

360 asteen videostreamin lähetys 5G-verkon yli

Kirjoittajat

Petteri Maljamäki ja Samuli Valkama

Johdanto

Lapin 5G kiihdyttämö -hankkeessa tuotetaan useita pilottitutkimuksia ja sovelluksia. Yksi niistä oli videomateriaalin siirtäminen 5G-verkon yli. Erityisesti keskityttiin 360 asteen videon streamaukseen.

5G-mobiiliverkot mahdollistavat nopean langattoman tiedonsiirron. Mutta riittääkö se myös vaativaan videomateriaalin siirtoon reaaliajassa tai mahdollisimman reaaliaikaisesti? Tätä tutkivat hankkeen työntekijät Petteri Maljamäki ja Samuli Valkama yhteistyössä Flatlight Creative -yrityksen kanssa.

Tavoitteena oli tehdä subjektiivisia ja mitattavia havaintoja mobiiliyhteyden sopivuudesta videomateriaalin siirtoon. Koska Lapin AMKin oma 5G-privaativerkko ei valmistunut hankkeen aikana, tehtiin pilottikokeilut käyttäen Elisan julkista 5G-verkkoa Rovaniemen alueella. Päätelaitteina olivat Samsung S21 5G-puhelimet, joissa Elisan 600M 5G-liittymät.

Videon siirtoalusta

Alkuperäinen idea oli kokeilla NDI (Network Device Interface) teknologiaa videon välityskanavana. NDI:n käyttötarkoitus on hyvälaatuisen (ns. broadcast-laatu) videon siirtäminen tietoverkon yli, eli korvata fyysinen videokaapeli datayhteydellä. Petterin testeissä NDI toimi hyvin paikallisverkossa niin Ethernet kuin Wifi-yhteyden läpi. Ongelmia tuli, kun piti siirtyä pois saman aliverkon alueelta (kuten mobiiliyhteys). NDI tarjoaa mahdollisuuden käyttää NDI Bridge apuohjelmaa, jonka pitäisi tarjota mahdollisuus yhdistää NDI-laitteet eri verkkojen alaisuudesta. Testejä varten Petteri pystytti Bridge hostin verkkoon, josta oli avattu tarvittavat portit ulospäin. NDI Bridge löysi kyllä eri laitteet myös mobiiliyhteyden kautta, mutta jostain syystä videokuva ei lähtenyt silloin enää siirtymään.

Lisäksi havaittiin, ettei testikamerana käytetty Insta360 Pro suostunut antamaan ulos 360-kuvaa 4K-resoluutiolla HDMI-liitännän kautta. Tämä olisi ollut oleellista, jotta voitaisiin ottaa tuo 4K-kuva vastaan lähettävällä tietokoneella (esim. Elgato 4K HDMI-kaappauslaitteen kautta) ja lähettää eteenpäin NDI:n kautta.

Insta360 Pro -kameraa testatessa huomattiin myös, että sen oma sisäinen viive on vähintään kaksi sekuntia käytettäessä laitteen omaan 360-kuvan yhteenliittämisestä (engl. "stitching"). Tuon viiveen päälle tulisivat lisäksi tiedonsiirron ja videon muun prosessoinnin viiveet. Tämän

vuoksi hylättiin ajatus siitä, että 360-kuvalla voitaisiin toteuttaa reaaliaikaista kommunikaatiota vaativaa interaktiota (esim. verkkoyhteyden yli tapahtuva live-tapahtuma, jossa katsojat voisivat olla puhe/videoyhteydessä 360-kameran ympäristöön).

Lopulta päädyttiin testaamaan 360-videon streamausta 5G-yhteyden yli siten, että live stream tuotetaan Insta360 Pro kamerassa, joka on 5G-puhelimen tuottamassa langattomassa lähiverkossa (mobile hotspot) yhdessä kannettavan tietokoneen kanssa. Tietokone toimii Youtube Live -lähetyksen hostina. Näin voidaan testata korkealaatuisen 360-videokuvan laatua eri sijainneissa mobiilidatayhteyden kautta. Streamissa on kameran ja Youtuben yhdistelmänä n. 5-30 sekunnin viive riippuen laatuasetuksista. Se ei siis sovellu reaaliaikaiseen interaktioon, mutta esim. matkailukäytössä sillä voidaan toteuttaa live-tapahtuma, jossa kuva päivittyy katsojille hyvälaatuisena. Jos lähetykseen kaivataan vuorovaikutusta, on viive otettava huomioon ohjelman suunnittelussa.

Kenttätestaus

Ulkoympäristössä tapahtuvaa testikuvausta varten haettiin reitti, jonka varrella oli ennakkoon tehtyjen mittausten perusteella useamman eri laatuluokan mobiiliverkkoa. Ennakkomittauksia oli tehty käytössä olleella Samsung S21 ja Elisan 600M 5G -liittymällä (liite 1). Pääasiallinen mittaussovellus oli Opensignal (liite 2). Jonkin verran käytettiin myös Ookla Speedtestiä.

Mittausten pohjalta päätettiin testata reittiä Lapin AMK – Yliopistonkatu – Rovaniemen kirkko ja takaisin. Reitillä on mittausten mukaan upload-nopeuksia väliltä 10-100 MBps, mikä kuvaa hyvin yleistä hajontaa Rovaniemen alueella. Download-nopeudet vaihtelivat välillä 100-700 MBps. Videon lähettämisen kannalta oleellisinta on nimenomaan upload-nopeus.

Kenttätestauksen laitteistona oli Insta360 Pro kamera, Samsung S21 puhelin sekä MacBook Air M1 kannettava tietokone. Testihenkilö kantoi laitteiston repussa lukuun ottamatta kameraa, joka pidettiin kädessä jalustan kanssa. Tarkoitus oli kuvata ja streamata rauhallista kävelyä sekä erilaisia kaupunkinäkyymiä kamera jalustan varaan pystyttäen.

Testikävelyt olivat pituudeltaan n. 2 km ja n. 35 minuuttia per suunta. Molemmista kävelyistä tehtiin erilliset streamit hieman eri asetuksilla. Sää oli poutainen, n. +22 astetta.

Havainnot

Pääsääntöisesti voidaan todeta, että testilaitteisto toimi hyvin. Streamissa ei esiintynyt katkoksia eikä laitteisto tai yhteys sammunut kertaakaan.

Ensimmäinen reitti suoritettiin ns. tarkan kuvan asetuksilla. Streamin resoluutio oli kameran maksimi eli 3840x1920 ja bitrateksi valittiin 25 MBps. YouTube Studion asetuksista valittiin "Normal latency" eli pisin latenssiasetus. Tämä on ainoa asetus, joka sallii 4K tarkkuuden live streamauksen.

Ensimmäisen reitin kuvanlaatu heitteli selvästi sen mukaan, millä etäisyydellä oltiin "hyvän upload-kaistan" mittauspisteistä. Reitin huonoimman mobiilikaistan alueella eli Yliopistonkadun suoralla Harjulammen kohdalla kuva pehmeni selvästi sekä hyppi voimakkaasti ajallisesti (liite 3). Reitin loppupäässä, kirkon luona, oli mitattu yksi Rovaniemen parhaista 5G-nopeuksista. Kirkkoa lähestyessä havaittiin selkeä nousu kuvanlaadussa (liite 4). Kuva tarkentui ja sen toiston muuttui paljon sujuvammaksi, myös kävelyn aikana. Paikallaan ollessa kameran kuva oli aina muutenkin tarkempaa, kun pakattavaa liikettä on koodekillä vähemmän. Latenssi oli koko reitin ajan 15-30 sekunnin välillä eli ei sovellu vuorovaikutteiseen ohjelman tekoon, ellei viivettä erikseen oteta sisällön suunnittelussa huomioon.

Paluureitillä vaihdettiin asetuksiksi alhaisen latenssin yhteys. Kameran kuvan resoluutioksi laitettiin 1920x1080 ja bitrateksi 9 MBps. YouTube Studiosta otettiin käyttöön "Ultra low latency". Tällöin kuvan laatu luonnollisesti pehmeni, eikä yksityiskohdista samalla tavalla saanut selvää kuin 4K tarkkuudella. Alhaisen latenssin moodi pyrkii toistamaan videon mahdollisimman pienellä viipeellä lähettämisestä vastaanottoon, joten se ei käytä puskuria videon toiston sujuvoittamiseksi. Tämän seurauksena yhteyden katkokset eivät näy videon hidastumisena, vaan pätkimisenä ja temporaalisina hyppyinä. Tässäkin havaittiin selvä korrelaation mobiiliverkon mitattujen siirtonopeuksien ja videon laadun välillä. Alhaisen latenssin ansiosta oli toisaalta mahdollista suorittaa pienimuotoista vuorovaikutusta kuvaajan ja yleisön välillä. Latenssi on 3-6 sekunnin luokkaa, eli rauhallinen keskustelu oli mahdollista.

Langaton lähetystoiminta onnistui hyvin akkujen varassa. Heikoin akukesto oli itse 360-kamerassa, jonka akussa oli jäljellä 25% n. 70 minuutin kuvauksen jälkeen. Mobiiliyhteyttä jakaneen puhelimen akusta oli jäljellä 75% ja kannettavassa tietokoneessa 97%, joten niiden osalta onnistuisi pidempikin stream. Kameralle pitää järjestää ulkoinen lisävirta pidempiin kuvauksiin.

Ensimmäinen reitti <https://www.youtube.com/watch?v=rH6y1WmdGC0>

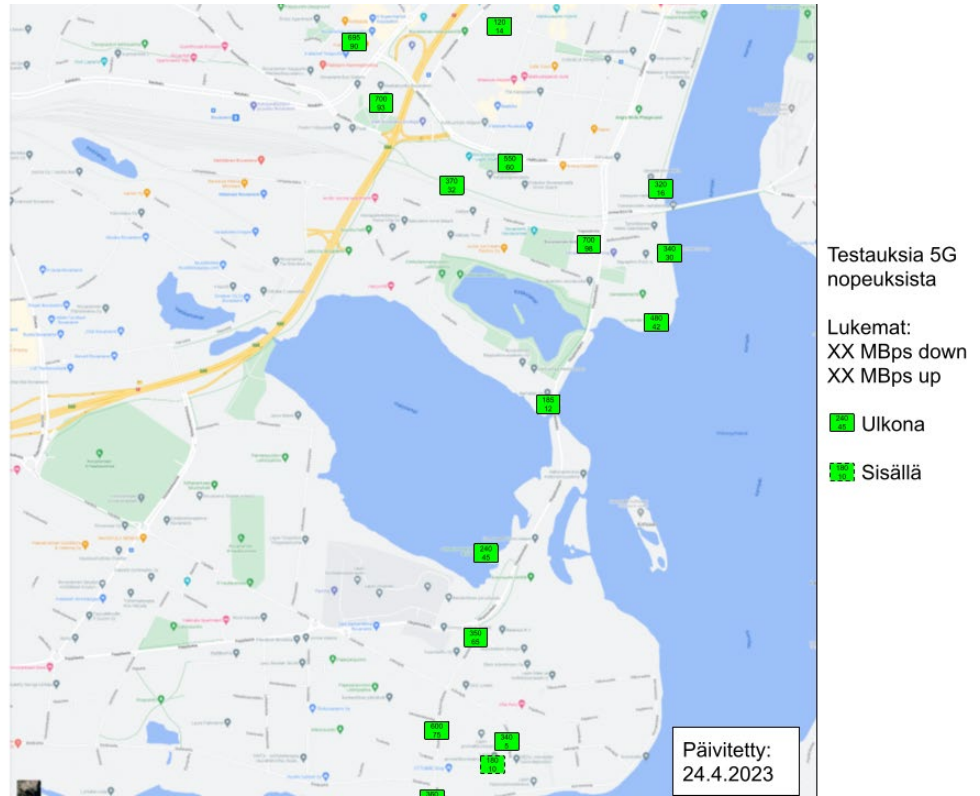
Paluureitti <https://www.youtube.com/watch?v=j6HzilUHqrM>

30.6.2023

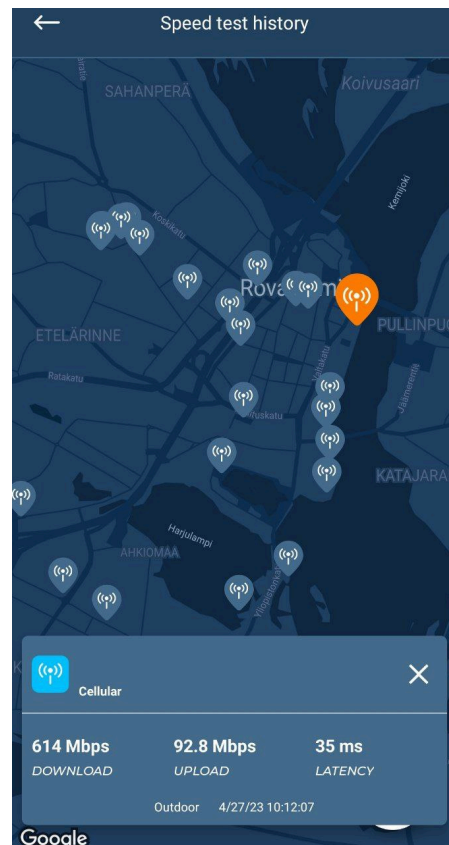
Päätelmät

Testien ja mittausten perusteella voidaan todeta, että 360-videon live streamaus mobiiliyhteyden kautta on mahdollista. Onnistuneen lopputuloksen saamiseksi kannattaa tehdä etukäteen mobiiliverkon suorituskyvyn mittaukset suunnittelussa kuvauspaikassa. Suositellaan myös useampia mittauksia eri ajankohtina, jotta voidaan arvioida keskimääräistä kaistankäyttöä ko. sijainnissa. Huonon verkkokuuluvuuden sijainneissa streamausta ei kannata tehdä, tai sitten varautua investoimaan hyvään mobiilitukiasemaan erillisellä antennilla.

Liite 1. Kartta eri pisteissä mitatuista tiedonsiirtonopeuksista Elisan verkossa (4/2023)



Liite 2. Opensignal-testisovelluksen tuloksia kartalla, esimerkki näkymästä.



30.6.2023

Liite 3. Kaappaus videosta. Yliopistonkadun suora.



Liite 4. Kaappaus videosta. Lähellä kirkkoa.

