



Efficiency Analysis of eNodeB Base Station and 4G LTE Quality of Service: A Case Study in Vientiane Capital

Ngonkham Khothpanya¹, Donekeo Lakanchanh², Phutsavanh Thongphanh³ and Thonekeo Syhavong⁴

¹⁻⁴Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,
National University of Laos.

Abstract

Currently, the growth of mobile data usage in high-density urban areas often leads to degraded signal quality and increased interference due to network congestion, directly impacting overall Service Performance. Therefore, this research aims to analyze the efficiency of the eNodeB base station system and evaluate the Quality of Service (QoS) of Lao Telecommunications' 4G LTE network in the Vientiane Capital area. The methodology focuses on analyzing the hardware architecture of the Huawei DBS3900 series and conducting empirical field testing across four strategic locations: the Mekong Riverside area, Sihom area, Pha That Luang area, and Talat Sao building. The diagnostic tools utilized for measurement include mobile network testing software to record key technical parameters, such as Reference Signal Received Power (RSRP), Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR), and data transmission speed (Throughput). The results indicate that: 1. Regarding hardware architecture: The Huawei DBS3900 series eNodeB features a distributed architecture separating the BBU and RRU modules, providing high stability and robust capacity to support high-speed data transmission benchmarks. 2. Regarding technical parameters: The RSRP signal strength in all tested areas remains within a favorable range, with average values between -70.00 dBm and -85.00 dBm. However, in high-density areas like Pha That Luang and Talat Sao, the SINR values exhibit noticeable fluctuations caused by co-channel and adjacent-channel interference. The average download throughput ranges from 26.4 Mbps to 29.3 Mbps, while the average upload throughput reaches 30.8 Mbps, satisfying standard service benchmarks. 3. Regarding physical optimization: The findings demonstrate that physical parameter optimization, specifically antenna tilting adjustments (both mechanical and electrical), plays a critical role in mitigating signal interference and enhancing network QoS in dense urban environments.

Keywords: eNodeB, 4G LTE, Quality of Service (QoS), Performance Indicators

¹**Correspondence:** Ngonkham
Khothpanya, Department of
Electronics and Telecommunication
Engineering, Faculty of Engineering,
National University of Laos. Email:
ngon.bts@gmail.com

Article Info:
Submitted: May 03, 2026
Revised: June 05, 2026
Accepted: June 26, 2026

1. ພາກສະໜີ

ໃນຍຸກແຫ່ງການຫັນເປັນດິຈິຕອນ, ເຕັກໂນໂລຊີການສື່ສານໄຮ້ສາຍໄດ້ກາຍເປັນໂຄງລ່າງພື້ນຖານທີ່ສໍາຄັນໃນການຂັບເຄື່ອນເສດຖະກິດ ແລະ ສັງຄົມ. ລະບົບ 4G LTE (Long Term Evolution) ໄດ້ຖືກພັດທະນາຂຶ້ນເພື່ອຕອບສະໜອງຄວາມຕ້ອງການ

ໃນການຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນຄວາມໄວສູງ ແລະ ການເຊື່ອມຕໍ່ທີ່ມີປະສິດທິພາບ (Bounma & Sivilay, 2021). ສໍາລັບ ສປປ ລາວ, ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງການນໍາໃຊ້ຂໍ້ມູນຜ່ານໂທລະສັບມືຖືແມ່ນມີທ່າອ່ຽງເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງ, ເຊິ່ງຮຽກຮ້ອງໃຫ້ຜູ້ໃຫ້ບໍລິການຕ້ອງມີການພັດທະນາ ແລະ ປັບປຸງໂຄງສ້າງເຄືອຂ່າຍໃຫ້ມີຄວາມສະຖຽນລະພາບ

ເພື່ອຮອງຮັບປະລິມານການນຳໃຊ້ທີ່ໜ້າແໜ້ນ (Chetthabouth, 2019; Nam & Lai, 2021).

ອົງປະກອບຫຼັກທີ່ກຳນົດປະສິດທິພາບຂອງເຄືອຂ່າຍ 4G LTE ແມ່ນສະຖານີຖານ ຫຼື eNodeB (Evolved Node B), ເຊິ່ງເຮັດໜ້າທີ່ເປັນສ່ວນຕິດຕໍ່ສື່ສານທາງວິທະຍຸລະຫວ່າງຜູ້ໃຊ້ ແລະ ເຄືອຂ່າຍຫຼັກ. ການເຮັດວຽກຂອງ eNodeB ອາໄສເຕັກໂນໂລຊີທີ່ທັນສະໄໝ ເຊັ່ນ: ການປະມວນຜົນສັນຍານແບບ Baseband ແລະ ການນຳໃຊ້ສັນຍານວິທະຍຸຜ່ານອຸປະກອນ Remote Radio Unit (RRU). ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ຄຸນນະພາບການໃຫ້ບໍລິການ (Quality of Service: QoS) ມັກຈະໄດ້ຮັບຜົນກະທົບຈາກຫຼາຍປັດໄຈ ເຊັ່ນ: ສິ່ງກົດຂວາງທາງກາຍະພາບ, ໄລຍະຫ່າງຈາກສະຖານີຖານ, ແລະ ການແອອັດຂອງຜູ້ໃຊ້ງານໃນພື້ນທີ່ດຽວກັນ (Baird & O'Conner, 2018; Do & Thao, 2017). ນອກຈາກປັດໄຈດ້ານໂຄງສ້າງແລ້ວ, ສະພາບແວດລ້ອມທາງທຳມະຊາດໃນ ສປປ ລາວ ເຊັ່ນ: ປະລິມານນ້ຳຝົນ ແລະ ອຸນຫະພູມ ກໍເປັນຕົວແປສຳຄັນທີ່ມີຜົນກະທົບຕໍ່ການຫຼຸດຜ່ອນຂອງສັນຍານໃນລະບົບສື່ສານໄຮ້ສາຍ (Xayaphone & Lakanchanh, 2024). ດັ່ງນັ້ນ, ການວາງຍຸດທະສາດໃນການຕິດຕັ້ງອຸປະກອນເສົາອາກາດ (Active Antenna Units: AAU) ໃນພື້ນທີ່ທີ່ມີຄວາມໜ້າແໜ້ນສູງ ຈຶ່ງມີຄວາມຈຳເປັນຢ່າງຍິ່ງເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນບັນຫາການແຊກຊ້ອນຂອງສັນຍານ (Vu & Le, 2020; Zhang & Li, 2019).

ໃນເຂດນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ, ເຊິ່ງເປັນສູນກາງທາງດ້ານການເມືອງ ແລະ ເສດຖະກິດ, ການຮັບປະກັນຄຸນນະພາບສັນຍານ 4G ໃຫ້ມີຄວາມຕໍ່ເນື່ອງແມ່ນສິ່ງທ້າທາຍທີ່ສຳຄັນ. ການວັດແທກພາລາມິຕິທາງເຕັກນິກ ເຊັ່ນ: ຄ່າຄວາມແຮງຂອງສັນຍານທີ່ໄດ້ຮັບ (Reference Signal Received Power: RSRP) ແລະ ອັດຕາສ່ວນສັນຍານຕໍ່ສັນຍານລົບກວນ (Signal to Interference plus Noise Ratio: SINR) ແມ່ນຕົວຊີ້ວັດທີ່ສຳຄັນໃນການປະເມີນປະສິດທິພາບຂອງເຄືອຂ່າຍ (Hossain & Ali, 2018). ການສຶກສາທີ່ຜ່ານມາຊື້ໃຫ້ເຫັນວ່າ ການປັບແຕ່ງພາລາມິຕິຂອງ eNodeB ແລະ ການອອກແບບຕຳແໜ່ງເສົາອາກາດທີ່ເໝາະສົມ ສາມາດຍົກລະດັບຄວາມໄວໃນການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນໃຫ້ດີຂຶ້ນຢ່າງຊັດເຈນ (Kim & Park, 2020; Lin & Zhou, 2018). ພ້ອມດຽວກັນນັ້ນ, ການນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີທີ່ກ້າວໜ້າໃນການຈັດການເຄືອຂ່າຍຍັງຊ່ວຍປັບປຸງປະສິດທິພາບໃນພື້ນທີ່ສາທາລະນະທີ່ມີການນຳໃຊ້ຂໍ້ມູນຢ່າງມະຫາສານ (Xu & Yuan, 2020; Zhao et al., 2018).

ບົດຄວາມວິຊາການສະບັບນີ້ ມີຈຸດປະສົງຕົ້ນຕໍເພື່ອວິເຄາະປະສິດທິພາບຂອງລະບົບສະຖານີຖານ eNodeB ຂອງບໍລິສັດ ລາວໂທລະຄົມມະນາຄົມ ໃນເຂດນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ ໂດຍຜ່ານການເກັບກຳຂໍ້ມູນຈາກພື້ນທີ່ຕົວຈິງ ເຊິ່ງສາມາດແຍກວັດຖຸປະສົງສະເພາະອອກເປັນດັ່ງນີ້: 1) ເພື່ອສຶກສາ ແລະ ວິເຄາະໂຄງສ້າງການເຮັດວຽກຂອງອຸປະກອນ Hardware ຂອງລະບົບສະຖານີຖານ eNodeB ຊຸດ DBS3900 ຂອງ Huawei ທີ່ນຳໃຊ້ໃນປັດຈຸບັນ. 2) ເພື່ອວັດແທກ

ແລະ ປະເມີນພາລາມິຕິທາງເຕັກນິກທີ່ສຳຄັນຂອງເຄືອຂ່າຍ 4G LTE ປະກອບມີຄ່າ RSRP, SINR ແລະ ຄວາມໄວໃນການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນ ໃນ 4 ເຂດຍຸດທະສາດ ຂອງນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ ແລະ 3) ເພື່ອວິເຄາະປັດໄຈ ແລະ ແນວທາງໃນການປັບແຕ່ງພາລາມິຕິທາງກາຍະພາບ ເພື່ອຍົກລະດັບຄຸນນະພາບການໃຫ້ບໍລິການ (QoS) ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນບັນຫາສັນຍານລົບກວນໃນພື້ນທີ່ທີ່ມີຄວາມໜ້າແໜ້ນສູງ.

ຜົນການສຶກສາຈາກບົດຄວາມສະບັບນີ້ ຈະຊ່ວຍໃຫ້ເຂົ້າໃຈເຖິງສະພາບການເຮັດວຽກຂອງເຄືອຂ່າຍໃນປັດຈຸບັນ ພ້ອມທັງເປັນຖານຂໍ້ມູນພື້ນຖານທີ່ສຳຄັນໃນການວາງແຜນພັດທະນາ, ປັບປຸງ ແລະ ເພີ່ມປະສິດທິພາບເຄືອຂ່າຍໂທລະຄົມມະນາຄົມໃນອະນາຄົດ ເພື່ອຕອບສະໜອງຄວາມຕ້ອງການຂອງຜູ້ໃຊ້ງານໃຫ້ໄດ້ດີທີ່ສຸດ.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

2.1 ອຸປະກອນທີ່ນຳໃຊ້

ໃນການສຶກສາຄັ້ງນີ້ ໄດ້ລົງເລິກວິເຄາະອຸປະກອນສະຖານີຖານ eNodeB ຊຸດ DBS3900 ຂອງ Huawei ເຊິ່ງເປັນອຸປະກອນຫຼັກທີ່ບໍລິສັດ ລາວໂທລະຄົມມະນາຄົມ ນຳໃຊ້. ອົງປະກອບສຳຄັນປະກອບມີ:

1. BBU3900 (Baseband Unit): ເຮັດໜ້າທີ່ປະມວນຜົນສັນຍານດິຈິຕອນ, ປະກອບດ້ວຍບອດ UMPT ສຳລັບການຄວບຄຸມ ແລະ ບອດ UBBP ສຳລັບການປະມວນຜົນສັນຍານ Baseband.

2. RRU (Remote Radio Unit): ເຮັດໜ້າທີ່ປ່ຽນສັນຍານ Baseband ເປັນສັນຍານວິທະຍຸ (RF) ແລະ ຂະຫຍາຍສັນຍານເພື່ອສົ່ງອອກທາງເສົາອາກາດ.

3. Antenna: ນຳໃຊ້ເສົາອາກາດແບບ Directional ທີ່ຮອງຮັບເຕັກໂນໂລຊີ MIMO ເພື່ອເພີ່ມປະສິດທິພາບໃນການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນ (Lee & Kim, 2017).

4. ເຄື່ອງມືວັດແທກ: ນຳໃຊ້ Software ທົດສອບສັນຍານໃນໂທລະສັບມືຖື ເພື່ອເກັບກຳຄ່າ RSRP, SINR ແລະ ຄວາມໄວ Throughput.

2.2 ການອອກແບບລະບົບ

ການອອກແບບການສຶກສາໃນຄັ້ງນີ້ ໄດ້ແບ່ງໂຄງສ້າງການວິເຄາະອອກເປັນ 2 ພາກສ່ວນສຳຄັນ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ຜົນການວິໄຈທີ່ຄົບຖ້ວນທັງດ້ານທິດສະດີ ແລະ ພາກປະຕິບັດ:

- 1) ສະຖາປັດຕະຍະກຳຂອງສະຖານີຖານ eNodeB: ລະບົບທີ່ນຳມາສຶກສາແມ່ນ Huawei DBS3900 ເຊິ່ງຖືກອອກແບບມາໃນຮູບແບບ Distributed Base Station. ລະບົບນີ້ແຍກສ່ວນປະມວນຜົນ Baseband (BBU) ແລະ ສ່ວນຮັບສິ່ງສັນຍານວິທະຍຸ (RRU) ອອກຈາກກັນ ໂດຍເຊື່ອມຕໍ່ຜ່ານສາຍໄຍແກ້ວນຳແສງ ໂດຍໃຊ້ Protocol CPRI. ການອອກແບບນີ້ຊ່ວຍຫຼຸດຜ່ອນການສູນເສຍກຳລັງສິ່ງໃນສາຍນຳສັນຍານ ແລະ ເພີ່ມຄວາມຍືດຫຍຸ່ນໃນການຕິດຕັ້ງເສົາອາກາດ (Lee & Kim, 2017).

- 2) ໂຄງຮ່າງພາລາມິຕິໃນການປະເມີນຄຸນນະພາບ: ເພື່ອວັດແທກປະສິດທິພາບຂອງ eNodeB ໃນການໃຫ້ບໍລິການ 4G LTE,

ການອອກແບບລະບົບວັດແທກໄດ້ກຳນົດເອົາຕົວແປຕາມ ທີ່ສຳຄັນ ດັ່ງນີ້:

1. RSRP: ເປັນຕົວຊີ້ວັດຄວາມແຮງຂອງສັນຍານທີ່ ອຸປະກອນປາຍທາງໄດ້ຮັບຈາກ eNodeB ໃນລະດັບ Resource Element.

2. SINR: ໃຊ້ໃນການປະເມີນຄຸນນະພາບສັນຍານທຽບ ກັບສັນຍານລົບກວນ ເຊິ່ງເປັນປັດໄຈຫຼັກທີ່ກຳນົດອັດຕາການຮັບສິ່ງຂໍ້ ມູນ.

3. Throughput (Data Rate): ວັດແທກປະສິດທິພາບ ໃນການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນຕົວຈິງຜ່ານ Protocol FTP ເພື່ອສະທ້ອນເຖິງ ປະສິບການຂອງຜູ້ໃຊ້ງານ.

3) ການກຳນົດຂອບເຂດຜື່ນທີ່ທົດສອບ: ການອອກແບບ ລະບົບການເກັບຂໍ້ມູນໄດ້ນຳໃຊ້ເຕັກນິກ "Multi-location Selection" ໂດຍຄັດເລືອກຈຸດທົດສອບທີ່ມີສະພາບແວດລ້ອມທາງກາ ຍະພາບທີ່ແຕກຕ່າງກັນ (ເຊັ່ນ: ເຂດໂລງແຈ້ງແຄມຂອງ ແລະ ເຂດທີ່ມີ ສິ່ງກົດຂວາງໜາແໜ້ນໃນຕະຫຼາດເຊົ້າ) ເພື່ອວິເຄາະຜົນກະທົບຂອງ ສະພາບແວດລ້ອມຕໍ່ການກະຈາຍສັນຍານວິທະຍຸ (He & Li, 2020). ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ຂໍ້ມູນທີ່ມີຄວາມຊັດເຈນ, ໄດ້ມີການນຳໃຊ້ສົມຜົນທາງ ຄະນິດສາດເພື່ອປະເມີນຄຸນນະພາບສັນຍານ ໂດຍສະເພາະແມ່ນອັດຕາ ສ່ວນສັນຍານຕໍ່ສັນຍານລົບກວນ (SINR) ເຊິ່ງຄິດໄລ່ໄດ້ຈາກ:

$$SINR = \frac{P}{I + N} \quad (1)$$

ໂດຍທີ່:

- P ແທນໃຫ້ ກຳລັງຂອງສັນຍານທີ່ໄດ້ຮັບ, ມີຫົວໜ່ວຍເປັນ ວັດ (W) ຫຼື ມິລລິວັດ (mW)
- I ແທນໃຫ້ ກຳລັງຂອງສັນຍານລົບກວນຈາກຊ່ອງສັນຍານ ຂ້າງຄຽງ, ມີຫົວໜ່ວຍເປັນ ວັດ (W) ຫຼື ມິລລິວັດ (mW)
- N ແທນໃຫ້ ສັນຍານລົບກວນຈາກລະບົບ ຫຼື ສັນຍານລົບ ກວນຈາກຄວາມຮ້ອນ, ມີຫົວໜ່ວຍເປັນ ວັດ (W) ຫຼື ມິລລິ ວັດ (mW).

ນອກຈາກນີ້, ຍັງໄດ້ຝຶກຈາລະນາຄ່າຄວາມແຮງຂອງສັນຍານທີ່ ໄດ້ຮັບ (RSRP) ແລະ ຄວາມໄວໃນການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນ ເປັນປັດໄຈຫຼັກ ໃນການວິເຄາະ ໂດຍຄວາມໄວໃນການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນສູງສຸດໃນຊ່ອງ ສັນຍານວິທະຍຸ ສາມາດປະເມີນໄດ້ຈາກສົມຜົນຄວາມຈຸຊ່ອງສັນຍານ ຂອງແຊນນອນ ດັ່ງນີ້:

$$C = B \times \log_2(1 + SINR) \quad (2)$$

ໂດຍທີ່:

- C ແທນໃຫ້ ຄວາມຈຸສູງສຸດຂອງຊ່ອງສັນຍານວິທະຍຸ ຫຼື ຄວາມໄວໃນການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນສູງສຸດ, ມີຫົວໜ່ວຍເປັນ ບິດ ທັງວິນາທີ (bps)
- B ແທນໃຫ້ ຄວາມກວ້າງຂອງແຖບຄວາມຖີ່, ມີຫົວໜ່ວຍ ເປັນ ເຮີດຊ໌ (Hz)

- $SINR$ ແທນໃຫ້ ອັດຕາສ່ວນສັນຍານຕໍ່ສັນຍານລົບກວນ ທີ່ ຄິດໄລ່ເປັນຄ່າອັດຕາສ່ວນເສັ້ນຊື່

2.3 ວິທີການດຳເນີນງານ

ຂະບວນການດຳເນີນງານວິໄຈໄດ້ຖືກກຳນົດຂຶ້ນຕອນຢ່າງເປັນ ລະບົບ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ຂໍ້ມູນທີ່ຊັດເຈນ ແລະ ສາມາດນຳມາຊີ້ວັດ ປະສິດທິພາບຂອງລະບົບ eNodeB ໄດ້ແທ້ຈິງ ໂດຍແບ່ງອອກເປັນຂັ້ນ ຕອນດັ່ງນີ້:

1. ການກະກຽມ ແລະ ກວດສອບອຸປະກອນ: ກ່ອນການລົງຜື່ນ ທີ່, ໄດ້ມີການກວດສອບສະພາບຄວາມພ້ອມຂອງອຸປະກອນ BBU ແລະ RRU ຜ່ານລະບົບການບໍລິຫານຈັດການເຄືອ ຂ່າຍ (LMT/U2000) ເພື່ອຢືນຢັນວ່າສະຖານີຖານເຮັດວຽກ ເປັນປົກກະຕິ ແລະ ບໍ່ມີການແຈ້ງເຕືອນຂໍ້ຜິດພາດ. ພ້ອມ ດຽວກັນນັ້ນ, ໄດ້ກະກຽມ Smart Phone ທີ່ຕິດຕັ້ງ Software ສຳລັບວັດແທກສັນຍານ 4G ທີ່ສາມາດບັນທຶກ ພາລາມິເຕີທາງເຕັກນິກໄດ້ແບບທັນທີ.
2. ການກຳນົດຈຸດວັດແທກ ແລະ ເຕັກນິກການທົດສອບ: ການ ທົດສອບໄດ້ນຳໃຊ້ເຕັກນິກການວັດແທກແບບ Static Test (ການວັດແທກແບບຄົງທີ່) ໃນແຕ່ລະເຂດທີ່ເລືອກໄວ້ ເພື່ອ ຫຼຸດຜ່ອນຕົວແປແທດຊ້ອນຈາກການເຄື່ອນທີ່. ຂະບວນການ ປະກອບມີ:
 - ການທົດສອບການດາວໂຫຼດຂໍ້ມູນ: ດຳເນີນການດາວ ໂຫຼດໄຟລ໌ທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່ (100MB ຫາ 1GB) ຈາກ Server ຂອງຜູ້ໃຫ້ບໍລິການ ເພື່ອວັດແທກ ຄວາມໄວສູງສຸດ ແລະ ຄວາມສະຖຽນຂອງ Throughput.
 - ການທົດສອບຄຸນນະພາບການໂທ (CQT): ທົດລອງ ການເຊື່ອມຕໍ່ສັນຍານໃນຮູບແບບ Voice over LTE (VoLTE) ແລະ Data Session ເພື່ອປະເມີນ ອັດຕາການເຊື່ອມຕໍ່ສຳເລັດ.
3. ຂັ້ນຕອນການເກັບກຳຂໍ້ມູນຕົວຈິງ: ໃນແຕ່ລະຈຸດທົດສອບ, ໄດ້ດຳເນີນການບັນທຶກຂໍ້ມູນ RSRP ແລະ SINR ຢ່າງຕໍ່ ເນື່ອງໃນໄລຍະເວລາທີ່ກຳນົດ, ທຳການທົດສອບ 1 ຈຸດ/ວັນ ແລະ ແບ່ງຊ່ວງເວລາ ຄື: ຕອນປ່າຍ, ຊ່ວງເວລາ 12:00 – 13:00 ໂມງ, ຈຳນວນ 3 ຄັ້ງ (ຫ່າງກັນປະມານ 10 ນາທີ) ແລະ ຕອນຄ່ຳ, ຊ່ວງເວລາ 18:00 – 19:00 ໂມງ, ຈຳນວນ 3 ຄັ້ງ (ຫ່າງກັນປະມານ 10 ນາທີ), ເພື່ອຫາຄ່າ ສະເລ່ຍທາງສະຖິຕິ. ວິທີການນີ້ ຊ່ວຍໃຫ້ສາມາດວິເຄາະໄດ້ ເຖິງຄວາມຜັນຜວນຂອງສັນຍານໃນແຕ່ລະຊ່ວງເວລາ ເຊິ່ງ ເປັນປັດໄຈສຳຄັນໃນການປະເມີນຄຸນນະພາບການໃຫ້ ບໍລິການ (Hossain & Ali, 2018).
4. ການຮວບຮວມ ແລະ ຈັດລະບຽບຂໍ້ມູນ: ຂໍ້ມູນທີ່ບັນທຶກໄດ້ ຈາກ Software ຈະຖືກ Export ອອກມາໃນຮູບແບບ Log

files ເພື່ອນຳມາຄັດແຍກ ແລະ ຈັດກຸ່ມຕາມປະເພດຂອງ ພາລາມິຕີ ໂດຍຈະເນັ້ນໃສ່ການປຽບທຽບລະຫວ່າງ "ຄ່າທີ່ ວັດໄດ້ຕົວຈິງ" ທຽບກັບ "ເກນມາດຕະຖານ KPI" ທີ່ໄດ້ ກຳນົດໄວ້ໃນຂໍ້ 2.4.

2.4 ການເກັບກຳຂໍ້ມູນ

ຂະບວນການເກັບກຳຂໍ້ມູນໄດ້ຖືກຈັດຕັ້ງປະຕິບັດໃນເຂດຈຸດ ສຸມທີ່ມີການນຳໃຊ້ສັນຍານໜາແໜ້ນ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ຕົວແທນຂໍ້ມູນທີ່ ສະທ້ອນເຖິງຄຸນນະພາບການໃຫ້ບໍລິການໃນນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນຢ່າງ ແທ້ຈິງ.

1) ການກຳນົດພື້ນທີ່ ແລະ ກຸ່ມເປົ້າໝາຍ:ການສຶກສາໄດ້ ເລືອກເອົາ 4 ເຂດຍຸດທະສາດ ຄື: ເຂດແຄມຂອງ (Open Area), ເຂດ ສີຫອມ (Urban Case), ເຂດພະທາດຫຼວງ (Cultural Landmark), ແລະ ອາຄານຕະຫຼາດເຊົ້າ (Indoor/Dense Urban). ໃນແຕ່ລະເຂດ, ໄດ້ດຳເນີນການທົດສອບແບບ Static Test ໂດຍໃຊ້ Software ວັດແທກສັນຍານໃນ Smart Phone ທີ່ຮອງຮັບເຄືອຂ່າຍ 4G LTE ຂອງບໍລິສັດ ລາວ ໂທລະຄົມມະນາຄົມ, ດັ່ງຮູບທີ 1.

2) ຕົວຊີ້ວັດ ແລະ ການປະມວນຜົນຂໍ້ມູນ: ຂໍ້ມູນທີ່ບັນທຶກໄດ້ ປະກອບມີຄ່າ RSRP, SINR ແລະ Throughput, ດັ່ງຮູບທີ 2, ຮູບທີ 3, ຮູບທີ 4 ແລະ ຮູບທີ 5, ເຊິ່ງຈະຖືກນຳມາປະມວນຜົນທາງສະຖິຕິເພື່ອ ຫາຄ່າສະເລ່ຍ ແລະ ຄ່າຜັນປ່ຽນ ເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນຄວາມຄາດເຄື່ອນຈາກ ປັດໄຈພາຍນອກ. ຫຼັງຈາກນັ້ນ, ຂໍ້ມູນຈະຖືກນຳມາປຽບທຽບກັບເກນ ມາດຕະຖານ KPI ທີ່ກຳນົດໄວ້ໃນ ຕາຕະລາງທີ 1 ເພື່ອຈັດລະດັບ ປະສິດທິພາບ.

3) ການວິເຄາະຄວາມສອດຄ່ອງ: ນອກຈາກການວັດແທກຕົວ ເລກແລ້ວ, ຍັງໄດ້ມີການວິເຄາະຄວາມສອດຄ່ອງລະຫວ່າງຄວາມແຮງ ຂອງສັນຍານ (RSRP) ແລະ ຄວາມໄວຕົວຈິງທີ່ຜູ້ໃຊ້ໄດ້ຮັບ ເພື່ອປະ ເມີນວ່າສະຖານີຖານ eNodeB ໃນແຕ່ລະພື້ນທີ່ສາມາດຮອງຮັບການ ນຳໃຊ້ໄດ້ຕາມມາດຕະຖານ QoS ຫຼື ບໍ່ (Nguyen & Tran, 2019).

2.5 ການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ໄດ້ຈາກການລົງພື້ນທີ່ທົດສອບ ຈະຖືກນຳມາ ຈຳແນກ ແລະ ວິເຄາະຕາມຂະບວນການທາງສະຖິຕິ ແລະ ເຕັກນິກ ວິສະວະກຳໂທລະຄົມມະນາຄົມ ດັ່ງນີ້:

1) ການວິເຄາະທາງສະຖິຕິພື້ນຖານ: ນຳໃຊ້ການຫາຄ່າສະເລ່ຍ ຂອງພາລາມິຕີ RSRP ແລະ SINR ຈາກການທົດສອບໃນແຕ່ລະເຂດ ເພື່ອເປັນຕົວແທນຂອງຄຸນນະພາບສັນຍານໃນພື້ນທີ່ນັ້ນໆ. ນອກຈາກ ນີ້, ຍັງໄດ້ວິເຄາະຄ່າສູງສຸດ ແລະ ຄ່າຕ່ຳສຸດ ຂອງ Throughput ເພື່ອປະ ເມີນຄວາມຜັນຜວນຂອງການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນໃນສະພາວະທີ່ມີຜູ້ໃຊ້ງານໜ າແໜ້ນ.

2) ການວິເຄາະປຽບທຽບກັບເກນມາດຕະຖານ: ນຳຜົນ ສະເລ່ຍທີ່ໄດ້ຈາກການວັດແທກຕົວຈິງ ມາປຽບທຽບກັບເກນ ມາດຕະຖານ KPI ຂອງເຄືອຂ່າຍ 4G LTE (ດັ່ງທີ່ສະແດງໃນ ຕາຕະລາງທີ 1) ເພື່ອສະຫຼຸບລະດັບປະສິດທິພາບຂອງ eNodeB ໃນແຕ່

ລະຈຸດທົດສອບ. ການວິເຄາະນີ້ຈະຊ່ວຍລະບຸໄດ້ວ່າ ພື້ນທີ່ໃດທີ່ມີບັນຫາ ດ້ານການຄອບຄຸມ ຫຼື ບັນຫາດ້ານສັນຍານລົບກວນ.

3) ການວິເຄາະຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງ RF Parameters ແລະ QoS: ວິເຄາະຄວາມສອດຄ່ອງລະຫວ່າງຄ່າ SINR ແລະ ຄວາມໄວ Throughput ທີ່ໄດ້ຈາກການທົດສອບ Speed Test ແລະ FTP. ໂດຍ ທົ່ວໄປແລ້ວ, ຄ່າ SINR ທີ່ສູງຄວນຈະສົ່ງຜົນໃຫ້ Throughput ສູງຂຶ້ນ ຕາມຫຼັກການຂອງ Modulation and Coding Scheme (MCS). ຫາກຜົນການທົດສອບບໍ່ສອດຄ່ອງກັນ, ຈະໄດ້ມີການວິເຄາະຫາສາເຫດ ເພີ່ມເຕີມ ເຊັ່ນ: ຂໍ້ຈຳກັດຂອງອຸປະກອນ Hardware ຫຼື ປະລິມານການ ນຳໃຊ້ ໃນເວລານັ້ນ (Zhang & Li, 2019).

4) ການສະເໜີແນວທາງການປັບປຸງ: ໃນຈຸດທີ່ຜົນການ ວັດແທກບໍ່ໄດ້ຕາມມາດຕະຖານ, ຈະໄດ້ນຳໃຊ້ຂໍ້ມູນຈາກການວິເຄາະ ມຸມອງຂອງເສົາອາກາດ ແລະ ການຕັ້ງຄ່າກຳລັງສົ່ງຂອງ RRU ເພື່ອ ສະເໜີແນວທາງໃນການເພີ່ມປະສິດທິພາບໃຫ້ແກ່ສະຖານີຖານ eNodeB ໃນອະນາຄົດ.

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

3.1 ຜົນການສຶກສາ ແລະ ວິເຄາະໂຄງສ້າງການເຮັດວຽກຂອງອຸປະກອນ Hardware

ຈາກການສຶກສາໂຄງສ້າງສະຖາປັດຕະຍະກຳຂອງອຸປະກອນ Hardware ໃນລະບົບສະຖານີຖານ eNodeB ຊຸດ DBS3900 ຂອງ Huawei ທີ່ບໍລິສັດ ລາວ ໂທລະຄົມມະນາຄົມ ນຳໃຊ້ໃນປັດຈຸບັນ ຝົບ ວ່າ:

– ອຸປະກອນດັ່ງກ່າວມີການເຮັດວຽກແບບແຍກສ່ວນ ລະຫວ່າງສ່ວນປະມວນຜົນເບດແບນ (BBU3900) ແລະ ສ່ວນຮັບສົ່ງ ສັນຍານວິທະຍຸ (RRU).

– ການອອກແບບລະບົບແບບແຍກສ່ວນນີ້ ຊ່ວຍໃຫ້ການ ປະມວນຜົນສັນຍານມີສະຖຽນລະພາບສູງ, ຫຼຸດຜ່ອນການສູນເສຍກຳລັງ ສົ່ງໃນສາຍນຳສັນຍານ (Feeder Loss) ໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ ແລະ ຖື ເປັນໂຄງສ້າງຮາດແວພື້ນຖານທີ່ສາມາດຮອງຮັບການຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນ ຄວາມໄວສູງຕາມເກນມາດຕະຖານເຕັກນິກ 4G LTE ໄດ້ເປັນຢ່າງດີ.

3.2 ຜົນການວັດແທກ ແລະ ປະເມີນພາລາມິຕີທາງເຕັກນິກໃນ 4 ເຂດ ຍຸດທະສາດ

– ຄຸນນະພາບສັນຍານວິທະຍຸ (RSRP ແລະ SINR): ຄຸນ ນະພາບຄວາມແຮງຂອງສັນຍານ RSRP ໃນທຸກເຂດທົດສອບແມ່ນຢູ່ ໃນເກນທີ່ດີ ໂດຍມີຄ່າສະເລ່ຍລະຫວ່າງ -70.00 dBm ຫາ -85.00 dBm (ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 2). ໂດຍເຂດພະທາດຫຼວງມີຄ່າ RSRP ສູງທີ່ສຸດ (-70.00 dBm) ເນື່ອງຈາກເປັນພື້ນທີ່ໂລ່ງແຈ້ງ. ໃນ ຂະນະທີ່ເຂດສີຫອມມີຄ່າ RSRP ຕ່ຳກວ່າເຂດອື່ນ (-85.00 dBm) ເພາະເປັນເຂດທີ່ມີອາຄານໜາແໜ້ນເຮັດໃຫ້ເກີດການຫຼຸດຜ່ອນຂອງ ສັນຍານ. ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ໃນເຂດທີ່ມີຄວາມໜາແໜ້ນຂອງຜູ້ໃຊ້ ສູງ ເຊັ່ນ ເຂດພະທາດຫຼວງ ແລະ ຕະຫຼາດເຊົ້າ ຝົບວ່າຄ່າ SINR ມີ

ຄວາມຜັນຜວນຍ້ອນຜົນກະທົບຈາກສັນຍານແຊກຊ້ອນ (Interference).

- ປະສິດທິພາບການຮັບສິ່ງຂຶ້ນ (Throughput): ຜົນການທົດສອບຄວາມໄວໃນການ Download ແລະ Upload ຜ່ານ Protocol FTP ແລະ Speed Test ເພື່ອວັດແທກຄຸນນະພາບການໃຫ້ບໍລິການ (QoS) ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 3 ຊຶ່ງໃຫ້ເຫັນວ່າ ໃນເຂດທີ່ມີຄວາມໜາແໜ້ນສູງເຊັ່ນ ຕະຫຼາດເຊົ້າ, ລະບົບ eNodeB ຍັງສາມາດຮັກສາລະດັບຄວາມໄວ Download ສະເລ່ຍໄດ້ຢູ່ທີ່ 26.4 Mbps ຫາ 29.3 Mbps ແລະ ຄວາມໄວໃນການ Upload ສະເລ່ຍຢູ່ທີ່ 30.8 Mbps ເຊິ່ງຖືວ່າຢູ່ໃນເກນມາດຕະຖານການໃຫ້ບໍລິການ 4G ທີ່ດີ ແລະ ສາມາດຮອງຮັບການນຳໃຊ້ຂໍ້ມູນຄວາມໄວສູງໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ.

3.3 ຜົນການວິເຄາະປັດໄຈ ແລະ ແນວທາງໃນການປັບແຕ່ງພາລາມິຕິທາງກາຍະພາບ

ຈາກບັນຫາຄວາມຜັນຜວນຂອງຄ່າ SINR ໃນເຂດທີ່ມີຄວາມໜາແໜ້ນສູງ, ຜົນການວິເຄາະປັດໄຈ ແລະ ແນວທາງການແກ້ໄຂສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ດັ່ງນີ້:

- ປັດໄຈທີ່ສົ່ງຜົນກະທົບ: ບັນຫາຄ່າ SINR ຫຼຸດລົງໃນເຂດພະທາດຫຼວງ ແລະ ຕະຫຼາດເຊົ້າ ບໍ່ໄດ້ເກີດຈາກຄວາມແຮງຂອງສັນຍານ (RSRP) ບໍ່ພຽງພໍ, ແຕ່ເກີດຈາກສັນຍານລົບກວນລະຫວ່າງ Cell (Inter-cell Interference) ຍ້ອນການກະຈາຍສັນຍານທີ່ທັບຊ້ອນກັນໃນພື້ນທີ່ທີ່ມີຜູ້ໃຊ້ງານແອອັດ.
- ແນວທາງໃນການປັບແຕ່ງ: ຜົນການວິເຄາະຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າການປັບແຕ່ງພາລາມິຕິທາງກາຍະພາບຂອງ eNodeB ໂດຍສະເພາະແມ່ນ ການປັບມູມອຽງຂອງເສົາອາກາດ ທັງມູມອຽງທາງກົນຈັກ ແລະ ທາງໄຟຟ້າ ແມ່ນແນວທາງທີ່ມີຄວາມສຳຄັນຢ່າງຍິ່ງ. ການປັບມູມອຽງທີ່ເໝາະສົມຈະຊ່ວຍບີບຂອບເຂດການກະຈາຍສັນຍານໃຫ້ກົງກັບຈຸດສຸມ, ຫຼຸດຜ່ອນສັນຍານລົບກວນທີ່ໄປແຊກຊ້ອນກັບສະຖານີຂ້າງຄຽງ, ແລະ ເປັນການຍົກລະດັບຄຸນນະພາບການໃຫ້ບໍລິການ (QoS) ພ້ອມທັງເພີ່ມຂີດຄວາມສາມາດ ຂອງເຄືອຂ່າຍໃນເຂດຕົວເມືອງໜາແໜ້ນໄດ້ຢ່າງຍືນຍົງ.

4. ວິພາກຜົນ

ຜົນການສຶກສາສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ປະສິດທິພາບຂອງລະບົບ eNodeB ໃນນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ ໂດຍລວມແມ່ນຢູ່ໃນເກນທີ່ດີ, ແຕ່ມີບາງຈຸດທີ່ໜ້າສົນໃຈທາງດ້ານເຕັກນິກດັ່ງນີ້:

- ຄວາມສອດຄ່ອງຂອງ RSRP ແລະ SINR: ໃນເຂດພະທາດຫຼວງ ຜົນວ່າຄ່າ RSRP ສູງ (-70 dBm) ແຕ່ຄ່າ SINR ກັບຕໍ່າກວ່າເຂດອື່ນ (6 dB). ສິ່ງນີ້ສະທ້ອນໃຫ້ເຫັນວ່າ ເຖິງແມ່ນວ່າສັນຍານຈະແຮງ ແຕ່ກໍມີສັນຍານລົບກວນສູງ, ເຊິ່ງອາດເກີດຈາກການຊ້ອນທັບຂອງສັນຍານຈາກສະຖານີຖານຂ້າງຄຽງ ຫຼື ປະລິມານຜູ້ໃຊ້ງານທີ່ໜາແໜ້ນໃນເວລານັ້ນ (Hossain & Ali, 2018).

- ຜົນກະທົບຂອງສະພາບແວດລ້ອມຕໍ່ Throughput: ໃນເຂດອາຄານຕະຫຼາດເຊົ້າ, ເຖິງວ່າຈະເປັນສະພາບແວດລ້ອມແບບປິດ ແຕ່ຄວາມໄວ Throughput ຍັງຢູ່ໃນລະດັບສູງ (29.3 Mbps). ສິ່ງນີ້

ຍັງຢືນຢັງປະສິດທິພາບຂອງອຸປະກອນ Huawei DBS3900 ໃນການຈັດການສັນຍານຜ່ານສິ່ງກົດຂວາງ ແລະ ການນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ MIMO ຂອງເສົາອາກາດ (Lee & Kim, 2017).

- ການປັບປຸງຄຸນນະພາບສັນຍານ: ຈາກການທົດລອງປັບມູມ Tilt ຂອງເສົາອາກາດໃນບົດສຶກສາ, ເຫັນວ່າການປັບມູມທີ່ເໝາະສົມສາມາດຫຼຸດຜ່ອນການແຊກຊ້ອນຂອງສັນຍານ ແລະ ເພີ່ມຄ່າ SINR ໃຫ້ດີຂຶ້ນ, ເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບແນວຄິດຂອງ Kim & Park (2020) ທີ່ວ່າການປັບແຕ່ງທາງກາຍະພາບມີຜົນໂດຍກົງຕໍ່ QoS.

5. ສະຫຼຸບ

ຈາກການດຳເນີນການຄົ້ນຄວ້າ ເຊິ່ງອີງໃສ່ວັດຖຸປະສົງຂອງການສຶກສາເປັນຫຼັກ, ສາມາດສະຫຼຸບຕົວາຄາລວມ ແລະ ບອກຜົນໄດ້ຮັບຫຼັກໄດ້ດັ່ງນີ້:

- ດ້ານໂຄງສ້າງການເຮັດວຽກຂອງອຸປະກອນ Hardware: ຜົນໄດ້ຮັບຫຼັກ: ລະບົບສະຖານີຖານ eNodeB ຊຸດ DBS3900 ຂອງ Huawei ທີ່ບໍລິສັດ ລາວ ໂທລະຄົມມະນາຄົມ ນຳໃຊ້ນັ້ນ ມີໂຄງສ້າງສະຖາປັດຕະຍະກຳແບບແຍກສ່ວນ (Distributed Architecture) ລະຫວ່າງສ່ວນປະມວນຜົນເບດແບນ (BBU3900) ແລະ ສ່ວນຮັບສິ່ງສັນຍານວິທະຍຸ (RRU). ໂຄງສ້າງຮາດແວດັ່ງກ່າວມີຄວາມທັນສະໄໝ ແລະ ມີສະຖຽນລະພາບສູງ ໂດຍການແຍກສ່ວນນີ້ຊ່ວຍຫຼຸດຜ່ອນການສູນເສຍສັນຍານໃນສາຍນຳສັນຍານ ແລະ ສາມາດຮອງຮັບການໃຫ້ບໍລິການຂໍ້ມູນຄວາມໄວສູງ (High-speed Data) ໄດ້ເປັນຢ່າງດີ ຕາມເກນມາດຕະຖານເຕັກນິກ.

- ດ້ານພາລາມິຕິທາງເຕັກນິກໃນ 4 ເຂດຍຸດທະສາດ: ຜົນໄດ້ຮັບຫຼັກ: ຄ່າຄວາມແຮງຂອງສັນຍານ RSRP ໃນທຸກເຂດຢູ່ໃນເກນລະດັບດີ (ສະເລ່ຍ -70.00 dBm ຫາ -85.00 dBm). ຄວາມໄວໃນການດາວໂຫຼດສະເລ່ຍຢູ່ທີ່ 26.4 Mbps ຫາ 29.3 Mbps ແລະ ຄວາມໄວໃນການອັບໂຫຼດສະເລ່ຍຢູ່ທີ່ 30.8 Mbps. ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ໃນເຂດທີ່ມີຄວາມໜາແໜ້ນສູງ (ພະທາດຫຼວງ ແລະ ຕະຫຼາດເຊົ້າ) ຄ່າ SINR ມີຄວາມຜັນຜວນ ແລະ ຫຼຸດຕໍ່າລົງຢ່າງຊັດເຈນ. ພາບລວມຂອງເຄືອຂ່າຍ 4G LTE ໃນເຂດທົດສອບແມ່ນຈັດຢູ່ໃນເກນດີເລີດຕາມຕົວຊີ້ວັດປະສິດທິພາບຫຼັກ (KPI) ແລະ ສາມາດຕອບສະໜອງການໃຊ້ງານຄວາມໄວສູງໃນຊີວິດປະຈຳວັນໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ, ແຕ່ຍັງຄົງມີຂໍ້ຈຳກັດດ້ານຄຸນນະພາບສັນຍານ (SINR) ຫຼຸດລົງໃນພື້ນທີ່ແອອັດ.

- ດ້ານປັດໄຈ ແລະ ແນວທາງໃນການປັບແຕ່ງພາລາມິຕິທາງກາຍະພາບ: ຜົນໄດ້ຮັບຫຼັກ: ການວິເຄາະຄົ້ນພົບວ່າ ປັດໄຈຫຼັກທີ່ເຮັດໃຫ້ຄຸນນະພາບສັນຍານຜັນຜວນໃນເຂດໜາແໜ້ນແມ່ນເກີດຈາກສັນຍານລົບກວນລະຫວ່າງ Cell (Inter-cell Interference). ສະນັ້ນ, ແນວທາງຫຼັກໃນການແກ້ໄຂແມ່ນ ການປັບມູມອຽງຂອງເສົາອາກາດທັງທາງກົນຈັກ ແລະ ທາງໄຟຟ້າ. ການປັບແຕ່ງພາລາມິຕິທາງກາຍະພາບ (ໂດຍສະເພາະມູມອຽງເສົາອາກາດ) ແມ່ນມີຄວາມສຳຄັນຢ່າງຍິ່ງ ແລະ ເປັນວິທີການທີ່ມີປະສິດທິພາບສູງສຸດໃນການຄວບຄຸມການກະຈາຍສັນຍານ, ຫຼຸດຜ່ອນສັນຍານລົບກວນ, ແລະ ຍົກລະດັບຄຸນ

ນະພາບການໃຫ້ບໍລິການ (QoS) ໃນເຂດຕົວເມືອງໜາແໜ້ນ ໂດຍບໍ່
ຈຳເປັນຕ້ອງເພີ່ມກຳລັງສົ່ງຂອງສະຖານີຖານ.

ເພື່ອຍົກລະດັບຄຸນນະພາບການໃຫ້ບໍລິການໃຫ້ດີຂຶ້ນໃນ
ອະນາຄົດ, ຜູ້ໃຫ້ບໍລິການຄວນເນັ້ນໃສ່ການປັບແຕ່ງ ຄ່າ SINR ໃນເຂດ
ທີ່ມີການລົບກວນສູງ ໂດຍການບໍລິຫານຈັດການຊ່ອງສັນຍານ ແລະ
ການປັບທິດທາງເສົາອາກາດ. ນອກຈາກນີ້, ຄວນມີການຂະຫຍາຍຈຸດ
ທົດສອບໃຫ້ກວມເອົາເຂດຊານເມືອງຕື່ມອີກ ເພື່ອໃຫ້ເຫັນພາບລວມ
ຂອງເຄືອຂ່າຍຢ່າງຄົບຖ້ວນໃນທົ່ວຝື້ນທີ່.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມນັກຄົ້ນຄວ້າ ຂໍຢັ້ງຢືນວ່າ ບົດຄວາມວິຊາ
ການສະບັບນີ້ບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບບຸກຄົນ ຫຼື ອົງກອນ
ໃດໆ. ການຄົ້ນຄວ້ານີ້ຖືກດຳເນີນໄປດ້ວຍຄວາມໂປ່ງໃສທາງວິຊາການ
ແລະ ບໍ່ໄດ້ຮັບຜົນປະໂຫຍດທັບຊ້ອນຈາກພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ.
ຫາກມີການລະເມີດ ຫຼື ຂໍ້ຜິດພາດໃດໆເກີດຂຶ້ນ, ຜູ້ຂຽນຂໍຮັບຜິດຊອບ
ຕໍ່ເນື້ອຫາທັງໝົດແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

Baird, T., & O'Conner, G. (2018). Wireless
communication systems and the importance of
network optimization. *Journal of Mobile
Technology*, 22(1), 35-50.

Bounma, V., & Sivily, S. (2021). Telecommunication
infrastructure in Laos: Current status and
challenges. *Asian Journal of
Telecommunications*, 9(2), 88-97.

Chetthabouth, P. (2019). Telecommunications
infrastructure in Laos: Challenges and
opportunities for growth. *Journal of Southeast
Asian Telecommunications*, 2(1), 44-57.

Do, C., & Thao, P. (2017). A study on network
congestion and solutions for public events in
Laos. *Lao Communications Journal*, 6(2), 88-
101.

He, J., & Li, X. (2020). Wireless network performance
in crowded environments: A case study of
public events. *Journal of Mobile Network
Planning*, 28(3), 142-156.

Hossain, M., & Ali, M. (2018). Challenges in network
optimization: The case of public event
management. *IEEE Wireless Communications
Magazine*, 23(2), 19-27.

Kim, J., & Park, Y. (2020). Optimization of
beamforming and downtilt for improved

coverage in high-traffic areas. *Journal of
Network and Communication Studies*, 25(4),
142-158.

Lee, H., & Kim, T. (2017). Active antenna units for
wireless network optimization in dense
environments. *International Journal of
Communication Technology*, 35(2), 211-229.

Lin, F., & Zhou, Q. (2018). Advanced network
optimization techniques in urban settings.
Global Communications Technology Journal,
34(5), 332-345.

Nam, T., & Lai, H. (2021). Mobile communication
challenges in Southeast Asia: Focusing on the
Lao experience. *Journal of Asian
Communications*, 11(4), 225-240.

Nguyen, P., & Tran, M. (2019). Impact of AAU
deployment on network performance in urban
areas. *IEEE Transactions on Wireless
Communications*, 17(6), 1300-1310.

Vu, T., & Le, S. (2020). Deployment strategies for
active antenna units in high-density
environments. *Journal of Advanced Mobile
Networks*, 22(2), 80-93.

Xayaphone, S., & Lakanchanh, D. (2024). A study on
rainfall rate, temperature and rain attenuation of
Ka-Band satellite signal. *Souphanouvong
University Journal Multidisciplinary Research
and Development*, 10(4), 121-131.
<https://doi.org/10.69692/SUJMRD1004121>

Xu, Y., & Yuan, L. (2020). Impact of 5G technologies
on public event networks. *Future
Communication Networks*, 12(3), 101-114.

Zhang, S., & Li, Y. (2019). Network performance
improvement using AAUs in crowded public
spaces. *Mobile Network Design Journal*, 18(3),
122-136.

Zhao, W., Liu, Q., & Wang, X. (2018). Enhancing
mobile network performance with AAUs in
crowded environments. *Telecommunications
Review*, 43(5), 672-687.

ຕາຕະລາງທີ 1: ຄຸນລັກສະນະທາງເຕັກນິກຂອງອຸປະກອນ Huawei DBS3900

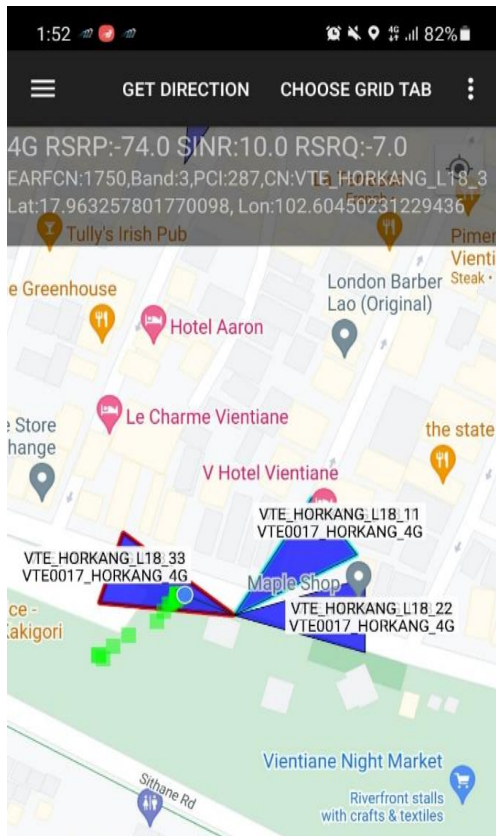
ລຳດັບ	ອຸປະກອນ	ໜ້າທີ່ຫຼັກ	ບອດສຳຄັນ
1	BBU3900	ປະມວນຜົນ Baseband	UMPT, UBBP, UPEU
2	RRU	ຮັບ-ສົ່ງ ແລະ ຂະຫຍາຍສັນຍານ RF	-
3	Antenna	ກະຈາຍສັນຍານສູ່ຜູ້ໃຊ້	Directional Antenna

ຕາຕະລາງທີ 2: ຄ່າສະເລ່ຍພາລາມິຕິ RSRP ແລະ SINR ໃນແຕ່ລະເຂດທົດສອບ

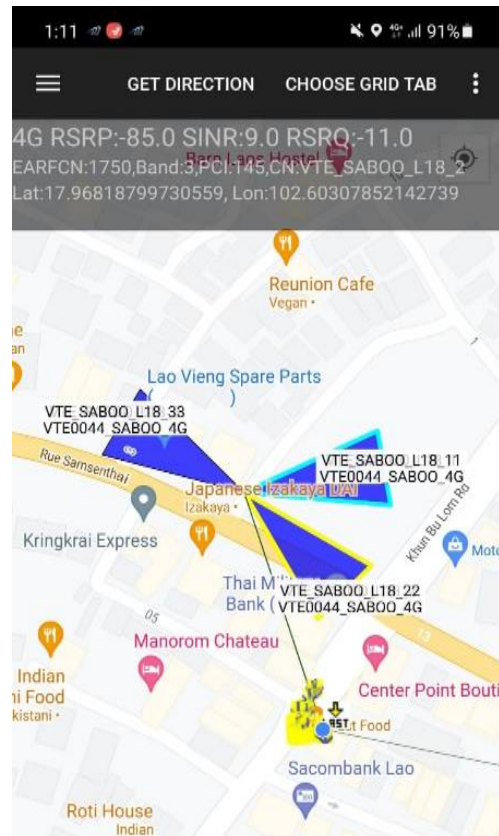
ລຳດັບ	ເຂດທົດສອບ	RSRP (dBm)	ຄ່າມາດຖານ RSRP	SINR (dB)	ຄ່າມາດຖານ SINR	ລະດັບຄຸນນະພາບ (ອີງຕາມເກນ KPI)
1	ເຂດແຄມຂອງ	-74	≥ -80 dBm	10	≥ 10 dB	ດີ
2	ເຂດສື່ຫອມ	-85	-80 ຫາ -90 dBm	9	6 ຫາ 10 dB	ປານກາງ ຫາ ດີ
3	ເຂດພະທາດຫຼວງ	-70	≥ -80 dBm	6	6 ຫາ 10 dB	ດີເລີດໃນດ້ານຄວາມແຮງ (ແຕ່ມີສັນຍານລົບກວນສູງ)
4	ອາຄານຕະຫຼາດເຊົ້າ	-72.57	≥ -80 dBm	7.5	6 ຫາ 10 dB	ດີ

ຕາຕະລາງທີ 3: ຜົນການທົດສອບຄວາມໄວ Throughput (FTP ແລະ Speed Test)

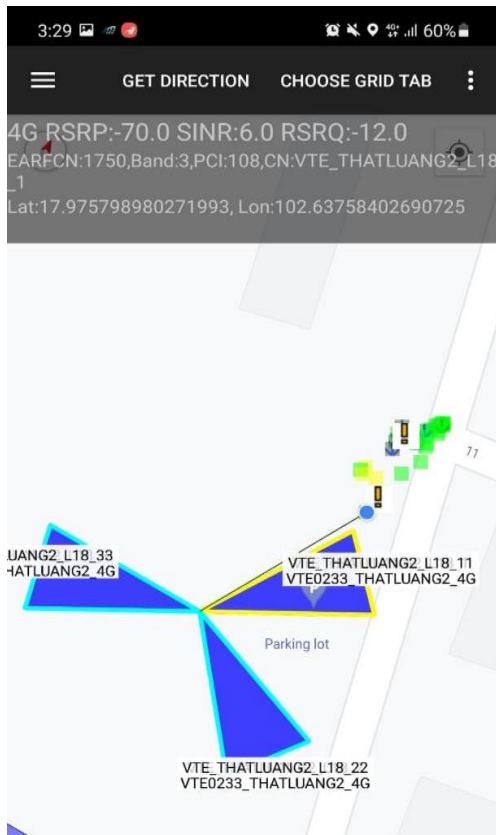
ລຳດັບ	ເຂດທົດສອບ / ຄັ້ງທີ	FTP Download (kbps)	Speed Test DL (Mbps)	Speed Test UL (Mbps)	ຄ່າມາດຖານສູງສຸດຂອງອຸປະກອນ
1	ອາຄານຕະຫຼາດເຊົ້າ (ຄັ້ງທີ 1)	28,357.24	29.3	30	Huawei DBS3900 (eNodeB): - ດາວໂຫຼດສູງສຸດ: 150 Mbps (Category 4) - ອັບໂຫຼດສູງສຸດ: 50 Mbps (Category 4)(ອີງຕາມ Bandwidth 20 MHz ພາຍໃຕ້ເຕັກໂນໂລຊີ 2x2 MIMO)
2	ອາຄານຕະຫຼາດເຊົ້າ (ຄັ້ງທີ 2)	31,022.48	23.5	31.6	
3	ຄ່າສະເລ່ຍລວມ	29,689.86	26.4	30.8	



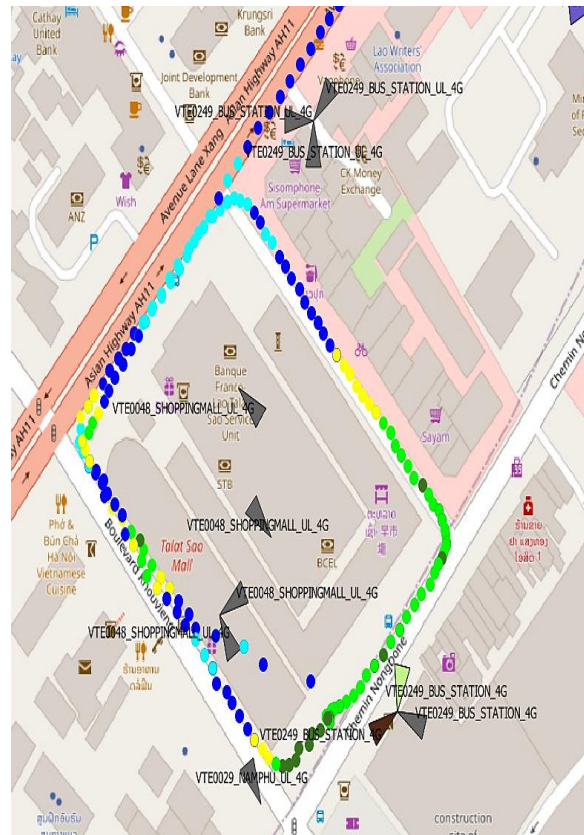
(ກ) ເຂດແຄມຂອງ



(ຂ) ເຂດສີ່ຫອມ

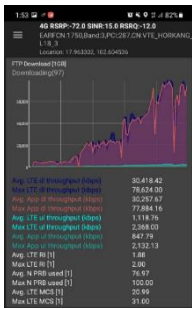


(ຄ) ເຂດພະທາດຫຼວງ

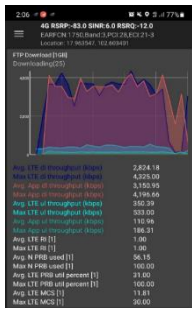


(ງ) ບໍລິເວນອ້ອມຮອບອາຄານຕະຫຼາດເຊົ້າ

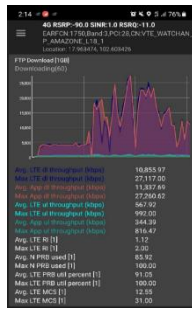
ຮູບທີ 1. ຜົນການວັດສັນຍານ 4G



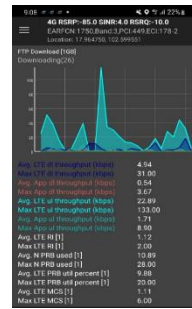
ຄັ້ງທີ 1



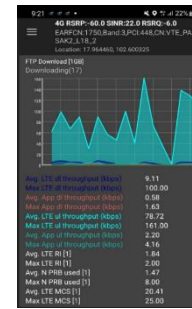
ຄັ້ງທີ 2



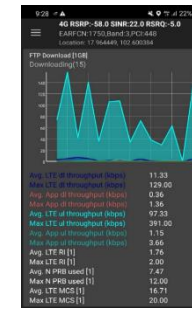
ຄັ້ງທີ 3



ຄັ້ງທີ 1



ຄັ້ງທີ 2

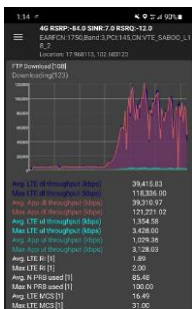


ຄັ້ງທີ 3

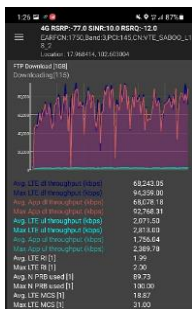
(ກ) ຕອນປາຍ, ຊ່ວງເວລາ 12:00–13:00 ໂມງ

(ຂ) ຕອນຄ່ຳ, ຊ່ວງເວລາ 18:00–19:00 ໂມງ

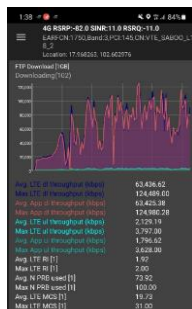
ຮູບທີ 2. ຜົນການທົດສອບ CQT FTP DL ເຂດແຄມຂອງ



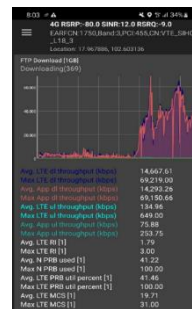
ຄັ້ງທີ 1



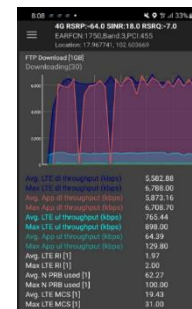
ຄັ້ງທີ 2



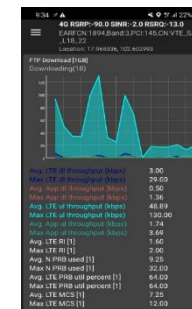
ຄັ້ງທີ 3



ຄັ້ງທີ 1



ຄັ້ງທີ 2

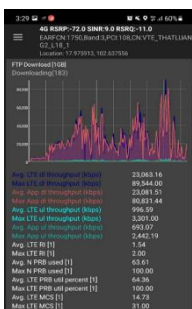


ຄັ້ງທີ 3

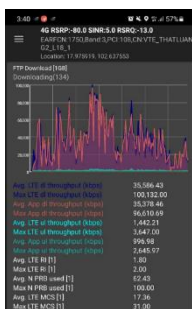
(ກ) ຕອນປາຍ, ຊ່ວງເວລາ 12:00–13:00 ໂມງ

(ຂ) ຕອນຄ່ຳ, ຊ່ວງເວລາ 18:00–19:00 ໂມງ

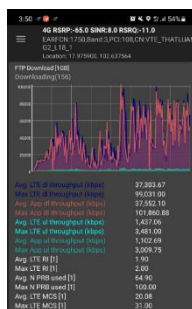
ຮູບທີ 3. ຜົນການທົດສອບ CQT FTP DL ເຂດສີຫມາກ



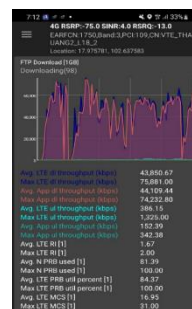
ຄັ້ງທີ 1



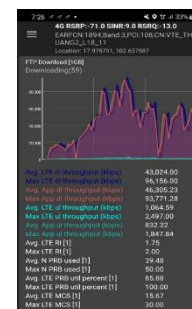
ຄັ້ງທີ 2



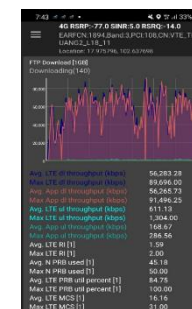
ຄັ້ງທີ 3



ຄັ້ງທີ 1



ຄັ້ງທີ 2

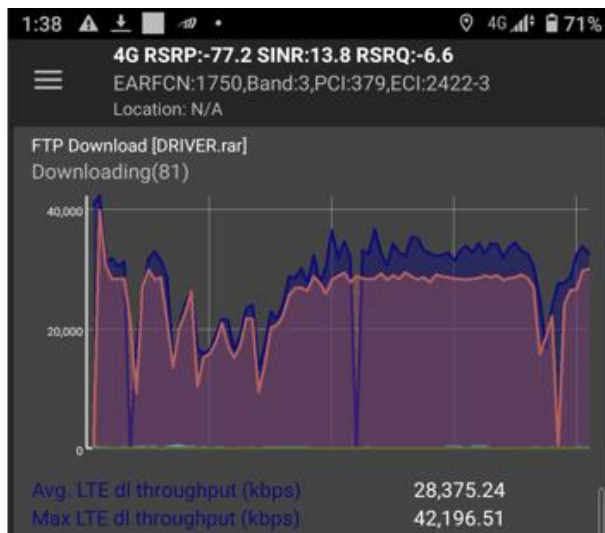


ຄັ້ງທີ 3

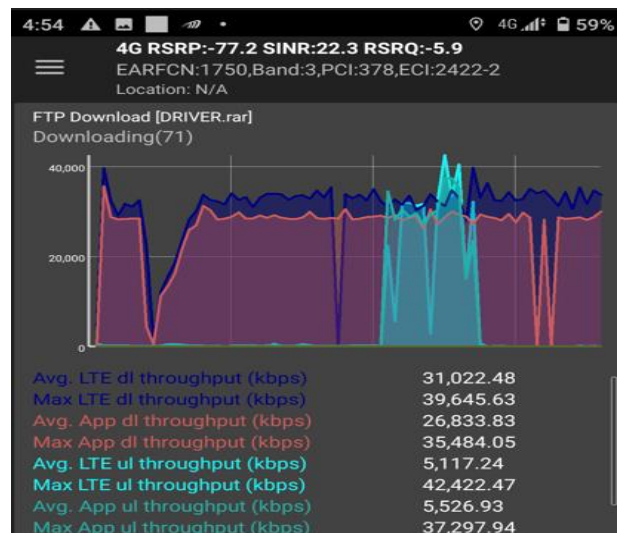
(ກ) ຕອນປາຍ, ຊ່ວງເວລາ 12:00–13:00 ໂມງ

(ຂ) ຕອນຄ່ຳ, ຊ່ວງເວລາ 18:00–19:00 ໂມງ

ຮູບທີ 4. ຜົນການທົດສອບ CQT FTP DL ເຂດພະທາດຫຼວງ



ຮູບທີ 1



ຮູບທີ 2

ຮູບທີ 5. ຜົນການທົດສອບ CQT FTP DL ບໍລິເວນອາຄານຕະຫຼາດເຊົ້າ