhatóan mind a hálózati hatókör, mind a végpontok száma növekedni fog. Több szolgáltatást és nagyobb lefedettséget támogatnak az üvegszálak és teljesen optikai technológiákkal. A hálózati hatókör az a terület, ahol a szál-optikát telepítik, amely a hálózatok magjától egyre inkább a peremek felé és végül a végrendszerek felé növekszik. A hatókör kiterjesztése azt jelenti, hogy az üvegszálak végpontok nagyobb száma hatással van más dimenziókra és a teljes hálózati architektúrára.

Az F5G Advanced célja, hogy a felhő és a digitális átalakulás sarokköveként szolgáljon azáltal, hogy mindenütt jelenlévő nagy kapacitású, nagy teljesítményű és nagy megbízhatóságú. Az üvegszálak optika az otthonokba, a kampuszokba és a gyárakba is eljuthat. Mindezen forogatókönyvek megvalósításához fokozni kell a könnyű telepíthetőséget, a környezeti alkalmazkodóképességet, a nagy hálózati megbízhatóságot, és fel kell gyorsítani a rézből optikává történő átalakulást számos iparágban.

Az e dimenziót mozgó forogatókönyvek közé tartozik az FTTR (Fibre To The Room), az FTTD (Fibre To the Desk), az FTTM (Fibre To The Machine) és az FTTThing (Fibre To The Thing).

Az FTTR az F5G Advanced intelligens otthonok számára készült funkciókkal javult. Az FTTR integrálja az otthoni/kisméretű irodai hálózatépítést (intelligens eszközök intelligens csatlakoztatása az egész házban) és a peremszámítógépeket (például hálózati csatolt tároló (NAS)), hogy az egész épületre kiterjedő kapcsolatokat, vezérlést, tárolást és számítási képességeket valósítson meg.

Az FTTM (Fibre To The Machine) szálak összeköttetést biztosít az iparágak digitalizálásához, integrálva az IT és OT technológiákat; a digitális gyár alapjának tekinthető. Az üvegszálak előnye a nagy sávszélesség, a nagy távolság és az elektromágneses interferencia elleni védelem. Az FTTM-et nagy hálózati megbízhatósággal kell támogatni, és garantálni kell az ipari robbanás-, por-, ütés- és korrózióállóságot.

Az Fibre To The Desk (FTTD) az egyetemeken és az irodákban számos eszközhöz juttatja el az üvegszálás internetet. Az olyan szolgáltatások, mint a vezeték nélküli vetítés (beamerek vezeték nélküli kapcsolattal a laptopokhoz), a felhőalapú asztali számítógépek és az UHD videokonferenciák támogatottak lesznek. A hagyományos irodai hálózat akár 100 méteres rézkábele nem képes támogatni a szükséges sávszélességet. Sürgősen szükség van hálózati architektúra-innovációra, hogy az egyetemi és irodai campusokban és irodákban egy az egyhez optikai szálás kapcsolatokat lehessen megvalósítani. Az FTTD használatával a kábelek helyigénye is kisebb lesz, és kevesebb Ethernet-kapcsolóra lesz szükség, ami helyet takarít meg az épületekben.

A Fibre To The Thing (FTTThing) a dolgok üvegszállal való összekapcsolását jelenti. A dolgok közé tartoznak az olyan eszközök, mint a kamerák, gépek, érzékelők, működtetők stb. A kiváló üvegszálás kapcsolatok javítják a különböző típusú szolgáltatások nyújtására szolgáló alkalmazásokat. A közvetlenül üvegszállal összekapcsolt eszközök intelligens rendszerek alapjául szolgálnak. A felhasználás nagyon alkalmazás- és forgatókönyvfüggő. Az FTTThing alkalmas lakossági, vállalati vagy vertikális iparorientált felhasználási esetekre.

**MEGJEGYZÉS:** A feltételezés szerint az FTTThing olyan forgatókönyvekben használatos, ahol az eszközök üvegszálon keresztül történő csatlakoztatása megfelelő, más forgatókönyvekben a dolgok vezeték nélküli csatlakoztatása megfelelőbb lehet.

## 6.2.6 Zöld agilis optikai hálózat (GAO)

A fenntarthatóság jelentős globális kihívás, amely a zöldebb és agilisabb optikai hálózat iránti törekvést növeli, ami az F5G Advanced új dimenziója. Számos ország és vállalat konkrét célokat tűzött ki arra, hogy a közeljövőben klímasemlegességé váljon. Az Európai Unió (EU) például 2020-ban jóváhagyta az európai zöld megállapodást, amely számos szakpolitikai kezdeményezést határoz meg a klímasemlegesség 2050-re történő elérése érdekében.

Az IKT fontos szerepet játszik a fenntarthatósági célok elérésében, az energiahatékonyság javításában számos ágazatban az üzleti és ipari folyamatok automatizálásával, a digitális élet javításával, amely lehetővé teszi a hatékony távmunkát, az oktatást, az e-egészségügyet vagy az e-kormányzatot, csökkentve a felhasználók mobilitásának szükségességét. Az energiahatékonyabb F5G fejlett optikai hálózatokra való áttérés jelentősen hozzájárul e célok eléréséhez.

A hozzáférési hálózatokban a rézalapú hálózatok (mint az xDSL és a koaxiális alapú hálózatok) passzív optikai hálózatokkal (PON) történő felváltása jelentős, az 50 %-os energia-megtakarítást meghaladó energiamegtakarítást eredményez. A szállítási hálózatokban a teljesen optikai E2E-hálózatok, egyszerűbb architektúrák, optikai keresztcsatlakozások (OXC) és az optikai-elektromos-optikai átalakítások minimalizálása lehetővé teszi a környezetbarátabb hálózati infrastruktúra megvalósítását.

Az F5G Advanced számára javasolt cél az F5G-nél 10-szer nagyobb energiahatékonyság. E cél eléréséhez elengedhetetlen az E2E magas szintű tervezése az energiahatékonyság érdekében, új hálózati architektúrák feltárása és a berendezések energiahatékonyságának javítása. Az energiafelhasználás csökkenthető például az F5G Advanced technológiákkal, például az energiatudatos kapcsolás és útválasztás, energiatakarékos üzemmódok, az optikai hálózatok integrációja a mobil és vezeték nélküli hozzáférési pontokkal, a feldolgozási teljesítmény dinamikus elosztása és mások.

Végül az F5G Advanced olyan mechanizmusokat és migrációs képességeket vesz figyelembe, amelyek minimalizálják a hálózati infrastruktúraelemek teljes életciklusának szén-dioxid-kibocsátását.

## 6.2.7 Kulcsfontosságú többdimenziós szempontok

### 6.2.7.1 Késleltetés

A késleltetés több dimenzióban is szükséges szempont. Az RRL az eFBB-vel (Enhanced Fibre Broadband) együtt rendkívül nagy sávszélességet és megbízható átviteli képességet biztosít a célalkalmazások számára. Az ETSI GR F5G 001 [i.12] szabványban meghatározott GRE késleltetési szempontjait az RRL is kezeli, támogatva a szigorúbb késleltetési követelményeket. Az RRL ezért fontos szempont az F5G Advanced GRE megvalósításának elősegítésében.

### 6.2.7.2 Mesterséges intelligencia

Mivel a mesterséges intelligencia, a számítástechnika és az autonóm hálózatok relevánsak az F5G Advanced többi dimenziója szempontjából, ügyelni kell arra, hogy a teljes rendszer holisztikus szemlélettel rendelkezzen. Amint fentebb bemutattuk, a mesterséges intelligencia hálózati alkalmazása a tanuláshoz és a döntéshozatalhoz számítástechnikát igényel, és nagysebességű hálózatra van szükség az adatoknak a mesterséges intelligencia számítógépeihez történő továbbításához. Ehhez a továbbfejlesztett vezeték nélküli szélessávú (eFBB) képességekre van szükség. Ha a döntéseket nagyon rövid időn belül kell meghozni, a hálózat és a számítástechnika késleltetése számít,

ezért a valós idejű rugalmas kapcsolat (Real-time Resilient Link, RRL) képesség fontos a hálózatok és szolgáltatások működése szempontjából. A teljes üvegszálak összeköttetés (FFC) esetében a hálózatok működésének automatikusnak kell lennie, különben az üvegszálak, a szolgáltatási munkamenet és a végpontok számának növelése nem kezelhető megfelelően és költséghatékonyan. Az energiafelhasználás tekintetében kompromisszumot kell kötni a számítási feladatok elhelyezésének és a számításoknak a helyét illetően.

A számítástechnikai erőforrások további energiát használnak, de lehetnek olyan helyek, ahol az energia előállítás nem jár kibocsátással. A számítástechnikai erőforrások központosításával multiplexelési előnyök érhetőek el, és így csökkenthető a teljes energiafelhasználás. Az optikai érzékelési és vizualizációs (OSV) képesség kölcsönhatásba lép a GRE dimenzióval, mivel az érzékelt információ az alkalmazások és a jobb működési hatékonyság érdekében az AI elsődleges bemenete lehet. Az AI eredményeinek vizualizációja és a garantált tapasztalatok javítják a hálózat és a szolgáltatások hitelességét és működését. A GRE képesség dimenzió kölcsönhatásban van az F5G Advanced számos más aspektusával, és ezekre támaszkodik. Itt csak egy magas szintű kapcsolatot mutatunk be közöttük.

### 6.2.7.3 Mindenhová és mindenhova szálas optika

A fent leírt teljes szálas összeköttetés (FFC) valamennyi szempontja természetes kölcsönhatásban van az összes többi dimenzióval. Számos alkalmazásnak nagy sáv szélességre, alacsony késleltetésre és jitterre, megbízhatóságra, érzékelésre és autonóm hálózatépítésre van szüksége. A szál-optika az elsődleges technológia, amely ezeket az igényeket kielégíti.

### 6.2.7.4 Érzékelés a működési kiválóságért

Az optikai szálak érzékelési képességei sokoldalúan felhasználhatók, de a hálózatok működési kiválóságának javítására is alkalmasak. Ez magában foglalja az érzékelési technológiák különböző szintű használatát, valamint a mesterséges intelligencia használatát az érzékelt információk alapján történő döntéshozatalhoz.

---

## 7 Kulcsfontosságú alaptermotechnológiák

### 7.1 Az eFBB kulcsfontosságú alaptermotechnológiái

#### 7.1.1 Az eFBB összetevői

A továbbfejlesztett üvegszálas szélessávú szolgáltatás (eFBB) a hálózati képességek és teljesítmény, valamint a felhasználó által érzékelt minőség javításáról szól. Ez a technológia három fő részterületre bontható. Az első a hálózati adatsíkban a végponttól végpontig terjedő nagyobb kapacitás támogatása. A második a tiszta kommunikációs kapacitás kihasználása a hasznos szolgáltatások nyújtására a jelzősík kihasználásával. A harmadik a többféle vezérlési séma biztosítása a kezelési síkban, hogy lehetővé tegye a különböző típusú szolgáltatások gazdag ökoszisztémáját.

A legalapvetőbb fejlesztés a hálózat kapacitásának növelése. Ennek a fejlesztésnek a hálózat minden szegmensében meg kell történnie: a szállítási, a hozzáférési és az ügyfélhelyiségekben. A szállítóhálózat többféleképpen növekszik: a használt szálak és hullámhosszok számának növelésével, de a hullámhosszonkénti kapacitás növelésével is, hogy 800 Gb/s. A hozzáférési hálózat 10G-PON-ról 50G-PON-ra bővül, miközben a korai és gazdaságos korszerűsítés elősegítése érdekében megtartja ugyanazt az ODN- és általános tervezési koncepciót. Az ügyfélhelyiségek hálózata Wi-Fi® 7-re frissül, amely nagyobb csúcssebességet és teljes kapacitást, valamint egyéb fejlett funkciókat biztosít.

A nyers kapacitás nem elég, ha azt nem lehet hatékony és hasznos szolgáltatásokká alakítani. A legtöbb hálózat a TCP/IP protokollcsomagon alapul. Alternatív megoldásként az OTN technológia is használható az útválasztási és feldolgozási többletköltségek elkerülésére, valamint garantáltan alacsony késleltetési idő biztosítására. Különösen a finom szemcsés OTN (fgOTN) képes sok ezer mikrokapcsolat létrehozására az OTN infrastruktúrán keresztül. Ily módon az OTN hosszú távú, útválasztók közötti szállítási technológiából felhasználói szolgáltatási platformmá alakítható át. Az olyan szolgáltatások, mint a vezeték nélküli előcsatlakozás, különlegesen, mivel saját fizikai rétegű, dedikált hullámhosszúságú kapcsolatokat igényelnek.

Az irányítási és ellenőrzési rendszerek egy másik fontos szempont. Felhő-natív orchestrator és vezérlőrendszereket használnak. Ezek elkerülik a dedikált számítási erőforrások szükségességét, ehelyett a felhőtechnológiákból profitálnak. A hálózati szeletelés technikája lehetővé teszi, hogy a versenyképes szolgáltatók ugyanazon az alpinfrastruktúrán dolgozzanak egymás mellett. A hozzáértő felhasználók, akik sokat akarnak irányítani a hálózati szolgáltatásokat közvetlenül. Ezzel szemben sok felhasználó szeretné elkerülni az irányítást és annak bonyolultságát, számukra az adatvezérelt AI-alapú irányítás a megfelelő megközelítés a felhasználók forgalmának megfigyelésével és az optimális konfiguráció meghatározásával.

## 7.1.2 A hálózat szegmensei (adatsík)

### Szállítás: OTN: 800G OTN

A 800G OTN (Optical Transport Network) az OTN technológia felhasználására utal a 800 gigabit/másodperc (Gbps) adatátviteli sebesség eléréséhez. Az OTN egy szabványosított optikai hálózati protokoll, amely hatékony és rugalmas adatátvitelt tesz lehetővé üvegszálalás optikai hálózatokon keresztül. A 800G OTN legfontosabb szempontjai és előnyei a következők:

- **Nagyobb sáv szélesség:** A 800G OTN jelentősen megnövelt adatátviteli sebességet biztosít a korábbi OTN-generációkhoz képest. Ez megfelel a sáv szélesség-igényes alkalmazások, a felhőszolgáltatások és a feltörekvő technológiák iránti növekvő igénynek.
- **Multiplexelés és aggregálás:** A 800G OTN fejlett multiplexelést alkalmaz. Ez az aggregálás optimalizálja a hálózati kapacitás kihasználását, és lehetővé teszi több szolgáltatás és forgalmi típus hatékony szállítását egyetlen optikai hullámhosszon.
- **Előrehaladási hibajavítás (FEC):** A 800G OTN FEC-mechanizmusokat tartalmaz az optikai károsodások okozta átviteli megbízhatóság növelése érdekében.
- **Hálózati rugalmasság és skálázhatóság:** A 800G OTN a hálózatüzemeltetők számára rugalmasságot biztosít a sáv szélesség granuláris módon történő kiosztásához és kezeléséhez. Támogatja a sáv szélesség dinamikus biztosítását a változó forgalmi igényekhez való alkalmazkodás érdekében.
- **Kompatibilitás és átjárhatóság:** A 800G OTN-t úgy tervezték, hogy visszafelé kompatibilis legyen a korábbi OTN-generációkkal, így biztosítva a zökkenőmentes együttélést és a meglévő hálózati infrastruktúrába való zökkenőmentes integrációt, elkerülve a hálózat teljes átalakítását.
- **Hálózati rugalmasság és védelem:** A 800G OTN védelmi mechanizmusokat, például 1+1 lineáris és gyűrűs védelmet tartalmaz a hálózat rugalmasságának biztosítása és a szolgáltatási zavarok minimalizálása érdekében.
- **Szabványosítás és átjárhatóság:** A 800G OTN szabványosított protokollokon és interfészekon alapul, ami lehetővé teszi a különböző gyártók berendezései és hálózati elemei közötti átjárhatóságot, elősegítve a versenyképes piacot és a hálózatüzemeltetők választási lehetőségeit.

A 800G OTN jelentős előrelépést jelent az optikai hálózati technológiában, amely a nagyobb sáv szélesség és a hatékonyabb szállítási hálózatok iránti növekvő igényt elégíti ki. Megnövelt kapacitást, rugalmasságot és megbízhatóságot kínál, lehetővé téve a szolgáltatók számára, hogy nagy sebességű és kiváló minőségű adatátviteli szolgáltatásokat nyújtsanak, hogy megfeleljenek az adatintenzív alkalmazások, szolgáltatások és új technológiák követelményeinek a gyorsan fejlődő digitális környezetben.

### Hozzáférs: 50G-PON

A GPON-t és utódját, az XG(S)-PON-t világszerte nagy számban alkalmazzák, megközelítve az 1 milliárd otthont, amelyet a technológia kiszolgál. Egyszerűen fogalmazva, a PON-technológiát a vezetékes ultraszélessáv következő generációjához is fenntartják. A PON-rendszerek egy optikai elosztóhálózatot (ODN) használnak, amely egyszálal (kétirányú), passzív elosztók segítségével egy közös optikai vonali terminált (OLT) kötnek össze számos, az ügyfél telephelyén található optikai hálózati egységgel (ONU). Minden egyes berendezés egyetlen adóval és egyetlen vevővel rendelkezik a költségek minimalizálása és a sáv szélesség maximális megosztása érdekében.

A PON-berendezések következő generációja az 50G-PON. Ez a rendszer az XG(S)-PON rendszer számos bevált tervezési koncepcióját hasznosítja. Ezek közül néhány:

- **Megnövelt kapacitás:** az 50G-PON 50 Gbps lefelé irányuló és 12,5G/25G/50G/50G bps felfelé irányuló kapacitást biztosít, amely különböző alkalmazásokat támogat, beleértve a lakossági (főként aszimmetrikus lefelé irányuló/felfelé irányuló) és az üzleti (főként szimmetrikus) forgatókönyveket, amelyeknek 10 Gbps-os kapcsolatra van szükségük.
- **A meglévő ODN-infrastruktúra újrafelhasználása:** Az 50G-PON meghatározott PMD-specifikációi ugyanazt az ODN-t támogatják, amelyet a GPON és az XG(S)-PON használ, az infrastruktúra tökeköltségeinek megóvása érdekében.
- **Zökkenőmentes fejlődés:** Az 50G-PON hullámhosszterve lehetővé teszi a GPON-nal vagy GPON-nal való egyidejű létezést. XG(S)-GPON (vagy/vagy), vagy mindkettővel való együttélés (GPON/XG(S)-PON/50G-PON három generációval való együttélés), valamint az IEEE szimmetrikus 10G-EPON-nal való együttélés képessége, ez

rugalmasságot biztosít az üzemeltetőknek a hozzáférési hálózatuk korszerűsítése során, minimális igényt támasztva az ODN és a végfelhasználók érintésére.

- Késleltetés-optimalizálás és megbízhatóság: Az 50G-PON bevezetett késleltetés-szabályozási rendszereket az ipari forgatókönyvek követelményeinek megfelelően. A GPON-hoz és az XGS-PON-hoz hasonlóan az 50G-PON is támogatja a B/Type-C típusú védelmet a megbízhatósági követelmények teljesítése érdekében.

### Az ügyfél helyiségei: Száloptikás Wi-Fi® 7

Jelenleg a Wi-Fi® 6, más néven IEEE 802.11ax [i.20] a legújabb, széles körben elterjedt Wi-Fi® technológia. A Wi-Fi® 7, más néven IEEE 802.11be [i.21] a következő szabvány, amely várhatóan a Wi-Fi® 6 utódja lesz. Ez a rendszer a következő fejlesztéseket biztosítja a korábbi Wi-Fi® generációkhoz képest:

- Magasabb adatátviteli sebesség: A Wi-Fi® 7 még magasabb adatátviteli sebességet kínál a Wi-Fi® 6-hoz képest. Ez gyorsabb vezeték nélküli kommunikációt tesz lehetővé, támogatva az olyan alkalmazásokat, mint a 8K videostreaming, a virtuális valóság, a kiterjesztett valóság és más adatintenzív feladatok.
- Megnövelt kapacitás: A Wi-Fi® 7 olyan technikákat vezet be, amelyek növelik a hálózati kapacitást, lehetővé téve, hogy több eszköz csatlakozzon egyszerre anélkül, hogy a teljesítmény csökkenne. Ez többszörös hozzáférési technológiákkal és jobb interferenciakezeléssel érhető el.
- Alacsonyabb késleltetés: Ez a javulás előnyös lenne az olyan valós idejű alkalmazások számára, mint az online játékok, a videokonferenciák és az IoT (Internet of Things) eszközök, amelyek azonnali választ igényelnek.
- Fokozott biztonság: A Wi-Fi® 7 biztosítja a vezeték nélküli kapcsolatok integritását. Ez magában foglalja az erősebb titkosítási protollokat, a továbbfejlesztett hitelesítési módszereket és a különböző típusú támadások elleni fokozott védelmet.
- Javított energiahatékonyság: Az energiahatékonyság fontos szempont a vezeték nélküli eszközök esetében. A Wi-Fi® 7 célja az energiafogyasztás optimalizálása, ami lehetővé teszi, hogy az eszközök hosszabb ideig működjenek akkumulátorteljesítménnyel, és csökkenti a Wi-Fi® hálózatok teljes energiafogyasztását.

A Wi-Fi® 7 alapvető akadályokba ütközik e teljesítménycélok elérése érdekében. A legfontosabb a hozzáférhető spektrum hiánya. A 6 GHz alatti spektrumot nagyon nehéz megszerezni, részben azért, mert nagyon hasznos, mivel ez a legmagasabb frekvencia, amely még mindig áthatol a legtöbb építőanyagban. A milliméteres hullámspektrum elérhető, de sok épületben nem képes áthatolni a falakon. Ezért a milliméteres hullámok használatához szinte minden helyiségben el kell helyezni egy hozzáférési pontot. Ezeknek az elosztott hozzáférési pontoknak backhaul megoldásra van szükségük, hogy összekapcsolódjanak az épületben lévő fő hozzáférési ponttal. Ezt a száloptikás rendszerek és más LAN-technológiák biztosítják.

## 7.1.3 Végponttól végpontig tartó szolgáltatások

### IP-alapú kapcsolódás: hagyományos és egyéb

Az internetkapcsolat a legalapvetőbb IP-szolgáltatás, amely hozzáférést biztosít a világméretű adathálózatokhoz. A jelenlegi IP-infrastruktúra az idők során egy nagyon egyszerű számítógépek közötti együttműködési rendszerből a világ legelterjedtebb hálózati technológiájává fejlődött. Jelenleg a felhasználók számára az alkalmazások széles körének elérését teszi lehetővé, mint például a következők:

- Webalapú szolgáltatások: keresőmotorok, közösségi médiaplatformok, videostreaming, online vásárlás, felhőalapú tárolás és együttműködési eszközök stb.
- Hang IP-n keresztül (VoIP)
- Üzenetek és kommunikáció
- Felhőalapú számítástechnika
- Virtuális magánhálózatok (VPN)

Az evolúciós folyamat folytatódik, új funkciókkal bővül és új szolgáltatásokat támogat:

- A dolgok internete (IoT): Az IoT-eszközök különböznek a hagyományos végrendszerektől. A legnyilvánvalóbb a hatalmas számuk, amely a hagyományos alkalmazásokhoz képest 10-100-szor több végpontra számít. Emellett általában energiaellátásuk is korlátozott, így az alvó üzemmódokat és a távoli tápellátási technikákat támogatni kell.
- Mobil 5G és azon túl: A vezeték nélküli végpontok és a helyhez kötött hálózat összekapcsolása a mobilitás

olyan módon történő megoldását igényli, amely rendkívül hatékony és gyorsan alkalmazkodik a mozgáshoz és a hálózati feltételekhez.

- Adatközpontú hálózatépítés: Az internetforgalom túlnyomó többsége adat, amelyet a felhasználók egy adattárból érnek el, a hálózat bármely pontján tárolva.
- Felhőalapú számítástechnika: A hálózatépítés gyorsan növekvő ágazata a felhőalapú számítástechnika támogatása.

Ez csak néhány példa a jelenlegi és jövőbeli IP-szolgáltatások és funkciók közül. A technológia fejlődésével és az új innovációk megjelenésével az IP továbbra is az a mögöttes protokoll, amely a szolgáltatások széles körét teszi lehetővé, egyre kifinomultabb és átalakító módon összekapcsolva az embereket, eszközöket és rendszereket.

### Finomszemcsés Layer1/2 szolgáltatások: fgOTN

A finom szemcséméretű OTN (Optical Transport Network) az OTN technológia egy speciális megvalósítására utal, amely nagyobb rugalmasságot és granularitást biztosít a sávszélesség kiosztásában és az optikai hálózati erőforrások kezelésében. Úgy tervezték, hogy megfeleljen a nagy kapacitású és rendkívül rugalmas szállítójáratok iránti növekvő igényeknek. A hagyományos OTN-hálózatokban a sávszélesség kiosztása az optikai csatorna adategységeinek (ODU) nevezett, rögzített méretű tárolókra alapul. Ezek a konténerek előre meghatározott méretűek, például ODU0, ODU1, ODU2 stb. A finom szemcséméretű OTN azonban kisebb méretű konténereket vezet be, lehetővé téve a hálózati erőforrások szemcsésebb és hatékonyabb felhasználását. A finom szemcséméretű OTN legfontosabb jellemzői a következők:

- Rugalmas tartálméret: A finom szemcséméretű OTN kisebb konténerméreteket vezet be, kihasználva az ODUflex technikákat. A fix méretű ODU-kkal ellentétben az ODUflex lehetővé teszi a hálózatüzemeltetők számára, hogy dinamikusan, kisebb lépésekben osszák ki a sávszélességet, tíz Mb/s-tól több Gb/s-ig. Ez a rugalmasság lehetővé teszi a hálózati kapacitás hatékonyabb kihasználását és a változó szolgáltatási követelményekhez való jobb alkalmazkodást.
- Igény szerinti sávszélesség: A finom szemcséméretű OTN lehetővé teszi a "Bandwidth-on-Demand" koncepciót, mivel lehetővé teszi a konténer méretének dinamikus beállítását a valós idejű sávszélességigény alapján. Lehetőséget biztosít a sávszélesség szükség szerinti kiosztására vagy megszüntetésére, lehetővé téve a szolgáltatók számára, hogy rugalmasabb és rugalmasabb szolgáltatásokat nyújtsanak ügyfeleiknek.
- Hatékony multiplexelés: A finom szemcséméretű OTN támogatja a különböző méretű konténerek hatékony multiplexelését ugyanazon a hullámhosszon belül, lehetővé téve a rendelkezésre álló hálózati kapacitás optimális kihasználását. Lehetővé teszi a különböző szolgáltatások és forgalomtípusok, köztük az Ethernet, a tárolási forgalom és a hagyományos SDH/SONET aggregálását, egyszerűsítve a kezelést és csökkentve a berendezések költségeit.
- Szubhullámhosszúsági szintű védelem: A finom szemcséméretű OTN a hullámhossz alatti szintű védelmi mechanizmusok biztosításával növeli a hálózat rugalmasságát. Ez lehetővé teszi az egyes konténerek független védelmét egy hullámhosszon belül, biztosítva, hogy az egyik meghibásodása elszigetelt legyen.
- Szolgáltatási differenciálás: A finom szemcséméretű OTN lehetővé teszi a szolgáltatások differenciálását azáltal, hogy különböző szintű szolgáltatásminőségi (QoS) garanciákat kínál a különböző konténerek számára. Ez lehetővé teszi az erőforrások optimális elosztását és a szolgáltatás jobb teljesítményét.

A finom szemcséméretű OTN nagyobb rugalmasságot, skálázhatóságot és hatékonyságot biztosít az optikai hálózati erőforrások kezelésében a hagyományos, rögzített méretű OTN konténerekhez képest. Lehetővé teszi a szolgáltatók számára, hogy megfeleljenek a különböző alkalmazások és szolgáltatások eltérő követelményeinek, miközben maximalizálják hálózati infrastruktúrájuk kihasználtságát.

### Különleges szolgáltatások, pl. fronthaul

Bár az IP- vagy OTN-hálózat sokoldalú szolgáltatási keretet biztosít, elkerülhetetlenül vannak olyan szolgáltatások, amelyek nem férnek meg semmilyen "közvetítő" maguk és a közeg között. Az archetipikus példa erre a vezeték nélküli front-haul, amely a távoli rádióegységeket az adatokat feldolgozó elosztott egységekkel köti össze. Ezek a kapcsolatok egyszerre nagy sebességűek és rendkívül alacsony késleltetésűek, illetve jitteresek. Bár ezeket IP, Ethernet vagy OTN rendszeren keresztül is lehet továbbítani, gyakran gazdaságosabb csak dedikált hullámhosszú kapcsolatokat biztosítani. Többféle hozzáférési rendszer létezik, amely erre a célra használható:

- Pont-pont szál: A legegyszerűbb rendszer hagyományos két szálú összeköttetést használ duplex optikai modulok között. Ez kihasználja a nagy mennyiségű Ethernet-optikát, amely nagyon költséghatékony. Ez azonban nagy mennyiségű üvegszálát fogyaszt, ami megfizethetetlenül nagy költséget jelenthet.
- Kétirányú szálú összeköttetések: A következő lépés a kétirányú optikai modulok közötti egyszálú összeköttetések használata. Ez 50 %-kal csökkenti az üvegszál-szükségletet. A kétirányú optikának az a tulajdonsága is megvan, hogy az átviteli késleltetés mindkét irányban közel azonos. Ez lehetővé teszi a

pontos időbeli eloszlást, amire gyakran van szükség a vezeték nélküli rendszerekben.

- WDM-PON: Ez a rendszertípus számos kétirányú linket multiplexel egyetlen közös szálra. A WDM-PON stílusú hálózatoknak többféle rendszerszabványa létezik: egyesek a C-sávban, míg mások az O-sávban működnek. Egyesek hangolható ONU-optikát használnak, míg másoknál minden ONU-ba megfelelő színű optikát kell telepíteni.

A legtöbb front-haul rendszerben a DU a központi irodában található, amely a hozzáférési és a szállítási hálózat csomópontjában van. Ez azt jelenti, hogy a front-haul kapcsolatok az irodában végződnek, és a szállítóhálózatra nincs szükség. Abban a ritka esetben, ha mégis szükség van rá, az optikai szállítóhálózat természetesen képes végponttól végpontig tartó hullámhosszú szolgáltatásokat nyújtani.

## 7.1.4 Irányítás és adminisztráció

### Hagyományos integrált OAM

Számos hálózatban és infrastruktúrában különállóan hosztolt hálózat- és elemkezelő rendszereket alkalmaznak. Ezek a rendszerek jellemzően a hagyományos Simple Network Management Protocol protokollt használják (SNMP) alapú interfészek vagy az újabb NETCONF/YANG interfészek a hálózati elemek kezelésére és vezérlésére.

Ezekkel az örökölt rendszerekkel párhuzamosan egyre nagyobb teret nyernek az újabb felhő-natív orchestrátor- és vezérlőrendszerek. Ezek a rendszerek a felhőalapú számítástechnikai technológiákat, például a virtualizációt és a konténerizációt használják ki a hálózati orchestrációs és vezérlési funkciók biztosítására. Ezek kiküszöbölik a dedikált számítási erőforrások szükségességét, és lehetővé teszik a skálázhatóbb és rugalmasabb hálózatirányítást. A felhő-natív irányító és vezérlőrendszerek gyakran a modern szoftveresen definiált hálózatkezelés (SDN) és a hálózati funkciók virtualizálásának (NFV) elveit használják. Ezek lehetővé teszik a hálózati erőforrások dinamikus rendelkezésre bocsátását, a házirend-alapú irányítást, valamint a hálózati szolgáltatások hatékony telepítését és skálázását. Ezek a rendszerek a fejlesztési teret is megnyitják az entitások szélesebb köre előtt, beleértve a harmadik féltől származó szállítók és fejlesztők számára, akik alkalmazásokat és szolgáltatásokat építhetnek és telepíthetnek az infrastruktúra tetején.

### Hálózati szeletelés

A hálózati szeletelés lehetővé teszi egy fizikai hálózat több virtuális hálózatra történő felosztását. Minden egyes hálózati szelet egy elszigetelt, végponttól végpontig terjedő virtuális hálózati példány, amely testre szabható a különböző alkalmazások, szolgáltatások vagy bérlők egyedi követelményeinek megfelelően. A hálózati szeleteléssel a kezelési probléma tetszőleges darabokra osztható, lehetővé téve, hogy a különböző entitások, beleértve a versengő szolgáltatókat is, egymás mellett létezzenek és egymástól függetlenül működjenek ugyanazon a fizikai infrastruktúrán belül. Íme, hogyan teszi lehetővé a hálózati szeletelés, hogy a versenyképes szolgáltatók egymás mellett működjenek:

- Erőforrás-elszigetelés: Minden hálózati szelet különálló, virtualizált hálózati példányként működik, dedikált erőforrásokkal. Ez az elszigetelés biztosítja, hogy egy szelet teljesítménye, biztonsága és szolgáltatásminősége független legyen a többi szelettől. A versengő szolgáltatók saját dedikált hálózati szelettel rendelkezhetnek, ami lehetővé teszi számukra, hogy szolgáltatásaikat interferencia nélkül nyújtsák.
- Testreszabás és szolgáltatási differenciálás: A hálózati szeletelés lehetővé teszi a szolgáltatók számára, hogy a hálózati jellemzőket, például a késleltetést, a sáv szélességet, a megbízhatóságot és a biztonságot a szolgáltatásaik egyedi követelményeikhez igazítsák. Ez a testreszabás lehetővé teszi a szolgáltatások differenciálását, lehetővé téve a szolgáltatók számára, hogy egyedi és speciális szolgáltatásokat kínáljanak, amelyek megfelelnek a célpiacon szegmensüknek.
- Független irányítás és ellenőrzés: A hálózati szeletek saját kezelési és vezérlési funkciókkal rendelkeznek, lehetővé téve a szolgáltatók számára, hogy önállóan irányíthassák a szeletek működését. Ez a függetlenség elősegíti az egészséges versenyt, és lehetővé teszi, hogy ugyanazon az infrastruktúrán több szolgáltató is egymás mellett működjön.
- Hatékony erőforrás-felhasználás: A hálózati szeletelés lehetővé teszi a fizikai erőforrások hatékony megosztását több szolgáltató között. Az erőforrások igény szerinti dinamikus kiosztásával és újraelosztásával a mögöttes fizikai infrastruktúra hatékonyabban kihasználható, ami költségmegtakarítást és optimalizált erőforrás-kihasználást eredményez az egyes szolgáltatók számára.

Összességében a hálózati szeletelés lehetővé teszi a hálózati infrastruktúra virtuális felosztását, lehetővé téve a versenyképes szolgáltatók számára, hogy függetlenül működjenek és differenciált szolgáltatásokat nyújtsanak. Elősegíti az együttműködést, a versenyt és az innovációt ugyanazon a mögöttes infrastruktúrán belül, ami vonzó koncepcióvá teszi a modern hálózati ökoszisztémák kontextusában.

## Felhasználóvezérelt irányítás

Ha a felhasználók számára lehetővé válik a hálózati szolgáltatásaik közvetlen kezelése, az forradalmasíthatja az ügyfél és a szolgáltató közötti kapcsolatot, és lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy saját maguk döntsenek szolgáltatásaik és tapasztalataik frissítéséről. Végso soron csak a felhasználók tudják, hogy mit akarnak, és az önkiszolgáló rendszerek lehetővé tehetik számukra, hogy azt kapják, amit akarnak, amikor akarják.

Az önkiszolgáló portálok vagy műszerfalak bevezetése lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy közvetlenül hozzáférjenek a hálózati szolgáltatásokhoz és kezeljék azokat. Ezek a portálok olyan felhasználóbarát felületeket biztosítanak, amelyek lehetővé teszik a felhasználók számára olyan feladatok elvégzését, mint például a rendelkezésre bocsátás, a konfiguráció módosítása, a felügyelet és a hibaelhárítás. Az intuitív eszközök és vezérlők biztosításával a felhasználók nagyobb ellenőrzést gyakorolhatnak hálózati szolgáltatásaik felett anélkül, hogy közvetítőkre hagyatkoznának.

A felhasználóvezérelt irányítást lehetővé tevő technológiák közé tartozik az SDN és az NFV. Az SDN segítségével a felhasználók programozható interfészekkel vagy API-kkal rendelkezhetnek, amelyek lehetővé teszik számukra a hálózati infrastruktúrával való közvetlen interakciót. Ezek az interfészek keresztül a felhasználók meghatározhatják és kezelhetik hálózati szolgáltatásaikat, házirendeket állíthatnak be, és valós idejű változtatásokat hajthatnak végre, hogy alkalmazkodjanak egyedi igényeikhez. Az NFV függetleníti a hálózati funkciókat a saját hardvertől, és virtualizált szoftverpéldányokként valósítja meg őket. Ez a virtualizáció lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy hálózati szolgáltatásaikat szoftveralapú interfészek keresztül kezeljék. A felhasználók igényeiknek megfelelően választhatják ki, telepíthetik és kezelhetik a virtuális hálózati funkciókat (VNF-ek), szükség szerint skálázva azokat, és potenciálisan csökkentve a fizikai berendezésekre való támaszkodást.

Fontos szempont az alkalmazásprogramozási interfészek (API-k) biztosítása. A hálózati szolgáltatók jól definiált API-k közzétételével lehetővé tehetik a felhasználók számára, hogy közvetlenül kapcsolatba lépjenek szolgáltatásaikkal és kezeljék azokat. Az API-k szabványosított módot biztosítanak a felhasználók számára a hálózatkezelési feladatok automatizálására, szolgáltatásaik más rendszerekkel való integrálására és a hálózati konfigurációk tetszés szerinti testreszabására. A hálózati szolgáltatás-összehangolók is szerepet játszanak ebben, mivel magasabb szintű absztrakciót és automatizálást biztosítanak a hálózati szolgáltatások számára. Ezek a szervezők lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy összetett, több összekapcsolt komponensből álló hálózati szolgáltatásláncokat definiáljanak, telepítsenek és kezeljenek. A felhasználók kihasználhatják ezeket a platformokat, hogy közvetlenül irányíthassák a szolgáltatás-orchestrációt, és a hálózati viselkedést az egyedi követelményekhez igazíthassák.

Fontos megjegyezni, hogy a felhasználók számára biztosított közvetlen irányítás szintje olyan tényezőktől függően változhat, mint a felhasználó fejlettségi szintje, a szolgáltató irányelvei, biztonsági megfontolások és a mögöttes hálózati infrastruktúra összetettsége. Ezek a megközelítések azonban különböző mértékű felhatalmazást biztosíthatnak a felhasználók számára, lehetővé téve számukra a hálózati szolgáltatások közvetlenebb és rugalmasabb kezelését.

## Adatvezérelt ellenőrzés

Sok felhasználó inkább elkerülné a hálózatkezelés bonyolultságát, és inkább automatizált rendszerekkel végeztetné el a feladatot. Ilyen esetekben az adatvezérelt, mesterséges intelligencia alapú menedzsment döntő szerepet játszhat a felhasználók forgalmi mintáinak megfigyelésében és az optimális hálózati konfigurációk meghatározásában. Ennek a folyamatnak a lehetséges lépései a következők:

- **Forgalmi elemzés:** A mesterséges intelligencia-kezelő rendszerek elemezhetik a hálózati forgalmi adatokat, hogy betekintést nyerjenek a felhasználók viselkedésébe, az alkalmazások követelményeibe és a hálózati teljesítménybe. A különböző forrásokból - többek között hálózati eszközökből, naplókából és felügyeleti eszközökből - származó adatok összegyűjtésével és feldolgozásával az AI rendszer átfogó képet alkothat a hálózati környezetről.
- **Rendellenesség-érzékelés:** A mesterséges intelligencia algoritmusok folyamatosan figyelemmel kísérik a hálózati forgalmi mintákat, és azonosítják a rendellenességeket vagy a normális viselkedéstől való eltéréseket. Az aktuális forgalmi mintákat a múltbeli adatokkal vagy előre meghatározott küszöbértékekkel összehasonlítva az AI-rendszer felismeri a szokatlan vagy gyanús tevékenységeket, amelyek figyelmet igényelhetnek.
- **Teljesítményoptimalizálás:** A forgalmi minták és a teljesítménymérések elemzése alapján az AI-kezelő rendszerek meghatározhatják a hálózati eszközök, például a routerek, kapcsolók és terheléselosztók optimális konfigurációs beállításait. Az olyan paraméterek, mint a sávzsélesség-kiosztás, az útválasztási irányelvek és a szolgáltatásminőségi (QoS) beállítások dinamikus módosításával az AI-rendszer optimalizálni tudja a hálózati teljesítményt és biztosítani tudja az erőforrások hatékony kihasználását.
- **Előrejelző karbantartás:** A mesterséges intelligencia algoritmusok elemezhetik a hálózati teljesítményadatokat és észlelhetik a potenciális problémákat vagy szűk keresztmetszeteket, mielőtt azok szolgáltatási zavarokat okoznának. A teljesítményromláshoz vagy meghibásodáshoz vezető minták azonosításával az AI

menedzmentrendszer proaktívan ajánlhat karbantartási intézkedéseket, frissítéseket vagy javításokat a szolgáltatáskiesések megelőzése érdekében.

- Automatizált javítás: A mesterséges intelligencia-kezelő rendszerek hálózati problémák vagy szolgáltatási zavarok esetén automatikusan kezdeményezhetnek helyreállítási intézkedéseket. Az előre meghatározott házirendek vagy tanult minták felhasználásával a rendszer képes korrekciós lépéseket tenni, például a forgalom átirányítását, a forgalom prioritizálását vagy az erőforrások újraosztását, hogy helyreállítsa a szolgáltatási szintet és minimalizálja a felhasználókra gyakorolt hatást.
- Folyamatos tanulás: Az AI irányítási rendszerek folyamatosan tanulhatnak az új adatokból, és alkalmazkodhatnak a döntéshozatali folyamatok ennek megfelelően. A gépi tanulási technikák alkalmazásával a rendszer idővel javíthatja pontosságát és hatékonyságát, növelve ezzel képességét arra, hogy a változó forgalmi minták és felhasználói követelmények alapján optimális hálózati konfigurációs döntéseket hozzon.

Az adatvezérelt, mesterséges intelligencia alapú menedzsment kihasználásával a felhasználók automatizált hálózati konfiguráció és optimalizálás előnyeit élvezhetik, csökkentve a kézi beavatkozás és a szakértelem szükségességét. Ez a megközelítés javíthatja a hálózat teljesítményét, megbízhatóságát és reakciókészségét, miközben megszabadítja a felhasználókat a hálózatkezelés bonyolultságától. Fontos azonban biztosítani, hogy a mesterséges intelligencia alapú irányítási rendszereket megfelelően képezzék ki, validálják és rendszeresen ellenőrizzék a pontos és megbízható eredmények fenntartása érdekében.

## 7.2 Az RRL kulcsfontosságú alaptechnológiái

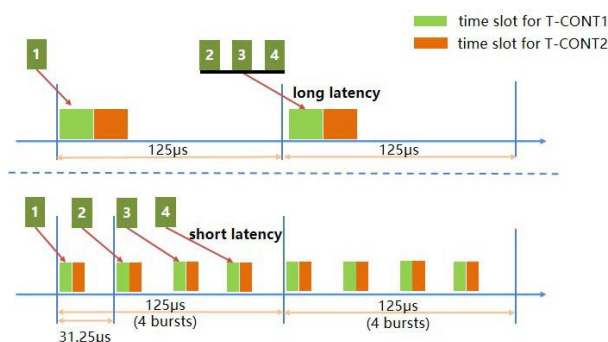
### 7.2.1 Késleltetés-szabályozási technológiák

#### 7.2.1.1 Determinisztikus hálózatépítés otthoni/egyetemi forgatókönyvekhez

A Wi-Fi® interfészek késleltetése és jittere kulcsfontosságú szűk keresztmetszetet jelent az otthoni/egyetemi irodai forgatókönyvekben. A Wi-Fi® 7 OFDMA-technológiát, többfelhasználós erőforrás-elosztást és többkapcsolatos koordinációs algoritmusokat használ a légi interfészen történő RU-szeletelés megvalósításához. Ez hatékonyan csökkenti a Wi-Fi® légi interfészen belüli konfliktusokat, javítja a szolgáltatás továbbítási késleltetését és a jittert, és milliszekundumos, determinisztikusan alacsony késleltetést biztosít az olyan szolgáltatási követelmények teljesítéséhez, mint a Cloud VR, AR, XR stb.

Az optikai hozzáférési hálózat számos új technológiát vezet be a késleltetés és a jitter teljesítmény optimalizálására, és determinisztikus hálózati képességeket biztosít. Ezek a technológiák közé tartozik az egykockás multi-burst (keretalapú sűrű burst-kiosztás) technológia, a csendes ablaknyitás optimalizálása, a kétsíkú továbbítás és az együtműködő dinamikus sávzélesség-kiosztás (DBA) stb.

Egykeretes multi-burst (keretalapú sűrű burst-kiosztás) technológia: a hagyományos BWmapben egy T-CONT-nak csak egy időszávot osztanak ki egy burst továbbítására egy 125  $\mu$ s-os keretben, így egy felhasználói adatcsomag maximális késleltetése akár 125  $\mu$ s is lehet. A maximális késleltetés csökkentése érdekében egy T-CONT egy keretben lévő burstjainak száma növelhető, így az időciklus lerövidíthető, és a késleltetés ennek megfelelően csökkenthető.



#### 2. ábra: Az egykockás multi-burst (keretalapú sűrű burst-kiosztás) technológia szemléltetése

- A csendes ablaknyitás optimalizálása: a csendes ablaknyitás a PON rendszer upstream irányában 250  $\mu$ s késleltetést eredményez a felhasználói adatcsomagok számára, ez optimalizálható konfigurálható változó nyitási hosszal, továbbá egy független hullámhosszpar használható a további késleltetés és a jitter kiküszöbölésére.

- Két síkú továbbítási architektúra: a meglévő csomagtovábbítási síkot kiegészíti a TDM-továbbítási síkkal. A TDM-sík által kezelt forgalom könnyen átadható egy OTN/fgOTN rendszernek, ami tovább csökkenti a késleltetést.

Egy optikai szállítóhálózatban a szálak kilométerenkénti belső késleltetése 5  $\mu$ s. A szálak késleltetése nagymértékben hozzájárul a végponttól végpontig tartó kapcsolat késleltetéséhez. Az optimális (legrövidebb) fizikai útvonal kiválasztása a hálózati szolgáltatás iránya vagy a forgalom tulajdonjoga alapján nagymértékben csökkentheti a késleltetési időt. A hálózattervezés során figyelembe vehető a többutas háló vagy hálós struktúra. A hálózati architektúra támogatja a teljesen optikai ápolás és a kis szemcseméretű elektromos ápolás képességeit, javítva a hálózat alacsony késleltetési ápoló képességét a szolgáltatási követelmények teljesítése érdekében. A következő generációs OTN konténer technológia a kis szemcseméretű hordozóhoz nagymértékben csökkenti az egysomópontos eszközök késleltetési idejét a virtuális csatorna technológián alapuló multiplexelési rétegek csökkentésével. A determinisztikus alacsony késleltetési követelményeknek megfelelő kapcsolatok keményen elkülönített forgalmi csöveken alapulhatnak.

### 7.2.1.2 Determinisztikus hálózatépítés ipari forgatókönyvekhez

Az ipari forgatókönyvek esetében a késleltetési idő és a jitter követelményei sokkal szigorúbbak, mint az otthoni/egyetemi forgatókönyvek esetében, és a hálózat rugalmassága is döntő fontosságú. Az ipari forgatókönyvek akár két alforgatókönyvre is feloszthatók:

#### 1) Gyártási vonal mezőbusz (FTTM)

Ebben a forgatókönyvben a rövid hatótávolságú gyártósori mezőbusz, amely valós idejű jeleket, pl. a vezérlő és a működtető közötti jeleket továbbítja, több száz métertől akár 1 km-nél kisebb hatótávolsággal. Ebben az esetben a hálózati késleltetés 0,1 ms alatt lehet, a jitter pedig 0,01 ms-ot igényel, 99,9999 %-os megbízhatósággal.

A szigorú késleltetési és jitterkövetelmények teljesítése érdekében az egykockás, többszörös buborékos (2. ábra) és egy dedikált hullámhossz vagy egy kiegészítő kezelő- és vezérlőcsatorna (AMCC) kombinációjával működő PON-t használnak.

Az [i.5]-ben meghatározott C típusú védelem a hálózat ellenálló képességének javítására szolgál (lásd még az [i.4] 24. számú használati esetét). Továbbá, a megbízhatóság javítása érdekében a megbízhatatlan ONU-k által okozott linkiesés kezelésére szolgáló rendszerek is elfogadhatók.

A jelenlegi PON technológia TDMA-alapú, ami felfelé irányuló késleltetést, jittert és potenciális ONU-kat okoz (még ha ennek valószínűsége rendkívül alacsony is), ami korlátozza a teljesítményt. Más rendszerek, például az FDMA-PON a P2MP (point-to-multi-point) ODN-en alapul, és nagy rugalmasságot és valós idejű kapcsolatot biztosíthat, amelynek késleltetési ideje mind a fel-, mind a lefelé irányuló irányban néhány tíz mikroszekundumra csökken, a jitter szinte nulla, és az ONU-katona nélküli összeköttetés.

#### 2) Hálózat nagy területű gyárak számára

A nagy gyárak, pl. petrokémiai üzemek, bányák, közlekedési vállalatok gyakran rendelkeznek egy központi telephellyel és több telephellyel, a telephely és a központi telephely közötti távolság pedig akár 20-40 km is lehet. Ebben az esetben a helyszíni eszközök és a központ közötti késleltetés nem lehet több 1 ms-nál, a megbízhatóság pedig 99,9999 %-os nagyságrendű.

Az ilyen szigorú késleltetési és jitterkövetelmények teljesítéséhez az előző "Gyártási vonal mezőbusz (FTTM)" részben említett hasonló technológiák is alkalmazhatók.

Az ITU-T OTN/fgOTN használható az ágak és a központ összekapcsolására, amelyek az ODUK-on alapulnak a szinkron TDM bitfolyam felett, ez a "kemény" cső alacsony és stabil késleltetést biztosít a forgalomnak, ezért szinte nulla a jitter. Az OTN/fgOTN biztosítja a különböző csövekben szállított szolgáltatási forgalom elkülönítését is. Az ODUK konténer a kezdőponton van becsomagolva és a végponton kicsomagolva, ez átlátható az átmeneti eszközök számára és nagy biztonsággal.

## 7.3 Lehetővé tevő technológiák a GRE számára

### 7.3.1 Áttekintés

A GRE dimenzió magában foglalja a felhasználók szolgáltatási élményének javítását és a hálózatüzemeltetők működési hatékonyságának javítását.

E javulás elérése érdekében a holisztikus F5G Advanced hálózati rendszer képességeit - beleértve a hálózati berendezéseket, valamint a különböző hálózati szegmensek hálózati irányítását és ellenőrzését - tovább kell fejleszteni. Az F5G Advanced más dimenzióinak számos kulcsfontosságú alatechnológiája a GRE dimenzióra is vonatkozik. Az átfedések elkerülése érdekében ez a szakasz elsősorban a szolgáltatás életrajz-menedzsmentjének, valamint a

hálózatüzemeltetés, -irányítás és -ellenőrzés javítására használt technológiákra összpontosít.

## 7.3.2 A hálózati működés hatékonyságának javítása

### 7.3.2.1 Autonóm hálózat

A mesterséges intelligencia (AI) technológia folyamatosan és gyorsan fejlődik, és sikeresen alkalmazzák számos műszaki területen, beleértve a kommunikációs hálózatot is, ami nagymértékben növeli a hálózati intelligenciát és javítja a hálózat üzemeltetésének élményét.

A TM Forum IG1218 [i.7] meghatározza az általános autonóm hálózati keretrendszert, amely az intelligens rendszereket az erőforrás-üzemeltetési réteg, a szolgáltatásüzemeltetési réteg és az üzleti üzemeltetési réteg között helyezi el. Meghatározza továbbá az autonóm tartományokon belüli zárt szabályozási hurkokat, valamint a szándékvezérelt interfészeket használó rétegek közötti szabályozási hurkokat.

Az intelligens hálózat közös értelmezése érdekében a TM Forum IG1230 [i.8] meghatározza az autonóm hálózati szintek keretrendszerét (a 0. szinttől az 5. szintig), amely az ember és a rendszerek részvételén alapul az általános hálózattírányítási munkafolyamatban.

Ahhoz, hogy az F5G Advanced vezetékes hálózat működésében lehetővé váljon az önkonfiguráció, az öngyógyítás és az önoptimalizálás, el kell érni a 4. autonóm hálózati szintet - "Magas szintű autonóm hálózatok". A 4. szint legfontosabb megkülönböztető technológiái a 3. szinthez képest a mesterséges intelligencia bevezetése a hálózatba az intelligens hálózati állapotelemzés érdekében, valamint az elemzés eredménye alapján történő automatikus döntéshozatal, amely lehetővé teszi a szándékvezérelt hálózati működést.

### 7.3.2.2 Hálózati digitalizálás

Az optikai hálózatok összetett analóg rendszerek. Nem lehet őket pontosan vizualizálni és modellezni, ami megnehezíti a hálózati teljesítmény felügyeletét, a hálózati kapacitás javítását, valamint a hibák lokalizálását és helyreállítását.

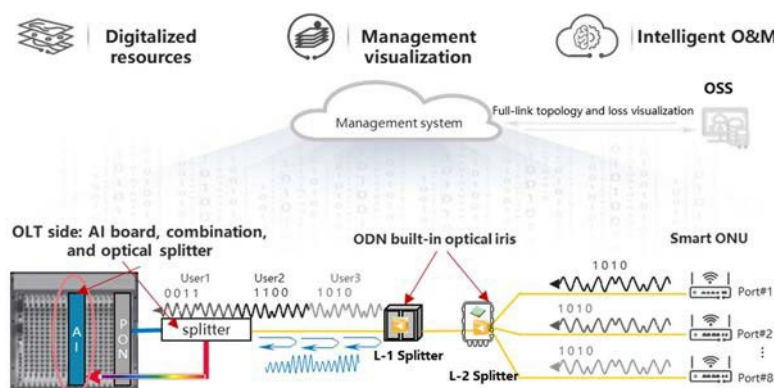
Ezért az optikai hálózat digitalizálása kulcsfontosságú szerepet játszik az F5G Advanced működési kiválóságának javításában.

Ez magában foglalja egy érzékelőrendszer felállítását az optikai hálózat négy különböző részén: optikai szálak összeköttetés, optikai komponens, optikai csatorna és az optikai csatornán megfigyelt szolgáltatási réteg. A cél egy átfogó, pontos és valós idejű tömeges adatgyűjtő rendszer felállítása.

Az autonóm hálózatépítés megköveteli az optikai hálózatok digitalizálását, beleértve az eredeti optikai rendszer analóg jeleinek digitális jelekké történő átalakítását. Az adatok alapján a NE-k intelligens előrejelző és tudatossági algoritmusokat integrálnak az autonóm képességek, például a proaktív hibajelzés, az automatikus helyreállítás további kiépítéséhez, az átviteli teljesítmény önoptimalizálása és az automatikus energiafogyasztás-szabályozás.

Az optikai kommunikációs hálózat digitalizálásának magját az érzékelők alkotják. A digitális jelfeldolgozással a különböző optikai kapcsolat károsodásai felismerhetők, kiszámíthatók és akár kompenzálhatók is. Az optikai érzékelő egyik tipikus példája az optikai időtartománybeli reflexiómérő (OTDR). Az OTDR-ek segítségével a hálózattírányítási rendszerek információt kaphatnak a szálak kapcsolati tulajdonságairól, például a beszűrési veszteségről és az öregedési állapotról. Egy másik példa az optikai csatornamonitor (OCM), amely képes az egyes hullámhosszú jelek optikai teljesítményének és középfrekvenciájának érzékelésére, és amelyet csatornatervezésre vagy teljesítménykiegénylítésre használnak egy WDM-rendszerben.

A digitális ODN a hozzáférési hálózatokban a működési kiválóság javításának példája. Támogatja a képfelismerést és a QR-kódok beolvasását, segítve a szolgáltatókat az ODN-hálózati topológia automatikus visszaállításában és az ODN-portok erőforrásainak 100 %-os pontosságának elérésében, jelentősen javítva a telepítés és az üzemeltetési és karbantartási hatékonyságot. Emellett a digitális ODN-technológiák folyamatos fejlődésével a megoldás a koherens optikai jelelemzési technológiát használja az ODN-kapcsolat terhelésének automatikus észlelésére és elemzésére, a dinamikus, valós idejű ODN-topológia helyreállításának megvalósítására, percsintű hibadiagnosztika és mérőszintű hibalokalizáció, ami nagymértékben javítja a hálózat üzemeltetési és karbantartási hatékonyságát.



3. ábra: Példa a digitalizált ODN-re a hozzáférési hálózatokban

### 7.3.2.3 Szándékvezérelt irányítás

A szándékot "a műszaki rendszerrel szemben támasztott elvárások formális specifikációja, beleértve a követelményeket, célokat és korlátozásokat" (ETSI GR ZSM 011 [i.9]). Egy szándékvezérelt hálózatban a szándék leírja azokat az üzemeltetési célokat, amelyeket a hálózatnak teljesítenie kell, és azokat az eredményeket, amelyeket a hálózat nyújt, ahelyett, hogy meghatározná, hogyan érik el vagy valósítják meg azokat.

A szándékvezérelt hálózat természetes és hatékony módját biztosítja az emberek és gépek közötti interakciónak, valamint a gépek közötti interakciónak. Ez leárnyékolja a mögöttes hálózat technikai komplexitását, lehetővé teszi az üzemeltetési és karbantartási személyzet számára, hogy a hálózat értékére összpontosítson, és egyszerűsíti a szolgáltatási területek közötti interakciót. Emellett a hálózati irányítási és -vezérlési rendszer számára rugalmasságot biztosít a különböző megoldási lehetőségek feltárásához és az optimális megoldás meghatározásához.

Tipikus alkalmazásként a szándékvezérelt megközelítés a szolgáltatások nyújtására használható (pl. nagy értékű magánvonalas szolgáltatások vagy otthoni szélessávú szolgáltatások). Az ügyfél a hálózati vezérlőhöz egy szándékvezérelt interfészen keresztül fejezheti ki szolgáltatási elvárásait (pl. a cél SLA követelményeket, beleértve a szolgáltatás típusát, a sáv szélességet, a késleltetést és a rendelkezésre állást). A hálózati vezérlő az ügyfél szándékát részletes hálózati konfigurációvá tudja alakítani, és elindíthatja a részletes hálózatellátási és -karbantartási folyamatokat, például intelligens útvonal-számítást több útvonal-számítási tényező alapján, a hálózati szűk keresztmetszetek valós idejű, pontos helymeghatározását, valamint az optikai és Wi-Fi® hálózatok adaptív optimalizálását. Ily módon javíthatja a szolgáltatás piacra jutási idejét azáltal, hogy automatikus szolgáltatásnyújtást biztosít kézi beavatkozás nélkül vagy kevesebb kézi beavatkozással, és valós időben biztosíthatja a felhasználói szintű szolgáltatási élményt.

### 7.3.2.4 Intelligens hibakezelés

A hibakezelés az egyik legkritikusabb folyamat a hálózat üzemeltetési és karbantartási eljárásában. A hibakezelési folyamat 4. autonóm hálózati szintjének eléréséhez az F5G Advanced hálózatnak hálózati állapotelemzést kell végeznie a hálózati hibák vagy a hibakockázat azonosítása, a kiváltó okok és a javasolt helyreállítási eljárás meghatározása érdekében. A legideálisabb esetben a hálózati hibák még a szolgáltatás megszakadása előtt felismerhetők és kijavíthatók, anélkül, hogy a felhasználók észrevennék őket. Ily módon a hálózat üzemeltetési és karbantartási hatékonysága jelentősen javul.

Egy optikai hálózatban egyetlen hiba nagyszámú riasztást okozhat több hálózati elemben, több hálózati rétegben, ami megnehezíti a kiváltó ok azonosítását. A gyökér okok elemzésének kézi eljárása a technikusok szakértelmét igényli, ami nem valós idejű és nem túl hatékony. Egy másik lehetőség egy szabályalapú rendszer kiépítése, amely a lehető legtöbb előre definiált riasztási korrelációs szabályt tartalmazza, és ezeket a szabályokat használja a gyökér okok megállapítására. A nehézség abban rejlik, hogy a különböző hálózati összetételek vagy tartományok heterogenitása miatt a riasztási korrelációs szabályoknak túl sok változata létezik ahhoz, hogy előre definiált és a rendszerbe beépíthető legyen.

A tudásgráf [i.10] és a nagy nyelvi modell (LLM) [i.11] két olyan technológia, amely lehetővé teszi a gyökeres okokra való következtetést. Vegyük példaként a tudásgráfot, amint a tudásgráf létrejön, számos relációs következtetési technológiát, például gráf-alapú mesterséges intelligencia algoritmust használhat az új következtetési szabályok megtanulására, majd frissítésére. Egy ilyen öntanuló rendszerrel a következtetési szabályok segítségével valós idejű hibaazonosítás és a gyökeres okok elemzése meghatározható, ami nagymértékben javítja a hibakezelés hatékonyságát és pontosságát.

## 7.3.3 A hálózati szolgáltatások felhasználói élményének javítása

### 7.3.3.1 Áttekintés

A felhasználók szolgáltatási élményének javítása érdekében a legfontosabb szempont a szolgáltatások minőségének biztosítása, nevezetesen a szigorúbb követelményeket támaztó prémium szolgáltatások esetében.

Az F5G Advanced rendszerben a prémium szolgáltatásokat jellemzően a Cloud DC-kben telepítik, hogy teljes mértékben kihasználják a megosztott felhőinfrastruktúra előnyeit, és teljes mértékben kihasználják a nagy teljesítményű felhőalapú számítási erőforrásokat. Különböző típusú

a nagy teljesítményű számítástechnikai erőforrások általában különböző adatközpontokban vannak elosztva, ezért a felhasználók és az elosztott számítástechnikai erőforrások összekapcsolására kiváló minőségű számítástechnikai együttműködési hálózatot kell kiépíteni, amely magában foglalhat CPN-, hozzáférési, aggregációs, mag- és adatközpont-hálózatokat.

A számítástechnikai erőforrásokat a felhasználók szolgáltatásai által vezérelt feladat alapú módon használják. Ehhez a kiváló minőségű számítási teljesítményű hálózatra [i.18] van szükség, hogy a rendszer képességei a rugalmasság, a rugalmasság és az intelligens ütemezés tekintetében javuljanak, és a hálózati erőforrásokat igény szerint lehessen biztosítani. Ily módon a hálózati erőforrásokat akkor lehet beszerezni, amikor használják, és felszabadítani, amikor már nincs rájuk szükség.

A hálózati szolgáltatások felhasználói élményének másik fontos tényezője a "last meter" kapcsolat minősége és konzisztenciája. Ezt a kapcsolatot gyakran a Wi-Fi® segítségével biztosítják, ami jó ellenőrzési és koordinációs mechanizmusokat igényel a környező AP-k számára, ahol az FTTR fontos eszköz lehet.

### 7.3.3.2 Az optikai hálózati információk ismerete

Az F5G Advanced rendszernek meg kell szereznie az optikai hálózati topológiát és az erőforrás-információkat, hogy több tényező, például a sávszélesség, a késleltetés, a megbízhatóság és a csomagvesztési arány alapján optimális útvonal-számítást végezzen.

Az optikai hálózatok determinisztikus és rendkívül alacsony hálózati késleltetést biztosítanak mind az optikai hullámhosszúság, mind az elektromos rétegben. Az optikai hálózatokból származó késleltetési információk segítségével az F5G Advanced hálózat képes azonosítani a különböző hierarchikus fizikai szegmenseket, és minden egyes szegmensben garantálható, hogy a hálózati késleltetés egy adott érték alatt marad. Ily módon a fizikai optikai hálózatokon egy "késleltetési térkép" építhető fel. A számítástechnikai erőforrások különböző fizikai szegmensekben (pl. metróhálózat, regionális és régiókon átnyúló hálózat) telepíthetők a differenciált számítástechnikai szolgáltatások különböző késleltetési követelményeinek kielégítése érdekében.

### 7.3.3.3 Rugalmas erőforrás skálázás

A mai felhőtechnológiák egyik legismertebb és leggyakrabban használt funkciója az elasztikus skálázás, amely lehetővé teszi a "szolgáltatásként történő" modellt. A központosított felhőben a -fel, -le, -be és -ki skálázás jól ismert és megvalósított. A skálázási mechanizmusoknak figyelembe kell venniük az erőforrások kihasználtságát és az erőforrások munkaterhelésének elhelyezését. Egy elosztott számítástechnikai forgatókönyvben a munkaterhelés elhelyezését és a szükséges erőforrásokat kell figyelembe venni az intelligens döntésekhez, hogy melyik munkaterhelés melyik helyre kerüljön, ahol bizonyos számú erőforrásra van szükség.

Az ilyen rugalmasan skálázódó felhőalapú számítástechnikai szolgáltatások átvitelének támogatásához a hálózati erőforrásokat dinamikusan kell ütemezni és igény szerint módosítani. Ily módon az erőforrásokat több szolgáltatás is újrahasznosíthatja időben megosztva, hatékony kihasználtságot elérve.

Az optikai hálózat jellemzői az ultra-nagy kapacitás, az ultra-alacsony késleltetés és a csomagok jittere, amelyek a legjobban illeszkednek a kiváló minőségű felhőalapú számítástechnikai szolgáltatásokhoz. Az F5G Advanced-ben az optikai hálózatot tovább kell fejleszteni az elaszticitási és rugalmassági szempontok tekintetében, és ezért szolgáltatási hálózatként használható az elosztott számítástechnikai szolgáltatásokhoz. A legfontosabb alatechnológiák a következők:

- Az optikai hálózatnak gyorsan kell reagálnia a szolgáltatásátviteli követelményekre, és képes gyorsan kapcsolatot létesíteni optikai (pl. hullámhosszú kapcsolatok) vagy elektromos szinten (pl. optikai adategység (ODU) kapcsolatok), a szolgáltatási igénynek megfelelő sávszélességgel. Egy tipikus példában a hullámhosszú kapcsolatok néhány perc alatt, míg az ODU-kapcsolatok néhány másodperc alatt hozhatók létre.
- Az optikai hálózatnak különböző sávszélességű kapcsolatokat kell támogatnia, hogy a legjobban megfeleljen

a különböző felhőalapú számítástechnikai igényeknek. Ezenkívül támogatni kell az elektromos kapcsolatok veszteségmentes sávszélesség-szabályozását (pl. több tíz Mbps-tól Gbps-szintig) a változó szolgáltatási igények alapján.

- A feladatalapú üzemmód engedélyezéséhez az optikai hálózatnak ismernie kell a különböző felhőalapú számítástechnikai szolgáltatások azonosító adatait, valamint a kapcsolódó hálózati követelményeket (például a célfelhő DC, a sávszélességi követelmények és a prioritás). Ily módon a számítási feladatok által vezérelve igény szerint megfelelő optikai kapcsolatokat (például hullámhossz- vagy ODU-kapcsolatokat) tud biztosítani. Ezenkívül a szolgáltatásforgalmat az optikai hálózat szélső csomópontja automatikusan azonosíthatja és a megfelelő optikai kapcsolatra irányíthatja. Ez biztosítja a számítási feladatok agilis és hatékony ütemezési folyamatát.
- A felhőalapú számítástechnikai szolgáltatások hálózati hibákkal szembeni védelme érdekében az optikai hálózatnak biztosítania kell az optikai kapcsolatok magas rendelkezésre állását ( $\geq 99,999\%$ ), és olyan mechanizmusokat kell biztosítania, amelyek lehetővé teszik a determinisztikus helyreállítási időt és a helyreállítási útvonalat.
- A növekvő számú felhasználó, DC és elosztott számítástechnikai alkalmazás támogatása érdekében az optikai hálózat bővül, és a portonkénti kapcsolatok száma nagyságrendekkel nő, hogy hatalmas számú elosztott számítástechnikai szolgáltatást tudjon szállítani. A bővülő optikai hálózat támogatásához új vezérlősík-technológiákat kell kifejleszteni.

### 7.3.3.4 Az optikai hálózat és a felhőalapú számítástechnikai erőforrások közös optimalizálása

A felhőalapú számítástechnikai szolgáltatások egyre fontosabbá válnak. A hálózati és a felhőalapú számítástechnikai erőforrások koordinálása a kezelési síkban, a vezérlési síkban és az adatsíkban szükséges, ami előnyös az optikai hálózat és a felhőalapú számítástechnikai erőforrások közös optimalizálása szempontjából.

Ilyen esetben a szolgáltatási képességekkel kapcsolatos információkat, például a számítási erőforrások telepítési helyét, a számítási teljesítmény típusát, a fennmaradó számítási teljesítményt és a számítási teljesítményszintet rendszeresen össze kell gyűjteni a vizualizált számítási erőforrástérkép létrehozásához. Az optikai hálózat erőforrástérképével / késleltetési térképével együtt megvalósítható az optikai hálózati erőforrások és a felhőalapú számítástechnikai erőforrások közös optimalizálása.

Különböző optimalizálási stratégiák lehetségesek, amelyek lehetővé teszik a szolgáltatók és a felhasználók számára, hogy kompromisszumokat kössenek az erőforrás-felhasználás és a szolgáltatás minősége között. A folyamatelosztási (vagy munkaterhelés-elhelyezési) algoritmusoknak többdimenziós optimalizálás-orientáltaknak kell lenniük.

### 7.3.3.5 Garantált QoS hálózati átvitel helyiségen belüli Wi-Fi-n keresztül®

Az "utolsó méter" kapcsolat a helyhez kötött hálózatban (pl. Wi-Fi®) a felhasználói élmény kulcsa. A Wi-Fi® kapcsolatok minősége alapvető fontosságú. Egy több AP-vel rendelkező hálózatban a különböző AP-k közötti koordinációra van szükség az esetleges ütközések elkerülése érdekében, ezáltal stabil és megbízható, jó minőségű Wi-Fi® kapcsolatot biztosítva. Ez a hálózati teljesítmény folytonosságának eléréséhez vezet, hogy a dedikált szolgáltatás következetes felhasználói élményt nyújtson. A stabil és megbízható Wi-Fi® kapcsolat számos előnnyel járhat a helyben használatos forgatókönyvek esetében, például a következők támogatásával Gigabites/multi-Gigabites lefedettség mindenhol az átfogó hálózati szolgáltatáshoz, folyamatos jó élmény biztosítása a késleltetésre érzékeny szolgáltatások (pl. online játék) esetében, zökkenőmentes átadás-átvétel támogatása a szolgáltatás folyamatossága érdekében, robusztus vezérlés biztosítása az IoT-szolgáltatáshoz stb. További részletekért lásd a 7.5. pontot.

Az E2E koordináció az optikai hálózatban biztosítja a felhasználói élményt garantáló QoS biztosítását.

## 7.4 Lehetővé tevő technológiák az OSV számára

### 7.4.1 Áttekintés

Az optikai érzékelés és vizualizáció dimenzió három fő alkalmazási területet érint:

- 1) Száloptikai infrastruktúra használata érzékelőként a környezeti paraméterek, például a hőmérséklet, a stressz, a rezgés stb. rögzítésére és gyűjtésére. Amelyeket hidak, alagutak, úthálózatok és vasutak megfigyelésére lehet alkalmazni a feszültség és a megnövekedett rezgések és feszültségek tekintetében, amelyek közelgő meghibásodást jelezhetnek. Hasonlóképpen, az optikai szál érzékelőt az olaj-, gáz-, víz- és egyéb áramlást szállító csővezetékekkel együtt is be lehet vetni a szivárgás, a hőmérséklet-változások észlelésére.

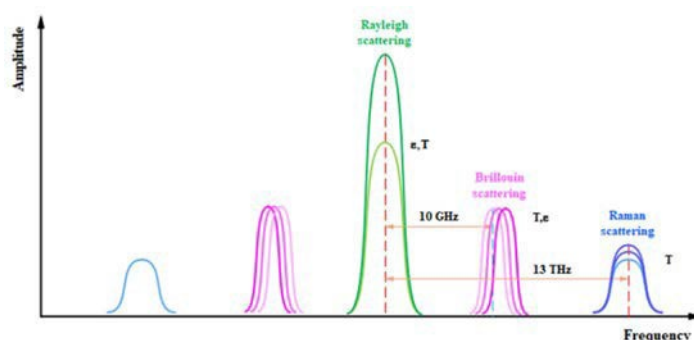
- 2) Mivel az FTTR + Wi-Fi® az F5G Advanced hálózat alapvető része, a Wi-Fi® érzékelési technológiákat, például a CSI-t (Channel State Information) érdemes kihasználni, hogy egyes felhasználási esetekben továbbfejlesztett érzékelési képességeket biztosítson.

- 3) A száloptikai kommunikációs hálózati infrastruktúra észlelése a hálózati topológia, az egyes ágak és szegmensek beiktatási veszteségei, a romlás nyomon követése vagy a száloptikai hálózati infrastruktúra töréspontjainak észlelése/meghatározása, az ilyen információk lehetővé teszik a vezetőségek számára, hogy az optikai hálózati infrastruktúrát digitalizált üzemeltetési, irányítási és diagnosztikai célokra vizualizálják.

A mesterséges intelligens technológiák felhasználhatók az OSV rendszerben az érzékelési és vizualizációs eredmények pontosságának javítása érdekében.

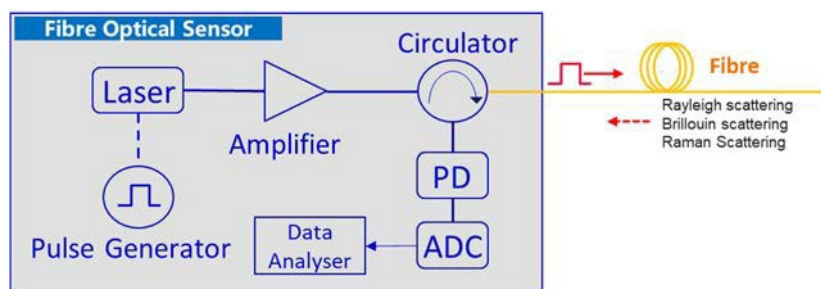
## 7.4.2 Elosztott száloptikai érzékelés

A Rayleigh-szórás, a Brillouin-szórás és a Raman-szórás mechanizmusai mind visszaszóráshoz vezetnek, amikor a fény optikai szálakon keresztül terjed (4. ábra). Amikor a szál egy bizonyos pontján a környezet rezgése, hőmérséklete és feszültsége megváltozik, a szál adott pontján keletkező visszaszórt fényjel intenzitása, fázisa és frekvenciája ennek megfelelően változik. A Rayleigh-szórás fázisának változása összefügg a hőmérséklet, az alakváltozás és a rezgés változásával. A Brillouin-szórás frekvenciahelyzetének változása a hőmérséklet és a feszültség változásával függ össze. A Raman-szórás intenzitásváltozása a hőmérséklet változásával függ össze. Ez a hatékonyság az optikai szálak érzékelő rendszerében használható.



4. ábra: A Rayleigh/ Brillouin/Raman-szórás hatékonyságának szemléltetése

Egy tipikus optikai érzékelő működési diagramja az 5. ábrán látható.



5. ábra: Száloptikai érzékelő diagram

Az elosztott optikai szál érzékelő optikai szálakat használ érzékelőként, amely egy lézertől van csatlakoztatva. A lézert egy impulzusgenerátor hajtja meg, és periodikusan rövid detektáló fényimpulzusokat fecskendez az optikai szálba, hogy mérje, ellenőrizze és elemezze a szálból visszaszórt jel térbeli eloszlását és időben változó információit (intenzitás, frekvencia, fázis stb.). Olyan technológiák alkalmazásával, mint például a koherens demodulációs algoritmus, a visszaszórt jelet feldolgozzák, és a mintavételi idő és a fényküldési idő közötti időkülönbség alapján meghatározható az aktuális szórt fény térbeli helyzete.

Az elosztott optikai szál érzékelési technológia elegendő lineáris érzékelési képességgel rendelkezhet a környezeti akusztikus frekvenciajelek érzékeléséhez. A szál mindkét oldalán egy-egy adatelemző található, amely az érzékelő jelek feldolgozását végzi. A mesterséges intelligencia technológiákkal támogatva az adatelemző kivonja a hasznos jellemzőket, osztályozza és azonosítja a jeleket, és érzékelési modelleket épít a különböző érzékelési forgatókönyvekhez.

Az adatelemzők kimeneteit az adatgyűjtő gyűjti össze és küldi el az irányítási/felügyeleti rendszerbe. Az irányítási/felügyeleti rendszer ezután riasztást indít, és hiba vagy kockázat észlelése esetén helyszíni vizuális ellenőrzést vagy javítási megbízást küld.

### 7.4.3 Wi-Fi® Érzékelés

Bár a beltéri vezeték nélküli hozzáférési hálózat által biztosított kommunikáció az IEEE 802.11.ax [i.20] (< 6 GHz) vagy a 802.11.be [i.21] (< 7,125 GHz) szabványokkal magas minőségű élményt és nagy átviteli sebességet biztosít, a lefedettség kiterjesztése az egész lakásra és a Wi-Fi® összehangolt szolgáltatások nyújtása minden felhasználó számára továbbra is kihívást jelent.

A Wi-Fi® hálózat emellett lehetővé teszi, hogy a vezeték nélküli eszközök érzékelőként működjenek a hálózat részeként, hogy a fogadott jeleket szintetizálják és meghatározzák a tárgyak és emberek helyét, az IEEE 802.11bf [i.22] és a Wi-Fi® alapján. A csatornaállapot-információ (CSI) mérések alapján közelítő érzékelési funkciókat biztosíthat a mozgások azonosításához, ugyanakkor a korlátozott lefedettség és a Wi-Fi® ismétlők és relék központi irányításának hiánya miatt ez is közelítő és kevésbé pontos.

A Wi-Fi® rendszer kommunikációs és érzékelési funkciói a hullámok diffrakciója és a Wi-Fi® jelek instabil volta miatt a bonyolult beltéri környezetben a névleges teljesítménytől eltérhetnek. A Wi-Fi® ismétlők használata és a hozzáférési pont csomópontok központi irányítás nélküli, pont-pont architektúrájú kiterjesztése nem feltétlenül oldja meg a problémákat, főként a nem ellenőrizhető elektromágneses interferenciák miatt.

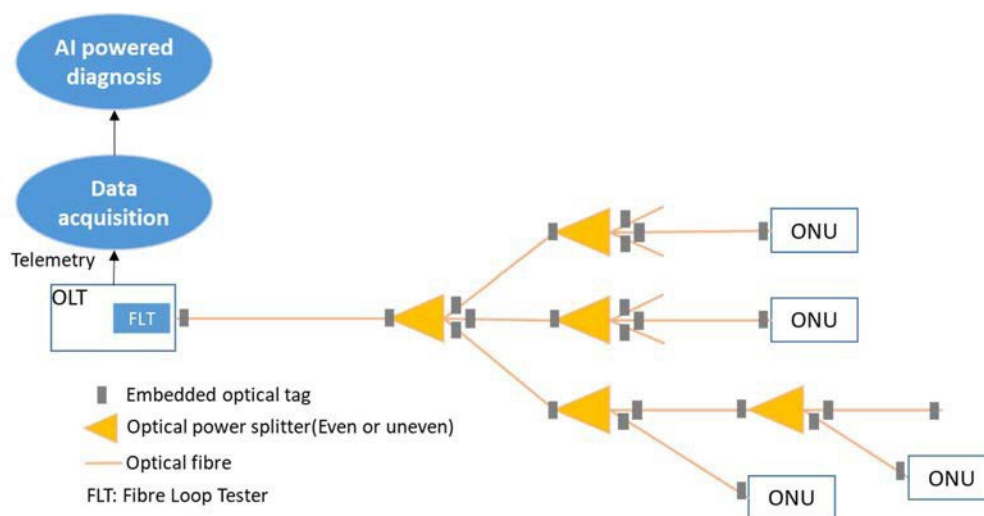
A Wi-Fi® jelterjedés jellemzői alapján a jövőbeli Wi-Fi® érzékelését különböző szempontokból lehet tovább vizsgálni. Egy központi irányított, több hozzáférési pontból álló rendszer kiépítése, amely pont-többpontos Wi-Fi® lefedettséget biztosít mindenhol az otthonban, mint például az FTTR, és kihasználja a többsugaras intelligens antennákat a lokalizáció és az érzékelés pontosságának és precizitásának javítása érdekében.

### 7.4.4 Optikai kábelhálózat digitalizálása és vizualizációja

Az ETSI GR F5G 008 [i.6] 14. használati eset az ODN-infrastruktúra digitalizálásán alapuló, az egyes szálakhoz és csatlakozókhoz rögzített címkéket vezetett be az egyes szálak kapcsolati viszonyának és állapotának azonosítására, amihez a technikusnak manuálisan kell beolvasnia a címkéket, a 31. használati eset mesterséges intelligencia alapú algoritmusokat vezetett be a közös kockázatú összeköttetési csoport (SLRG) azonosítására, a 32. használati eset pedig mesterséges intelligencia alapú PON optikai útvonaldiagnózist vezetett be. Mindegyiknek vannak azonban korlátai, és nem felel meg a hálózat jobb vizualizálásának követelményének.

Az optikai kábel vizualizációjának célja, hogy az ODN topológia digitális profilját a szálak összekötő kapcsolatával kapcsolatos információkkal, az egyes optikai utak beiktatási veszteségével biztosítsa, ami lehetővé teszi az ODN topológia digitális ikerpárjának rekonstrukcióját az irányítási rendszerben, ezáltal támogatva az autonóm hálózati irányítást.

A fenti cél eléréséhez szükséges megvalósítást a 6. ábra mutatja.



6. ábra: Optikai kábel vizualizációs megvalósítása

## 7.5 Az FFC-t lehetővé tevő technológiák

### 7.5.1 Áttekintés

Az optikai szálak az otthonokba, az egyetemekre és a gyárakra is kiterjedhetnek. Mindezen forgatókönyvekhez igazodva folyamatosan javítani kell a könnyű telepíthetőséget, a környezeti alkalmazkodóképességet, a nagy hálózati megbízhatóságot, és számos iparágban fel kell gyorsítani a hálózatok rézből optikussá történő átalakítását.

Az FTTR 2,5 Gbps-ról 10 Gbps-ra történő fejlesztése az új hálózati szolgáltatások követelményeinek teljesítését célozza. Az FTTR-ek C-WAN-architektúrája megoldja a hagyományos Wi-Fi® ütközés problémáját, központosított erőforrás-optimalizálást, koordinált Wi-Fi® átvitelt, zökkenőmentes barangolást és energiatakarékos átvitelt biztosít. Stabilitás és

a megbízhatóság kulcsfontosságú az FTTM számára, a fő- és tartalékkapcsolattal rendelkező gyűrűs topológia fontos kapcsolatvédelmi mechanizmus az FTTM számára. A száldiagnosztikának szüksége van a digitalizált ODN-technológiára a probléma gyors azonosításához és a kockázat korlátozásához az ipari alkalmazásokban. Az FTTO forgatókönyvhöz nagyobb áteresztőképességű, például 50G-PON technológiára van szükség az alábbiak biztosításához 10 Gbps sebességű kapcsolat mindenhol egy dedikált régióban. Ezenkívül az FTTThing rugalmas üvegszál kommunikációs technológiákat igényel a különböző végfelhasználói eszközök eltérő igényeihez való alkalmazkodáshoz.

### 7.5.2 Fiber a szobába (FTTR)

A lakossági és kv-alkalmazások (például a magával ragadó VR, a 3D csupasz szemmel történő megjelenítés stb.) továbbfejlesztett hálózati követelményeinek kielégítése érdekében az F5G-A FTTR 10 Gbps-ra fejlődik. Emellett az FTTR esetében fontos a stabilitás és a megbízhatóság, hogy a végfelhasználók számára a legjobb élményminőséget (Quality of Experience, QoE) tegye lehetővé. A hálózati KQI magában foglalja az áteresztőképességet, a kapcsolatot, a késleltetést, az átadást, a zöld és biztonságot, valamint az intelligens üzemeltetési és karbantartási szolgáltatásokat. Az F5G-A FTTR-hez a következő technológiákra van szükség

#### 1) Központosított optikai és Wi-Fi® koordináció:

- Az optikai és vezeték nélküli koordinációs mechanizmus a központosított optikai és Wi-Fi® szinergia mechanizmusra összpontosít. Vagyis az MFU az MFU vezérlőjén keresztül valós időben vezérli az SFU-t, biztosítva az olyan célkitűzéseket, mint a Wi-Fi® légifunkció rendezett koordinálása az FTTR-hálózaton és az érzéketlen barangoló áadások, valamint a légifunkció teljesítményének maximalizálása. Ez egy alacsony késleltetésbiztosítási technológián alapul, amely a Wi-Fi® viselkedésének csomagonkénti szintű hangolásának kulcsa. Az MFU valós időben gyűjti a szolgáltatási adatok állapotát és az SFU-k légi interfészének állapotát. Az MFU és az SFU-k légi interfész átviteli erőforrásai (például idő, frekvencia és tér) valós időben kerülnek ütemezésre, így biztosítva, hogy a Wi-Fi® légi interfészen a különböző eszközök között ne forduljon elő csomagkonfliktus.

#### 2) Zökkenőmentes áadás:

- A zökkenőmentes áadás kihasználja a központosított optikai és Wi-Fi® együttműködés mechanizmusát. Az MFU érzékeli és karbantartja a teljes hálózati topológiát, egységes módon konfigurálja a légi interfész-kapcsolat állapotát és az adattovábbítási útvonalat, és egységes módon vezérli az összes terminálkapcsolatot. Az átkapcsolás az SFU-khoz egy lépésen keresztül történik. Az MFU és az SFU-k közötti interakció egyszerűsödik. Az adattovábbítás és a kapcsolat átkapcsolása egyidejűleg végezhető, jelentősen csökkentve az áadási átkapcsolási időt és biztosítva az adatátvitel folyamatosságát.

#### 3) Energiatakarékos technológia:

- Az energia hatékonyabb felhasználásának elősegítése érdekében az FTTR-nek adaptív kommunikációs rendszert kell biztosítania az energiatakarékosság érdekében.

### 7.5.3 Fiber to the Machine (FTTM)

Az üvegszál előnye a nagy sáv szélesség, a nagy távolság és az elektromágneses interferencia elleni védelem. Alkalmos ipari alkalmazásokhoz. Az FTTM maximalizálja az optikai szálak előnyeit, és támogatnia kell a nagy hálózati megbízhatóságot, valamint ipari robbanásbiztos, ütésálló és korróziógátló képességeket kell bevezetnie. Az FTTM tipikus műszaki felépítése a 7. ábrán látható. Támogatni kell a gyűrűs hálózat védelmét és a megszakításmentes szolgáltatásváltást biztosító zéró-megszakítás elleni védelmet.

Az FTTH-alkalmazásoknak három fő kategóriája van, amelyekhez különböző technológiákra van szükség:

- 1) Valós idejű vezérlési forgatókönyvek, például gyártósorok vezérlése, hajókonténerek üzemeltetése a kikötőkben, vizuális ellenőrzés, intelligens ütemezés, TOS-automatizálás stb.

Ebben a kategóriában néhány fontos követelmény a következő: nagy sávszélességű átvitel akár 10 Gbps sebességű átvitel biztosítása

4K felbontású képek valós idejű átvitele (pl. vizuális ellenőrzéshez), mikroszekundumokon belüli, determinisztikusan alacsony késleltetés akár 100 km hosszú szálak esetén, magas rendelkezésre állás és zéró szolgáltatásmegszakítás, hálózati hibák esetén 30 ms-on belüli gyors átkapcsolás. A passzív hálózatok zéró elektromágneses interferenciájú környezetet teremtenek.

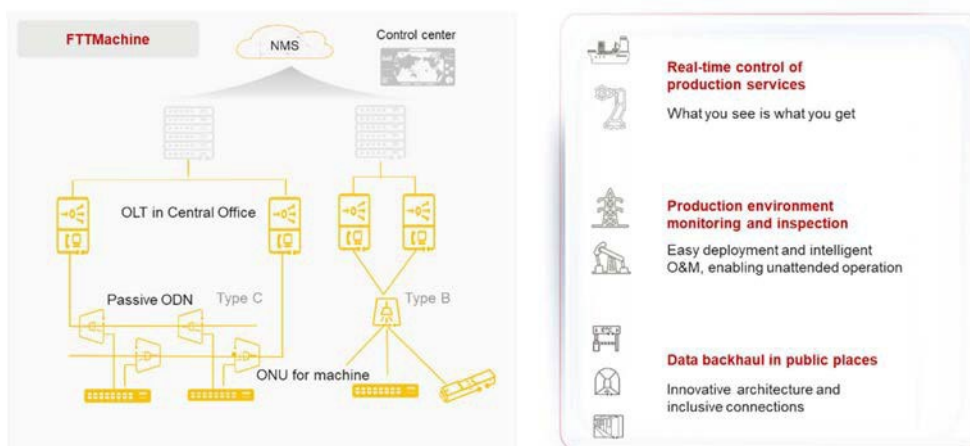
- 2) Termelési környezet felügyeleti és ellenőrzési forgatókönyvek, például a küldeményautomatizálási rendszer, az IoT hozzáférési platform és az elemzési platform.

Ebben a kategóriában néhány fontos követelmény a következő: A robbanásbiztos minősítéssel rendelkező eszközöket igénylő magas szintű biztonság.

- 3) Közterületi adatátviteli forgatókönyvek, például autópályás videóátvitel, alagútérzékelős adatátvitel, metróbiztonsági védelem, PIS és IoT.

Ebben a kategóriában néhány fontos követelmény: Egyszerűsített architektúra kevesebb hálózati réteggel és nagy sűrűségű hozzáféréssel a tömeges IoT-eszközökhöz, nagy, 1:128 arányú megosztási arány a skálázhatóság érdekében, költséghatékony technológia a hosszú távú fejlődés biztosítására, folyamatos sávszélesség-fejlesztéssel és kábel nélküli hálózati fejlődéssel.

csere. Az egyszerű kezeléshez a kétrétegű hálózati architektúra, a plug-and-play ONU-k és az egységes NMS-platform hatékony kezelése szükséges.



7. ábra: Az FTTH műszaki felépítése

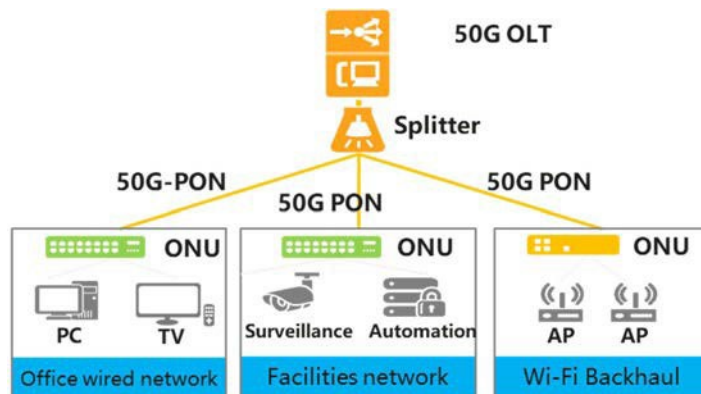
## 7.5.4 Száloptika az irodába

Az adatközpontok és a vezeték nélküli egyetemi hálózatok egyre inkább Wi-Fi-t használnak<sup>®</sup> 7. Támogatni kell az olyan szolgáltatásokat, mint a vezeték nélküli vetítés, a felhőalapú asztali számítógép és az UHD videokonferencia. A mai, akár 100 méteres rézkábel a hagyományos irodai hálózatban nem képes támogatni a szükséges sávszélességet. Sürgősen szükség van hálózati architektúra-innovációra az egy az egyhez optikai szál összeköttetések megvalósításához az egyetemi/irodai üvegszál asztali hálózatokban. Az FTTO és FTTH forgatókönyvek optikai szálainak támogatniuk kell az 50G-PON szimmetrikus, nagy sávszélességű kommunikációt a Wi-Fi<sup>®</sup> 6e/7 hozzáférési pontok backhauljának támogatása érdekében. A hálózat kemény szeletelése/kemény izolálása lehetővé teszi több egyetemi hálózat egyetlen hálózatba történő integrálását.

Jelenleg a tipikus irodai hálózat nem rendelkezik menedzsmentfunkciókkal, és manuális beavatkozásokat alkalmaz a konfiguráláshoz, a hibák kereséséhez és kijavításához, valamint a hálózat állapotának nyomon követéséhez. A jövőben fontos a szándékalapú telepítés, a gyenge minőségazonosítás, az automatikus optimalizálás, a hibaelőrejelzés és az öngyógyítás támogatása az autonóm hálózatirányítás érdekében egy intelligens, teljes optikai campusban. Ily módon az üvegszál asztali hálózat olyan előnyökkel jár, mint a nagy sávszélesség, a könnyű fejlődés, a kemény elszigetelés és a könnyű üzemeltetési és karbantartási feladatok, amelyek segítik az intelligens, teljesen optikai campusokat.

## Szimmetrikus 50G-PON az FTTO számára

Az 50G-PON az FTTO-hoz, ahogyan azt az 50G-PON (G.9804 sorozat) közzétett ajánlásai meghatározzák, rendkívül nagy sávszélességet és több mint 10 Gbit/s-ot biztosít minden egyes hozzáférési pont számára. Ezenkívül az 50G-PON a szolgáltatási élmény biztosítása szempontjából is továbbfejlesztett. Ezért az 50G-PON több szolgáltatást is képes továbbítani az FTTO forgatókönyvekben. Például vállalati nagysebességű internet-hozzáférés, felhőszolgáltatások, egyetemi Wi-Fi® 7 backhaul és ipari internet. Ez nagymértékben javítja az optikai hálózatok értékét, és lehetővé teszi a vállalkozások nagymértékű digitalizálását.



8. ábra: 50G-PON az FTTO számára

## 7.5.5 FTTThing

Az optikai kommunikációs technológiák alkalmazásai hálózati eszközorientáltak az FTTx-ben, mint például az FTTH, FTTR, FTTM, FTTO stb., az optikai hálózatot hagyományosan egy hálózati terminálban (azaz ONU-ban) fejezik be. A végberendezések (pl. IoT-eszköz, kamera, gép stb.) csatlakoztatására további interfészeket használnak, mint például Ethernet-pont (pl. GE, 2,5GE, 10GE stb.), Wi-Fi®, HDMI stb.

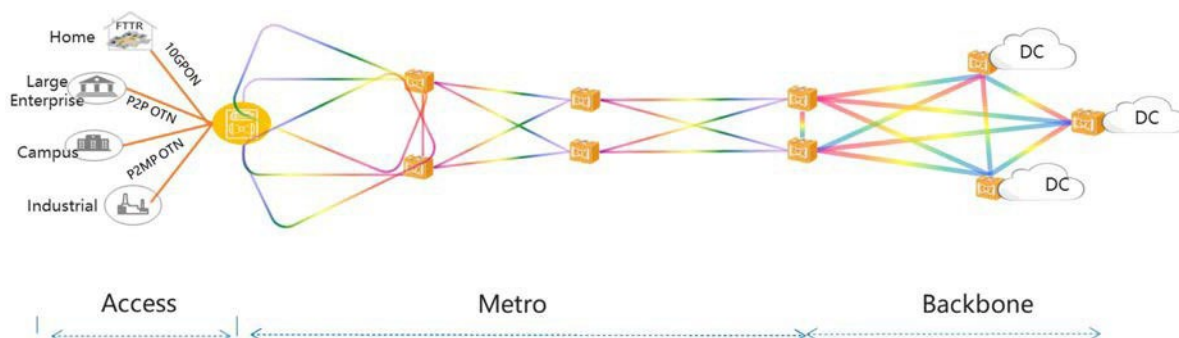
A "Fibre to the thing" (FTTThing) olyan integrált technológiai rendszert ír le, amely a kommunikációs rendszeren keresztül kapcsolatot biztosít egy végberendezéshez, amelyben a szálak közvetlenül a végberendezésekhez csatlakoznak egy hálózati végberendezés (pl. ONU, AP stb.) helyett. Ehhez a hagyományos technológia új innovációjára lehet szükség:

- 1) Támogatja a sűrű kapcsolatokat akár több ezer eszközzel. Az egyes kapcsolatok adatátviteli sebessége nem feltétlenül magas, de az összesített átviteli teljesítményt még így is elegendőnek kell lennie. Más modulációs séma csökkentheti a bonyolultságot az egyszerű eszközök esetében. A különböző átviteli igényekhez különböző modulációs módszertanok hibrid módjára van szükség.
- 2) A P2MP-hez hasonló szálmegosztó topológia dinamikus ütemezése hatékony kommunikációs erőforrás-felhasználást biztosít, és ezáltal rendkívül hatékony energiafelhasználást tesz lehetővé.
- 3) A rugalmas üvegszál-asz infrastruktúra, akár csak a többretegű infrastruktúra, elengedhetetlen az új csatlakoztatható eszközök skálázható bővítésének támogatásához. Az üvegszál komponensek (például az üvegszál csatlakozók) egyszerű felépítését ki kell dolgozni, hogy támogassák az üvegszál kapcsolat gyors létrehozását. Szükséges esetekben az üvegszál-asz infrastruktúrának támogatnia kell a mobilitással rendelkező eszközöket, például az AGV-t.
- 4) A gyors száldiagnosztikai módszertanra van igény, mivel az FTTThing keretében várhatóan nagy mennyiségű szál kerül kiépítésre. A gyakori szálszakadások elkerülése érdekében fontos a robusztus üvegszál-asz kapcsolat.

## 7.6 Zöld agilis optikai hálózat (GAO)

### 7.6.1 Áttekintés

A digitális gazdaság gyors fejlődésével a teljesen optikai hálózat olyan előnyökkel rendelkezik, mint a zöld és alacsony szén-dioxid-kibocsátás, a nagy sávszélesség, a nagy megbízhatóság és az alacsony determinisztikus késleltetés. A teljesen optikai hálózat a 9. ábrán látható módon támogathatja a felhasználók, a vállalkozások és az iparágak fejlett szolgáltatásait és alkalmazásait. A teljesen optikai hálózat a zöld és digitális átalakulás kulcsfontosságú stratégiája világszerte.



**9. ábra: A zöld, agilis, teljesen optikai hálózat áttekintése**

A 2H forgatókönyvben az optikai szálak a végfelhasználói eszközökig terjednek, hogy kiváltsák a réz- és kábeles átvitelt, jelentősen csökkentve az energiafogyasztást és kielégítve a digitális otthoni élményt. A 2B forgatókönyvben az optikai szálak összeköttetések az irodákba és gyárakba terjednek ki, jelentősen csökkentve az energiafogyasztást és javítva a felhasználói élményt nagy sávszélességgel és alacsony késleltetéssel. A teljes hálózatban a hálózati berendezések az elektromos kapcsolási technológiáról áttérnek az optikai kapcsolási technológiára, csökkentve az energiafogyasztást az elektromos rétegben és javítva a lefedettséget az optikai rétegben. Ez az optikai technológia kiterjesztése végponttól végpontig tartó hálózati energiahatékonysági javulást biztosít. A teljesen optikai átállással egy hardvereszköz energiahatékonysága akár két-háromszorosára is javulhat, és egyetlen hálózati csomópont energiahatékonysága akár kétszeresére is javulhat. A hálózati energiatakarékos technológia energiahatékonysága akár 2,5-szeresére is javítható. Az architektúra energiahatékonysága akár kétszeresére is javítható, és a nagyobb spektrumsávszélesség akár kétszeresére is javíthatja az energiahatékonyságot. Ezért a teljes hálózat energiahatékonysága több mint 10-szeresére javítható.

Az F5G-ről a fejlett F5G-re való átmenet érdekében a zöld agilis optikai hálózat (GAO) új technológiák bevezetésével érhető el:

- 1) Zöldebb oldalak: A bitenkénti energiafogyasztás csökkentése, például a régi SDH-berendezések cseréje a nagyobb sávszélesség-hatékonyságú finom szemcsés OTN (fgOTN) technológiára egy átviteli hálózatban, az 1G/10G PON 50G-PON-ra történő átállítása egy hozzáférési hálózatban. Chipszinten a nagyobb integráció csökkentheti a chip energiafogyasztását, a chipen belüli optika szintén csökkentheti a chip interfész energiafogyasztását. Modulszinten az olyan technológiák, mint a nagy teljesítményű algoritmusok, innovatív anyagok és eljárások javíthatják a modulok energiahatékonyságát. A berendezések szintjén az olyan technológiák, mint az egyenáramú berendezések és a folyadékűtés.
- 2) Zöldebb építézet: Az architektúra optimalizálása az elektromos komponensek optikaiakkal való helyettesítésével, például optikai keresztcsatlakozási (OXC) technológiákkal, valamint a WDM kiterjesztése az aggregációs és hozzáférési hálózatra az optikai réteg rendszererőforrásainak megosztásával, például a hullámhossz-megosztott WDM-technológiákkal. A teljesen optikai hálózati irányítás dinamikusan kényszerítheti a hálózat egy részét vagy egészét arra, hogy a valós idejű forgalmi feltételek alapján energiatakarékos üzemmódba lépjen vagy abból kilépjen. A hozzáférési hálózat példáiban a használat és egyéb feltételek alapján az ONU-k áramkimaradásos, szundi, mély alvó, gyors (ciklikus) alvó vagy dinamikus energiatakarékos állapotba kerülhetnek.
- 3) Agilis működés: Agilis szolgáltatáskapcsolat biztosítása a hozzáférési hálózat és a felhő közötti egy-hop kapcsolat bevezetésével, percek alatt konfigurálható optikai rétegű útvonal és másodpercek alatt konfigurálható elektromos rétegű útvonal, valamint milliszekundumos szintű, találat nélküli sávszélesség-beállítás.

## 7.6.2 Finom szemcseméretű OTN a hagyományos SDH helyettesítésére

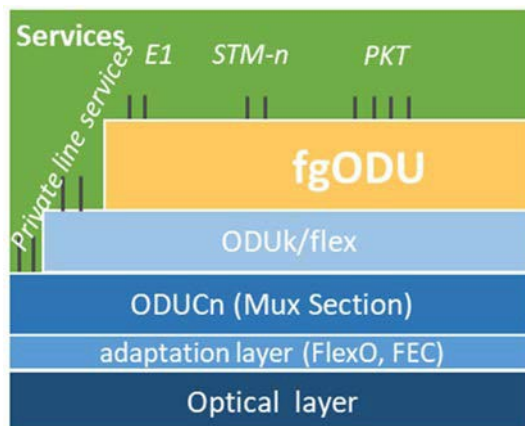
Történelmileg a TDM megközelítésen alapuló SDH-hálózatokat használták a PDH- és csomagforgalom 2 Mbps-tól 40 Gbps-ig történő szállítására. A digitalizáció fejlődésével ezek az SDH-hálózatok nem alkalmasak arra, hogy támogassák az újonnan felmerülő igényeket.

kis szemcseméretű magánvezeték szolgáltatások, és már nem képesek támogatni a mai hálózatok nagyobb sávszélesség-igényét. Ezeket olyan új technológiákkal kell felváltani, amelyek a berendezések helyigényét és energiafogyasztását is optimalizálják. Az üzemeltetők nehezen találnak SDH-szállítói támogatást ehhez az örökölt technológiához, így a hibák javítása egyre nehezebbé válik. A 10 Gbps feletti SDH sebességeket az OTN hatékonyan támogatja, azonban az STM1 és STM4 és a VCn típusú jeleket a meglévő OTN nem támogatja hatékonyan. A meglévő OTN technológia továbbfejlesztése egy új, finom szemcsés OTN technológia, amelyet alternatívaként határoznak meg ezen alacsony sebességű szolgáltatások továbbítására. A finomszemcsés OTN technológia kemény izolációt, alacsony determinisztikus késleltetést, végponttól végpontig tartó szinkronizálást, biztonságos és megbízható szállítási

képességeket biztosít.

Az fgOTN technológia egy TDM-alapú, hagyományos OTN-technológiára épülő útrétegszintű hálózat, amely az aggregációs hálózatokban mind a nagyméretű, mind a kis méretű magánvonalakat támogató forgatókönyveket támogatja. A hagyományos OTN-nél finomabb időrészemelésűséget használ (10 Mbit/s szint). Támogatja a rugalmas hard pipe kapcsolatok nagy számát, és garantáltan determinisztikusan alacsony késleltetési időt, valamint átfogó E2E OAM funkciókat biztosít, kielégítve a következő követelményeket magas minőségű magánvezeték-követelmények az aggregációs hálózatokban.

Amint a 10. ábrán látható, az fgOTN réteghálózat az OTN ODUk (k = 0, 1, 2, flex) réteghálózat kliense.



10. ábra: Az fgOTN útvonalszintű hálózati architektúra áttekintése

Az fgOTN kulcstechnológiái a következők:

- Nagyszabású kapcsolatok: Ezért 100 000 kapcsolat érhető el egy aggregációs hálózaton.
- Szolgáltatási tudatosság és feltérképezés: A szolgáltatásismeret támogatja a szolgáltatásáramlások fgOTN-csővekhez történő kapszulázását és leképezését.
- Egyszerűsített multiplexelés: Egyszerűsített multiplexelési mechanizmus az fgODU sebességének az ODU-kiszolgálói rétegbe történő adaptálására szolgál.
- Időzírti átláthatóság: A CBR-szolgáltatásokhoz időzírti átláthatóságra van szükség, hogy megfeleljenek az ügyfélszolgáltatások órajel-teljesítményre vonatkozó követelményeinek. A csomagszolgáltatások esetében ez nem szükséges, és nehezen vagy egyáltalán nem is lehetséges megvalósítani.
- Hit nélküli sávzélesség-beállítás: A sávzélesség beállítása támogatja az OTN-hálózatban lévő fgODU-kapcsolat sávzélességének találatmentes növelését vagy csökkentését.
- Determinisztikus alacsony késleltetés: Az fgOTN-kapcsolat végponttól-végpontig tartó késleltetése determinisztikus. A késleltetés a nagygranuláris kiszolgálói réteg elektromos réteg átmenő feldolgozása során alacsonyabb.

### 7.6.3 OXC a zöld, agilis és rugalmas optikai hálózathoz

Az optikai-elektromos hálózathoz képest, amely optikai-elektromos átalakítást és elektromos kapcsolást használ, az OXC-ket alkalmazó végponttól végpontig tartó teljesen optikai hálózat előnye az alacsony energiafogyasztás és az alacsony késleltetés. Jelenleg a nagydimenziós OXC-ket a gerinchálózatokban és az aggregációs maghálózatokban alkalmazzák, és a költséghatékony

az alacsony dimenziójú OXC-ket az F5G-A aggregációs és hozzáférési csomópontokban használják a gazdaságosabb és nagy energiahatékonyságú hálózati telepítés érdekében. A teljesen optikai hálózatok egy-hop szolgáltatásátvitelt biztosítanak hullámhosszszinten, csökkentve a bonyolult elektromos-optikai átalakításokat. A nagysebességű vasúttálmások közötti közvetlen utazásokhoz hasonlóan a teljesen optikai hálózatok blokkolásmentes átvitelt biztosítanak rendkívül alacsony késleltetéssel. Ezenkívül a teljes optikai átszervezés, amelyet a

A "nagysebességű felüljáróként" működő OXC-k hatékonyan ápolják a szervizforgalmat, és jelentősen javítják az ápolás hatékonyságát. A szolgáltatások fejlődése óta a teljes optikai hálózat ápolásának és a teljes optikai keresztkapcsoló berendezéseknek is számos kihívással kell szembenéznük. Különösen a gerinchálózati átviteli hálózatok fejlődnek a nagyobb sebességű portok, a gyorsabb dimenziók, a gyorsabb ápolás és a szélesebb spektrum felé. Az aggregációs hálózatoknak (más néven metróhálózatoknak) rugalmasabb telepítési modellekre, alacsonyabb költségekre és egyszerűsített üzemeltetési és karbantartási feladatokra van szükségük. E technikai kihívások megoldására az F5G Advanced-ben alacsony költségű, kevés porttal rendelkező OXC-megoldást, 64 fokos vagy

magasabb fokú, sok porttal rendelkező OXC-megoldást és C+L-sávú integrált hullámhossz-szelektív kapcsolót (WSS) használnak.

Az OXC-et használó teljesen optikai hálózat fő technológiái a következők:

- Új architektúra: optimalizált optikai útvonaltervezés több vonalporthoz és kompakt szuper C+L hullámhosszablakhoz.
- Új algoritmus: (LCOS) és keresztbeszólás-szabályozó algoritmusok a portok elszigetelésének javítása érdekében;
- Új anyag: metafelületű anyagok, amelyek kevesebb optikai alkatrészt és alacsonyabb költségeket tesznek lehetővé;

MEGJEGYZÉS: A metafelületek olyan mesterséges kétdimenziós anyagok, amelyek több, hullámhossz alatti periodicitású passzív szóróanyagból állnak.

## 7.6.4 Megosztott hullámhosszú WDM aggregációs hálózat

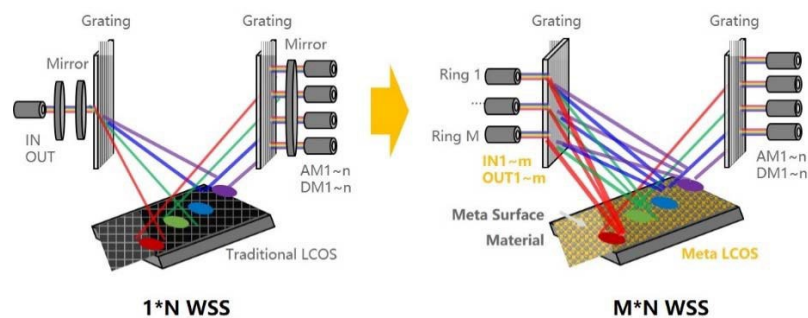
Az otthoni és vállalati forgalom gyors növekedésével agilis szolgáltatásnyújtásra, hálózati automatizálásra, OTN/WDM-kapcsolatra van szükség a helyszínen. Ez fokozatosan kiterjedt az aggregációs magrétegről az aggregációs rétegre és a központi irodai (CO) berendezés helyiségekre. Az optikai-elektromos konvergált hálózati architektúrával az aggregációs hálózatokon a hierarchikus elektromos réteg ápolásának szintjei csökkennek. Az XR, a 8K, a felhőalapú számítástechnika és a felhőalapú tárolási szolgáltatások által vezérelve az OTN optikai átvitel tovább bővül a hozzáférési helyek kiszolgálására, és a készülékházakban, a kültéri szekrényekben és a távközlési oszlopokban kerül telepítésre. Az optikai átviteli berendezések és a felhasználók közötti távolság akár 300 m is lehet, így a közelben teljesen optikai hozzáféréstű prémium szolgáltatások érhetőek el.

A szolgáltatások egy ugrással kerülnek továbbításra a hozzáférési hálózatból a maghálózatba/DC-be az optikai rétegben.

A hálózat kiépítési költségeinek csökkentése és az üzemeltetési és karbantartási hatékonyság javítása az egyik fő szempont, amikor az OTN/WDM a CO telephelyre költözik. A hullámhossz-megosztott WDM-megoldás teljesen optikai kapcsolást, innovatív összevont hullámhossz-erőforrásokat és optikai címkézési technológiákat használ a hatékony hullámhossz-erőforrás-megosztás és az egész hálózatra kiterjedő automatizálás megvalósításához, javítva a hálózat energiahatékonyságát, csökkentve a hálózat kiépítési költségeit és az OPEX-et. A hullámhossz-megosztott WDM-megoldás segít egy olyan célhálózat kiépítésében, amely egyszerűsített architektúrával, kiváló minőségű felhasználói élménnyel és jövőorientált fejlődés.

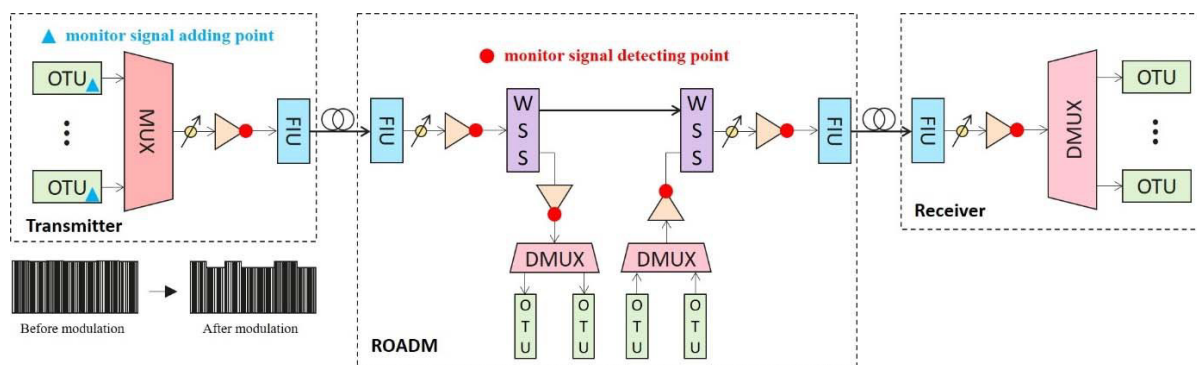
A hullámhossz-megosztott WDM-aggregációs hálózatok kulcsfontosságú technológiái a következők:

- Integrált M\*N hullámhossz-szelektív kapcsoló (WSS): 1\*N WSS-ek M készletének integrálása egy M\*N WSS-be, amely támogatja a különböző gyűrűk között megosztott hullámhossz-erőforrásokat.



11. ábra: Az integrált M\*N WSS vázlatos ábrája

- Optikai réteg digitális címke: a nagy sebességű digitális jelek hordozójára helyezett címkeinformáció több hordozós, kis sebességű modulációja, a csatornateljesítmények valós idejű nyomon követése, automatikus hullámhossz-tervezés, automatikus konfiguráció és szolgáltatásnyújtás.



12. ábra: Az optikai réteg digitális címke technológiájának illusztrációja egy OTN hálózatban

## 7.6.5 Agilis optikai szolgáltatásnyújtási protokoll

Az agilis optikai szolgáltatásnyújtási protokoll egyszerűsített és hatékony vezérlést biztosít a számítástechnika felhősítését támogató teljes optikai szolgáltatások számára:

- Optikai szolgáltatási protokoll: A szolgáltatási útvonalakat vezérli, és szétválasztja a vezérlést és a továbbítást.
- Optikai csatlakozási protokoll: A vezérlő jelzések az adatsatornával együtt továbbításra kerülnek. A továbbítási teljesítmény függetlenítve van a csövek számától, és a nagy teljesítményű és nagyszámú kapcsolat gyorsan létrehozható és adaptálható.

A 2B/2H felhő-hozzáférési szolgáltatás forgatókönyvében a felhasználóknak egy vagy több ponton több felhőhöz kell hozzáférniük. Az OTN szélső csomópontnak fel kell ismernie a szolgáltatási csomagok célcímeit vagy VLAN-okat, és automatikusan le kell képeznie azokat a megfelelő fgOTN/ODUK csövekhez. Ezenkívül az OTN szélső csomópont észleli a szolgáltatási alkalmazás típusait és forgalmát, kiszámítja a szükséges sávszélességet az alkalmazás forgalmi modellje alapján, és automatikusan elindítja a megfelelő fgOTN-cső sávszélesség-beállítását. Az OTN szélső csomópontok szolgáltatási protokollokat használnak a vállalkozások privát hálózati címeinek vezérlőkön keresztüli továbbítására, jelentősen csökkentve a hálózatban lévő köztes NE-k működési komplexitását.

Egy szálszakadás több ezer vagy akár több tízezer kis szemcseméretű szolgáltatást érint, és ezzel együtt a helyreállítási teljesítményt is. E probléma enyhítése érdekében az ASON (Automatikusan kapcsolt optikai hálózat) útvonal-számítási egysége

előre kiszámít egy előre beállított helyreállítási útvonalat, és az útvonal minden egyes csomópontján konfigurálja az előre beállított erőforrásokat. Így a szálszakadás esetén a kapcsolati protokoll az adatsatornával együtt továbbítja a sávszélesség gyors aktiválása és a gyors helyreállítás elérése érdekében 10 ms-on belül.

## 8 Outlook

### 8.1 Összefoglaló

Az F5G Advanced generáció az F5G generáció továbbfejlesztése, amely új és továbbfejlesztett szolgáltatásokat tesz lehetővé, a környezetek széles skáláját (lakossági, vállalati, ipari) célozza meg, és a végfelhasználóhoz közelebbi optikai hálózati képességek előnyeit használja ki (FTTR, FTTD, FTTM). A hálózat szempontjából az egyik fő hajtóerő a hálózati műveletek további automatizálása, amely csökkenti a költségeket és javítja a szolgáltatás agilitását. A környezetbarát kihívás is szóba kerül, amely kritikus fontosságú a növekvő fenntartható optikai hálózat biztosításához.

Az 5. pontban leírtak szerint az F5G-A generáció fő mozgatórugói az üzleti követelmények fejlődése, mind a szolgáltatások és alkalmazások, mind a hálózat átalakulása.

Az új üzleti követelmények kielégítése érdekében az F5G Advanced generáció célja, hogy továbbfejlessze a már meghatározott három F5G dimenzió - eFBB (Enhanced Fibre BroadBand), FFC (Full Fibre Connection) és Guaranteed Reliable Experience (GRE) - képességeit, és három új dimenzióval bővíti az F5G Advanced-ot: Real-time Resilient (valós idejű rugalmas)

Link (RRL), az optikai érzékelés és vizualizáció (OSV) és a zöld agilis optikai hálózat (GAO) a 6. pontban leírtak szerint.

E fejlődés elősegítése érdekében az F5G Advanced a 7. pontban leírt kulcsfontosságú alaptechnológiák széles körének bevezetését tartja szükségesnek.

A kialakított jövőkép alapján az 1. táblázat (alább) összefoglalja az F5G-A számára figyelembe vett főbb technológiai jellemzőket, összehasonlítva azokat a korábbi vezetékes hálózati generációk jellemzőivel. Ez a táblázat az ETSI 1. táblázatának továbbfejlesztése.

GR F5G 001 [i.12], ahol az F5G-A információk hozzáadásra kerülnek, és az F5G generációs információk az ISG F5G tevékenységek eredményeivel frissülnek. A jobb olvashatóság érdekében a régebbi generációkra vonatkozó információk nem kerülnek bemutatásra, és az üvegszálhoz hozzáférési technológiák (F4G, F5G és F5G-A) által támogatott generációkra összpontosítanak.

### 1. táblázat: A helyhez kötött hálózat generációi

Helyhez kötött hálózat generálása	F4G	F5G (felülvizsgált)	F5G Advanced
Hivatkozás a generációra	UltraFast BB (UFBB)	Gigabit BB (GGB)	MultiGigabit BB (mGGB)
	Mbits	Gigabit	10 Gigabit
Referencia Downstream Felhasználónkénti sávszélesség	100-1000 Mbps	1-5 Gbps	5-25 Gbps
Referencia Upstream Felhasználónkénti sávszélesség	50-500 Mbps	1-5 Gbps	5-25 Gbps
Referencia szolgáltatások	UHD 4K Videó	VR Video Felhőalapú játék Smart City	Kiterjesztett valóság Metaverse Digitális ikrek Ipari optikai hálózat
Referencia architektúra	FTTH/FTTdp	FTTH/FTTR	FTTR/FTTM/FTTT
Hozzáférési hálózat Technológiai referencia	GPON/G.Fast	10GPON	50GPON
Műszaki specifikáció hivatkozás	G.984.x G.9701	G.987.x (XG-PON) G.9807.x (XGS-PON)	G.9804.x
Helyi hálózat Műszaki specifikáció hivatkozás	FE/GE+Wi-Fi4/Wi-Fi5	GE/10G 2,5 Gbps FTTR (G.FIN) WiFi6 (802.11.ax)	10 Gbps FTTR (G.FIN) WiFi7 (802.11be)
Rádiófrekvencia (RF) Video over Fibre (LAN koaxiális) hivatkozás	Igen	Igen	Igen
Aggregációs és törzshálózat	IP/MPLS WDM	IP/Eth OTN/ROADM	IP/Eth OTN/fgOTN/fgMTN/OXC
Referencia sávszélesség hullámhosszonként	100 Gbps	200/400 Gbps	400/800 Gbps
Autonóm hálózati szint	-	3	4

Az 1. táblázat rövid magyarázata:

Az egyes generációk felhasználói elvárásairól a táblázat "Generációs hivatkozás" mezőjében található egy gyors hivatkozás, ahol a hozzáférési technológiák fontos szerepet játszanak, mivel a hozzáférési technológiák képességei kulcsfontosságúak a végfelhasználónak nyújtható szolgáltatások szempontjából.

Ezek a képességek a táblázatban az adott generációra vonatkozó "referencia-szolgáltatásként" említett új szélessávú alkalmazásokat használják ki, kiegészítve a korábbi generációkban meghatározott szolgáltatásokat.

Az F5G-A felé történő fejlődés egy teljes, végponttól végpontig terjedő optikai hálózat felé vezető útitervet irányoz elő, a különböző hálózati szegmensek közötti szinergiák fokozódásával. Az új technológiák bevezetését a hozzáférési hálózatban kiegészíti az aggregációs hálózat és az ügyfélhelyiségek hálózatának fejlődése, és az F5G-A a rendelkezésre álló legújabb szabványosított technológiákat veszi figyelembe.

Az üvegszálás megoldások a végfelhasználóig terjednek a mindenhová és mindenhová vezető optikai szálak (FTTR, FTTM és FTTT) trendje keretében, kihasználva az új "referenciaarchitektúrák" fejlesztését, amelyek kiegészítik a hozzáférési hálózatot az ügyfél telephelyi hálózatában.

A mag- és aggregációs hálózat alapvető vezetékes hálózati eszköz, és támogatja más hálózatok, például a mobil, a kábeles és a felhő összekapcsolását is. Az F5G-A generációban új teljesítménynöveléseket terveznek ezekre a hálózatokra vonatkozóan. Érdeemes megemlíteni az fgOTN/fgMTN elfogadását a perem- és az aggregációs szegmensekben, amely szélesebb sávszélesség-granuláris felépítést tesz lehetővé, hogy közvetlenül támogassa a sokkal több szolgáltatást különböző sebességgel, a néhány Mbits/s-tól a 100 Gbit/s feletti sebességig.

Az F5G-A célja egy autonómabb hálózat létrehozása a hálózat agilitásának javítása, a költségek és a komplexitás csökkentése mellett.

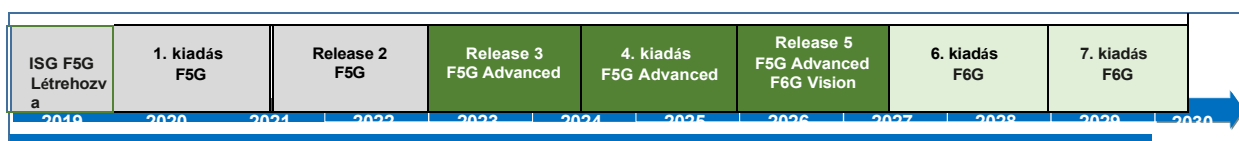
## 8.2 Intézkedések és ütemterv az F5G Advanced számára

Az ISG F5G a munkáját olyan kiadványokba szervezte, amelyek egy adott vezetékes hálózati generációra vonatkozó szabványosítás fejlődésének fő szakaszát jelentő hálózati rendszer műszaki jellemzőit, dokumentumait és szempontjait csoportosítják.

Az ETSI ISG F5G kiadásának logikája egy olyan konzisztens tartalomkészlet, amely legalább a használati esetek leírását, a követelmények meghatározását, és ennek alapján a jelenlegi hiányosságok értékelését, valamint egy végponttól végpontig tartó hálózati architektúrát tartalmaz.

ETSI ISG F5G szándékozik előállítani egy új kiadása a specifikációk minden és fél év, felhalmozva a munka során előállított ez alatt az időszak alatt.

Az ISG F5G kiadások magas szintű áttekintése a 13. ábrán látható. Megjegyzendő, hogy a befejezési idők az ETSI ISG F5G jelenlegi legjobb becslése, és idővel változhatnak.



13. ábra: Az ETSI ISG F5G magas szintű kiadási terve

Az ISG F5G már közzétette az 1. és 2. kiadást, amely az F5G generációs specifikációkat tárgyalja, lásd [i.28] és [i.29].

Az F5G Advanced kiadásokkal a 3. és 4. kiadás foglalkozik. E kiadások időterve összhangban van a fő támogató technológiák szabványosításával, beleértve az 50G-PON, az fgOTN, az fgMTN, a 400/800 Gbps és a Wi-Fi® 7.

Az 5. kiadás célja, hogy az F5G-A specifikációkhoz szükséges további szabványosítási munkákat is hozzáadjon, és egyúttal a következő vezetékes hálózati generáció - az F6G - magas szintű elképzelését is tartalmazza. Az új F6G generációval várhatóan a 6. és 7. kiadás foglalkozik majd.

Az F5G által kifejlesztett PoC-keretet kiterjesztik az F5G-A-ra, ösztönözve az F5G-A Proofs of Concepteket, amelyek validálják és visszajelzést adnak az ISG F5G-ben kifejlesztett szabványosítási munka alkalmazásáról.

## 8.3 Az F6G kilátásai

A szolgáltatási innováció és a forgalmi igények exponenciális növekedése miatt a jövőben olyan vezetékes hálózatok generációira lesz szükség, amelyek még költség- és energiatakarékosabbak, miközben fokozzák a teljesítményt, az autonóm hálózati működést, a rugalmasságot és a biztonságot.

Az optikai technológián alapuló megoldások széles körben elterjednek, és minden hálózati szegmensre - otthoni, üzleti, közüzemi, ipari - kiterjednek majd, valamint áthatóak lesznek, egyre mélyebbre és közelebb jutnak a végfelhasználóhoz. A hálózat képes lehet többféle E2E szeletelés (szigorú és megengedő) támogatására a differenciált és garantált SLA érdekében a teljesen optikai térben, dinamikus szeleteléssel és igény szerinti erőforrás-ütemezéssel.

A beágyazott mesterséges intelligencia-alkalmazások használata és az autonóm hálózati paradigma felé történő fejlődés a hálózatot mozgékonyabbá és átkonfigurálhatóbbá teszi.

Az optikai infrastruktúra, nevezetesen a hozzáférési passzív infrastruktúra egyre növekvő lábnyomának hatékonyabb irányítási eszközökre van szüksége, amelyek feltárják az üvegszál kábelek digitalizálását, az optikai érzékelési képességeket és az AI-alkalmazásokat.

A 200 Gbps nagyságrendű hozzáférési sebességek eléréséhez a lehető legalacsonyabb telepítési költségek és energiafogyasztás mellett a jelenlegi PON-architektúrák új technológiákkal és multiplexelési/többszörös hozzáférési technikákkal történő továbbfejlesztése szükséges.

A koherens érzékelési technológiák egyre nagyobb lendületet vesznek, nagyobb kapacitást és nagyobb hatótávolságot tesznek lehetővé. A hálózati követelmények fejlődése és a koherens technológia költségesökkentése a közvetlen észlelésről a koherens észlelésre való fokozatos áttérést fogja elősegíteni. Amint ez a tendencia a végfelhasználói követelmények és a költségek szempontjából igazolhatóvá válik, radikálisan új megközelítések előtt nyitja meg az utat a hozzáférési hálózat tervezése és üzemeltetése terén.

A vezeték nélküli kommunikáció támogatása egy másik megoldandó kihívás, amely lehetővé teszi a növekvő és változatos számú hozzáférési pontok összekapcsolását a legkülönbözőbb vezeték nélküli rendszerek (5G, 6G, terahertzes és optikai rendszerek) használatával.

Free-Space Optics (FSO)), amelyeknek nagyon eltérő hálózati képességekre lehet szükségük. A 6G fejlesztését tekintve az optikai és a mobilhálózatok közötti további integrációra lehet szükség a hatékony és hatékony költséghatékony hálózat, nevezetesen a fotonikus integráció és az optikai átláthatóság, amely helyettesíti/megkerüli az energiaigényes és költséges elektronikus feldolgozó rendszereket. Ez az integráció a menedzsment szintjét is magában foglalja a továbbfejlesztett ML-képes SDN vezérlési és menedzsment sík megközelítésekkel.

Bár az ISG F5G által a következő években kidolgozandó munka az F5G-A hálózat jelenlegi dokumentumára összpontosít, a csoport figyelemmel kíséri az új trendeket és technológiai fejleményeket is, amelyek hozzájárulnak a jövőbeli vezeték hálózatgeneráció, a hatodik generációs vezeték hálózat (F6G) meghatározásához.

---

## Történelem

<b>Dokumentumok története</b>		
V1.1.1	november 2023	Kiadvány