



Filip Malina  
KKDS 2024 Plzeň



# Starlink - obecně

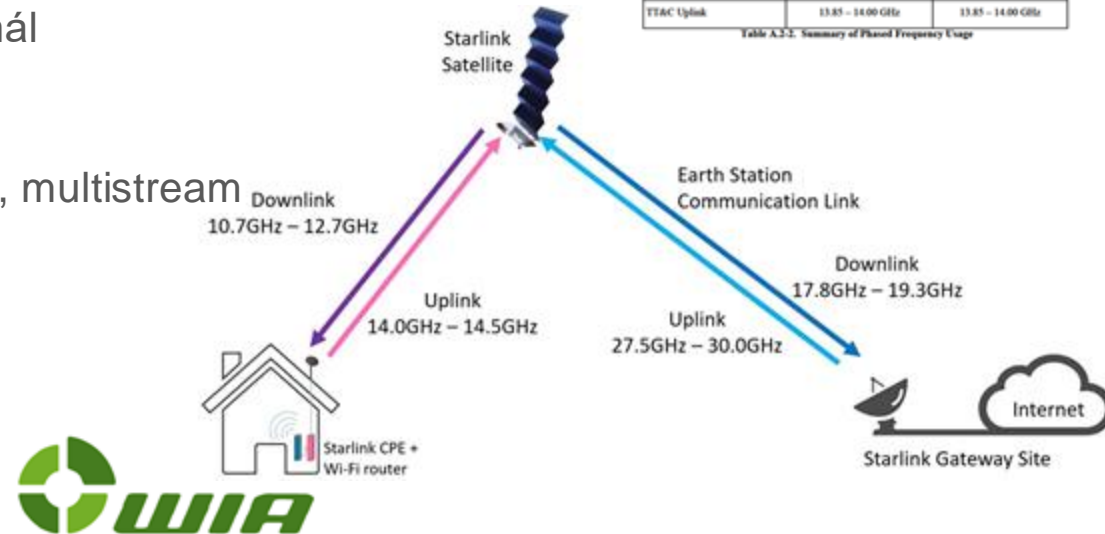


- Satelitní megakonstelace poskytující broadband internet
- Nízký orbit - LEO
- Téměř 6000 družic - mix v1.5 a v2 mini
- Upstream z pozemních stanic + laserové propoje mezi satelity
- Levný, uživatelsky přívětivý terminál

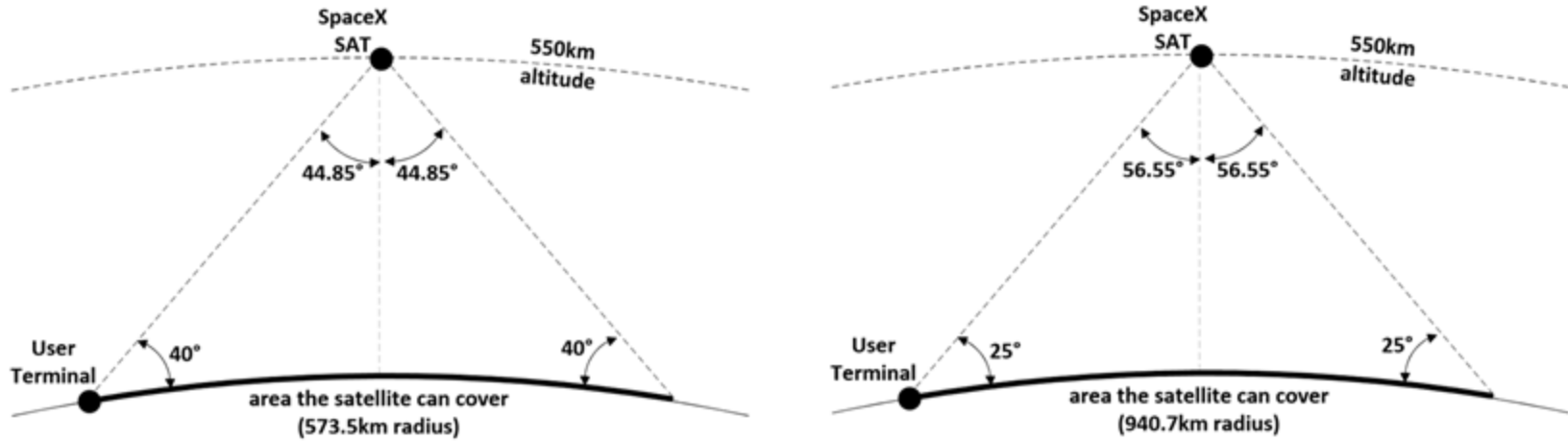
Type of Link and Transmission Direction	Initial Frequency Range <sup>1</sup>	Final Frequency Range <sup>2</sup>
User Downlink Satellite-to-User Terminal	10.7 – 12.7 GHz	10.7 – 12.7 GHz
Gateway Downlink Satellite to Gateway	10.7 – 12.7 GHz	10.7 – 12.7 GHz 17.8 – 18.6 GHz 18.8 – 19.3 GHz 19.7 – 20.2 GHz
User Uplink User Terminal to Satellite	14.0 – 14.5 GHz	12.75 – 13.25 GHz <sup>4</sup> 14.0 – 14.5 GHz
Gateway Uplink Gateway to Satellite	14.0 – 14.5 GHz	14.0 – 14.5 GHz 27.5 – 29.1 GHz 29.5 – 30.0 GHz
TTAC Downlink	12.15 – 12.25 GHz	12.15 – 12.25 GHz 18.55 – 18.60 GHz
TTAC Uplink	13.85 – 14.00 GHz	13.85 – 14.00 GHz

Table A.2.2. Summary of Planned Frequency Usage

- 250/125 MHz kanál, max 64 QAM, multistream
- Kruhová polarizace
- 16 úzkých “svazků” každý satelit



# Řiditelná šířka svazku



**Figure A.3.1-1: Steerable Service Range of Ku-band Beams (550 km)  
At Full Deployment and Initial Launch**



# Družice

SPACEX

## Starlink v1, v1.5

- Rozměry 3.2 x 1.6m x 0,2 m + cca 10m solární panel
- Hmotnost 260, resp. 295 kg
- Kapacita 20 Gbps
- Laserové PTP spoje - v1.5
- Ku pásmo pro uživatele



## Starlink v2mini

- 4.1m x 2.7m + 12.8m x 4.1m solární panel
- Hmotnost 800 kg
- Kapacita 80 Gbps
- Hallový motory na argon místo dražšího kryptonu



# Starlink - timeline

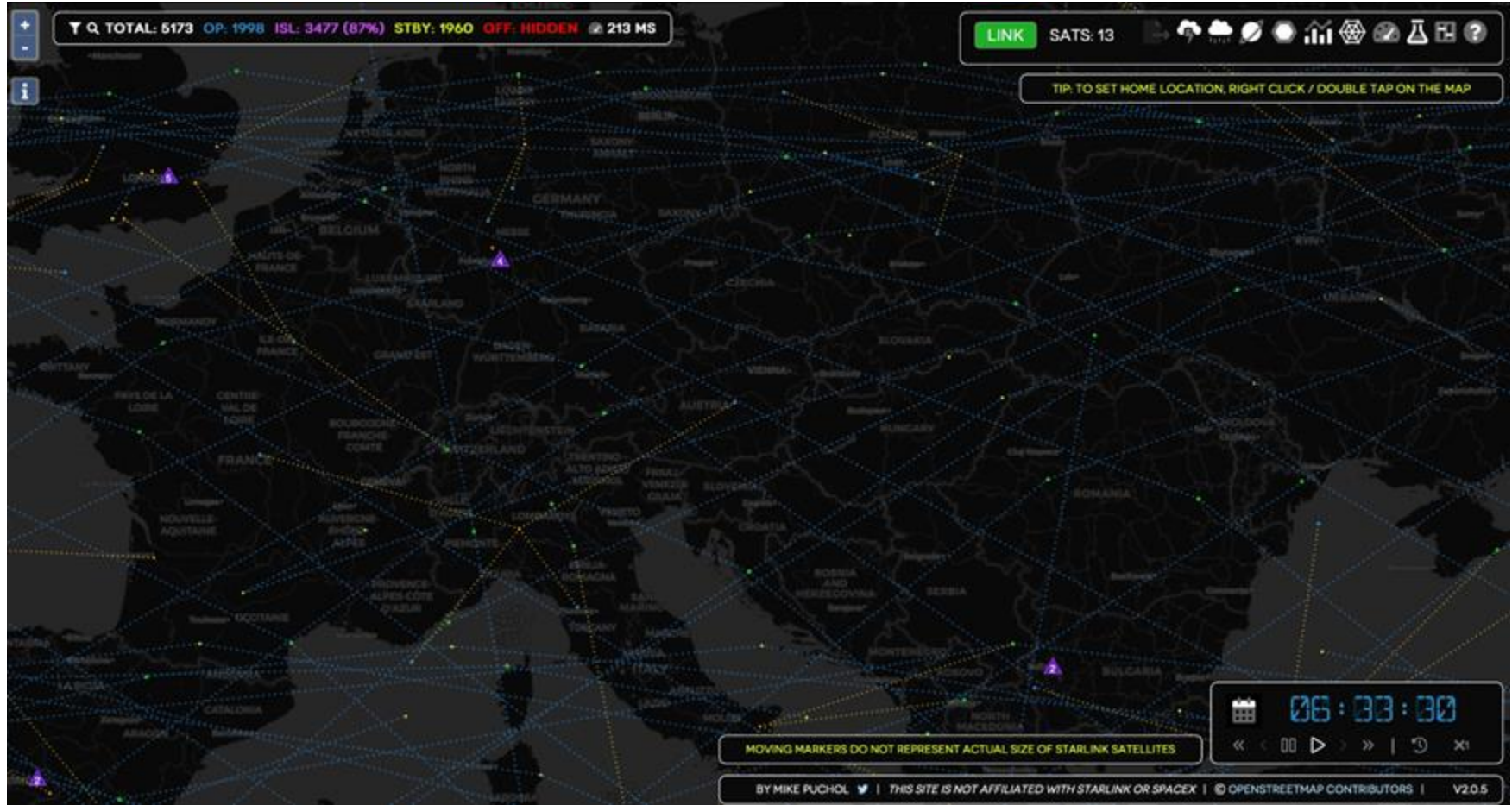


- 2015 - koncept - nízký orbit = nízká latence, levný terminál
- 23.5. 2019 - vyneseno **prvních 60 satelitů**
- Listopad 2020 - spuštění komerčního provozu
- 2022 - 2300 družic 400 k uživatelů
- 1Q 2023 - cash-flow pozitivní
- Dnes **cca 6000 družic**, cca 4 Mio uživatelů
- 60 % uživatelů v USA
- Ukrajina získala přes 40 000 terminálů
- Dostupnost ve více než 65 zemích světa
- Konektivita je poskytována prostřednictvím cca 150 pozemních stanic
- **Vize až 42 000 satelitů**



Aktuální stav: <https://starlink.sx>

# Starlink - simulace





# Pozemní stanice

SPACEX



V Evropě - 20









# Terminál



## Starlink User Terminal models and hardware revisions

January 2024

 <p><b>REV1 - Original Starlink "Dishy"</b>                      rev1_pre_production                      rev1_production                      rev_rev1_proto3                      Years in production: 2020 - 2021</p>	 <p><b>High Performance</b>                      rev_hp1_proto0                      rev_hp1_proto1                      Years in production: 2022 -</p>
 <p><b>REV2 - Mass production "Dishy"</b>                      rev2_proto1                      rev2_proto2                      rev2_proto3                      rev2_proto4                      Years in production: 2021 - 2022</p>	 <p><b>Flat High Performance</b>                      rev_hp1_proto0                      rev_hp1_proto1                      Years in production: 2022 -</p>
 <p><b>REV3 - Standard Actuated</b>                      rev3_proto0                      rev3_proto1                      rev3_proto2                      Years in production: 2022 -</p>	 <p><b>REV4 - Standard</b>                      rev4_proto3                      rev4_proto4                      rev4_prod1                      Years in production: Q4 2023 -</p>

terminál	cena
standard	8 800 Kč
standard actuated	N/A
enterprice	19 799 Kč
flat HP	70 515 Kč
high performance	N/A
Mini	10 500 Kč





# Vytápění pro zimní provoz

SPACEX



# Nejčastější mýty o Starlinku



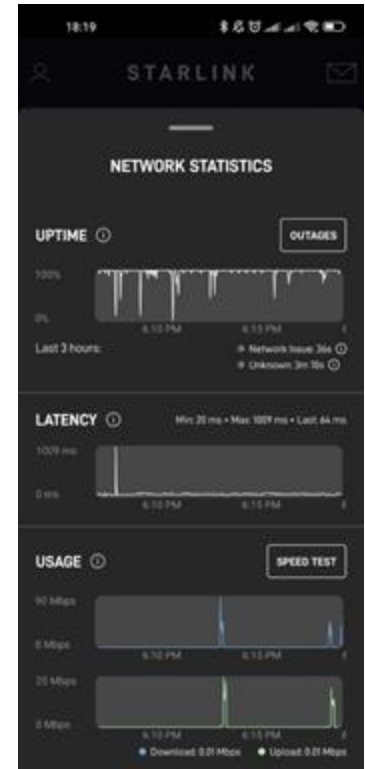
- Velká latence - **není pravda - 20-50ms**. Fyzikálně 3.7 ms (resp. pod 10ms), přidává se “syntetická” latence kvůli snížení jitteru
- Nízké rychlosti - **není zcela pravda - 300 Mbps downlink, až 70mbps uplink**
- Je to nespolehlivé - **nemusí být**. Vliv počasí zanedbatelný, masivní redundance, v podstatě všeho kromě uživatelského terminálu
- Je to jenom “do Afriky” - **není**, paradoxně v současnosti starlink pokrývá především vyspělé a infrastrukturou penetrované regiony (pásky)
- Je to drahé - cena je u projektů EM v této fázi pouze v roli regulačního instrumentu pro řízení velikosti “komerčního pilotu (bety)”.



# Je to nespolehlivé



- Interní mechanismy řízení pokrytí, zátěže, včetně predikce degradace služby **vysoká míra redundance**
- **Odolává** živlům (zemětřesení, vichry)
- **Těžko sabotovatelné** (válečné konflikty)
- Minimum obsluhy = **malá šance na chybu**
- Velmi **snadná redundance** terminálu
- **Snadná instalace** = malé riziko špatného provedení



# Je to jenom do Afriky



# Možné využití pro SP?



- + Okamžitě dostupná služba v podstatě **bez instalace**
- + Žádný FUP na základní fixní službě
- + Prochází běžný provoz, IPSEC VPN potřebuje trochu know-how a TCp stack tweaking
- Trochu “vzdálený” support
- NAT, veřejná IP jen u business
- Občasné výpadky, většinou při omezeném výhledu
- Nabídka, parametry i ceny tarifů se mění
- = Můžeme si starlinkem občas vypomoci, každým dnem se ale služba i infrastruktura mění. **Dává smysl ji brát vážně a sledovat.**



## Aktuální tarify

SPACEX

Tarif	měsíční cena s DPH
Residenční	1 249 Kč
Roaming 50 GB	1 050 Kč
Roaming neomezený	1 807 Kč
Mobile 50 GB	7 052 Kč
Mobile 1 TB	28 206 Kč
Business 40GB	1 815 Kč
Business 1TB	4 280 Kč
Business 2TB	8 550 Kč
Business Mobile neomezený	10 000 USD





# Porovnání terminálu+služby

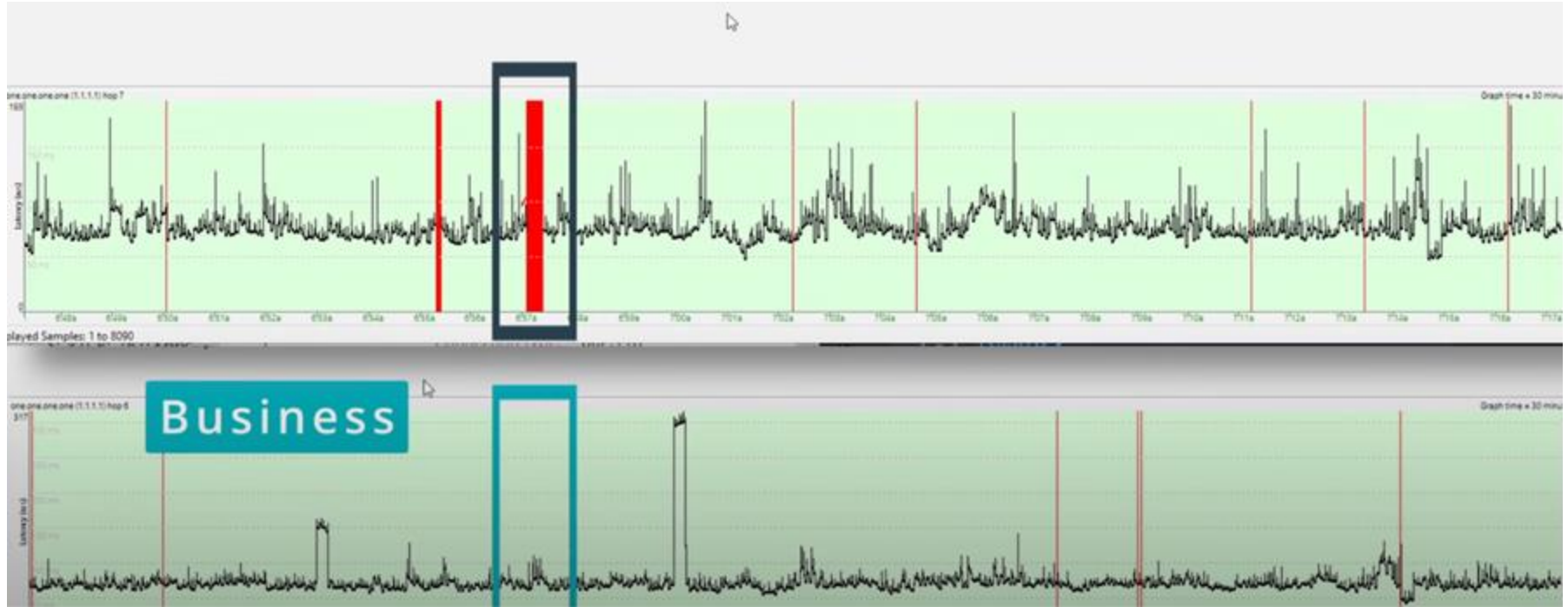


Terminál	Downstream	Upstream	Latency
STD (GEN3)	300 Mbps	25 Mbps	23-44 ms
STD Actuated (GEN2)	290 Mbps	25 Mbps	23-45 ms
Flat HP (business plan)	345 Mbps	35 Mbps	23-42 ms
Mini (roam plan)	210 Mbps	17 Mbps	23-44 ms

**Business plán zatím nepřináší seriózní výhodu, měřitelný je pouze přínos Flat HP terminálu**



# Roundtrip stability



Stabilita je při použití HP flat vyšší.

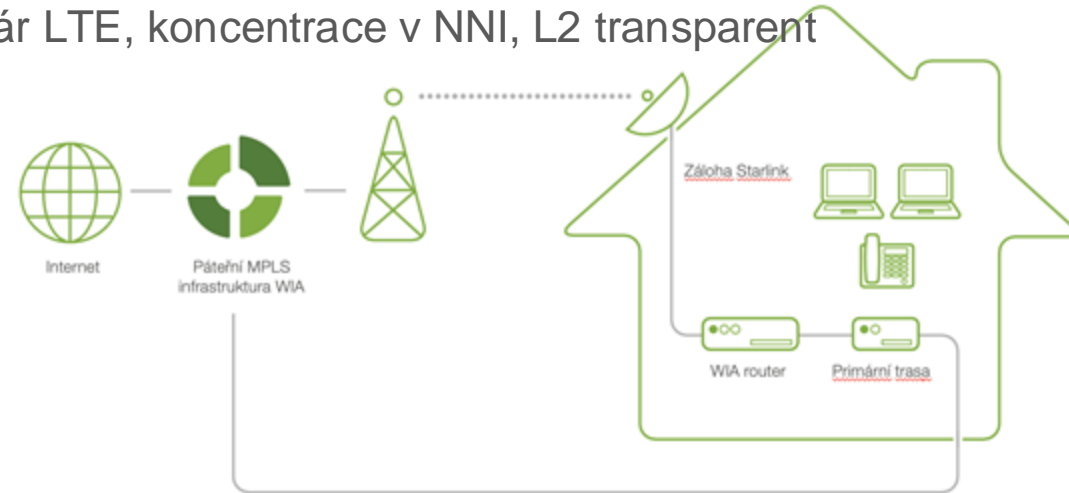


# WIA usecase



1. backup - primár MW, optika  
sekundár - LTE (vlastní APN, DSL, STARLINK)
2. starlink primary - primár starlink  
sekundár - LTE (vlastní APN)
3. L2 circuit - primar starlink, sekundár LTE, koncentrace v NNI, L2 transparent

Přepínání BGP4, starlink EoIP IPsec



# WIA usecase



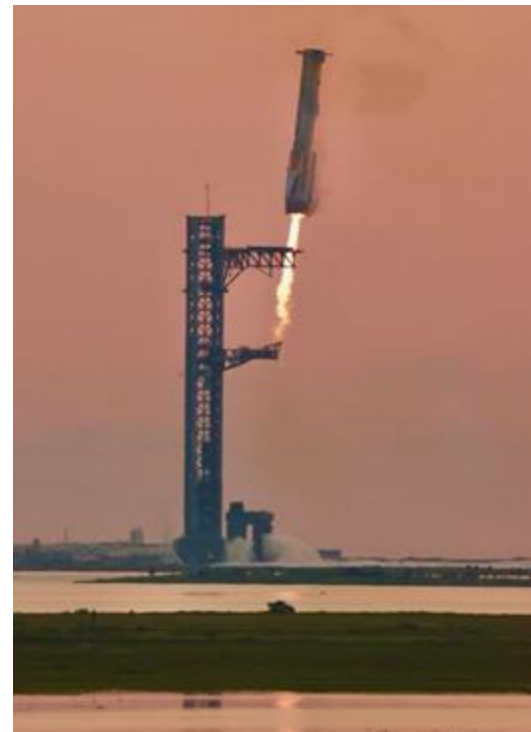
<b>technologie LM</b>	<b>optika</b>	<b>mikrovlna</b>	<b>starlink</b>	<b>LTE/5G</b>
<b>kapacita</b>	nekonečno	10Gbps	200-300 Mbps	20-300 Mbps
<b>spolehlivost</b>	extrémně vysoká	vysoká	střední	střední
<b>doba opravy</b>	vysoka - desitky hodin-dny	jednotky hodin	pouze vymenit terminal, mozno 1+1	jednotky minut
<b>pokrytí</b>	malé	uspokojivé	výborné	uspokojivé



# Je starlink konkurencí ?

- je, ale zatím nijak zásadní. Situace se může celkem rychle změnit.
- jedná se o reálnou další infrastrukturu s budoucností
- malá až nulová šance se ke službě dostat velkoobchodně
- je ale možné integrovat do řešení
- je možné že nosič Superheavy službu razantně posune kupředu (stabilita, agresivní ceny
- v roce 2025 spuštění Direct-to-cell. Dají se očekávat další-non-broadband služby
- v přímém srovnání s tradičním broadbandem selhává, záleží však na kritériích

SPACEX



SPACEX

Děkuji za pozornost.



STARLINK