

4G-LTE Projects

- Εναλλαγή Κυψελίδων με Όριο (Threshold-based): Ορίστε μια οριακή τιμή για την ισχύ σήματος. Η εναλλαγή ενεργοποιείται όταν η ισχύς σήματος από τον τρέχοντα σταθμό βάσης πέσει κάτω από αυτό το όριο και ένας γειτονικός σταθμός βάσης προσφέρει ισχυρότερο σήμα.
- Εναλλαγή Κυψελίδων με Κόστος: Υλοποιήστε έναν πιο σύνθετο αλγόριθμο εναλλαγής κυψελίδων που λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως η εξισορρόπηση φόρτου, η ισχύς σήματος και η απόσταση.

Μοντελοποίηση Κινητικότητας UE και Εναλλαγής Κυψελίδων.

- Μοντέλα Κινητικότητας: Προσομοιώστε διάφορα πρότυπα κινητικότητας για τα UE.
- Τυχαία Κίνηση: Τα UE κινούνται τυχαία εντός του δικτύου.
- Γραμμική Κίνηση: Τα UE ακολουθούν μια ευθεία διαδρομή (π.χ. Προσομοίωση ενός οχήματος που κινείται κατά μήκος ενός δρόμου).
- Προσαρμοσμένες Διαδρομές (Προαιρετικό): Δημιουργήστε δίκες σας πιο πολύπλοκες γεννήτριες διαδρομών (μπορείτε να αξιοποιήσετε δεδομένα από κάποιο Dataset)
- Εκτέλεση Εναλλαγής Κυψελίδων: Όταν πληρούνται οι συνθήκες για την εναλλαγή (με βάση τον επιλεγμένο αλγόριθμο), προσομοιώστε τη διαδικασία εναλλαγής επανατοποθετώντας το UE στον νέο σταθμό βάσης. Κάθε νέα σύνδεση πρέπει να συνοδεύτε από ένα delay που προκύπτει από ένα σταθερό delay για την ανταλλαγή σημάτων και ένα μεταβλητό delay που εξαρτάται από το φορτίο του νέου σταθμού βάσης και την απόσταση του UE από τον σταθμό (ισχύς σήματος).

Προσομοίωση Συνθηκών Δικτύου.

- Μεταβαλλόμενος Φόρτος Δικτύου: Εισαγάγετε τυχαίες ή προκαθορισμένες μεταβολές στον φόρτο που διαχειρίζεται κάθε σταθμός βάσης (π.χ. Αριθμός συνδεδεμένων UE ή φόρτος κάθε συνεδρίας που εξυπηρετείτε από τον σταθμό βάσης).
- Μεταβαλλόμενη Ισχύς Σήματος: Μεταβάλλετε τυχαία την ισχύ σήματος με την πάροδο του χρόνου για να προσομοιώσετε συνθήκες του πραγματικού κόσμου όπως εξασθένηση, σκίαση και εμπόδια.

Ανάλυση Απόδοσης.

- Κύριες Μετρήσεις: Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, καταγράψτε μετρήσεις όπως:
- Καθυστέρηση Εναλλαγής: Ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση της εναλλαγής.
- Αριθμός Εναλλαγών: Ο συνολικός αριθμός των εναλλαγών που εκτελούνται από κάθε UE.
- Αποσυνδέσεις (Προαιρετικό): Καταμετρήστε τον αριθμό των αποσυνδεδεμένων κλήσεων ή συνεδριών δεδομένων κατά τη διάρκεια των εναλλαγών λόγω κακής ποιότητας σήματος ή υπερβολικής καθυστέρησης (απαιτεί να ορίσετε αρκετές ακόμα παραμέτρους στην προσομοίωση).
- Μεταβολή Σεναρίου: Προσομοιώστε σενάρια αλλάζοντας τον αριθμό των UE, την πυκνότητα των σταθμών βάσης, και τα πρότυπα κίνησης, και παρατηρήστε πώς μεταβάλλεται η απόδοση κάθε αλγορίθμου εναλλαγής.

Επιβλέπων: Γιάννης Κυριακόπουλος (ikyriakopoulos@isi.gr).

5 Προσομοίωση δικτύου με NS-3

Η εργασία εστιάζει στη δημιουργία προσομοίωσης δικτύου χρησιμοποιώντας το NS-3. Η προσομοίωση χωρίζεται σε δύο μέρη, (1) στην προσομοίωση μιας απλής σύνδεσης σημείου-προς-σημείο μεταξύ δύο κόμβων με UDP echo, και (2) προσομοίωση ενός πιο πολύπλοκου δικτύου με δυναμική δρομολόγηση, δημιουργία ροών πακέτων, εισαγωγή αποτυχίας συνδέσεων, και ανάλυση απώλειας πακέτων.

- **Μέρος 1. Προσομοίωση Σημείου-Προς-Σημείο:** Δημιουργήστε μια προσομοίωση με 2 κόμβους που συνδέονται μέσω σύνδεσης point to point. Ορίστε τα χαρακτηριστικά της σύνδεσης (ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων και καθυστέρηση) και αντιστοιχίστε διευθύνσεις ipv4 στις διεπαφές των κόμβων. Εγκαταστήστε δύο servers UDP echo στον κόμβο 1 σε διαφορετικές θύρες. Δημιουργήστε

4G-LTE Projects

δύο πελάτες UDP echo στον κόμβο 0. Εκτελέστε την προσομοίωση και καταγράψτε τα δεδομένα ροής (πακέτα, καθυστέρηση, εύρος ζώνης).

- **Μέρος 2. Προσομοίωση Δυναμικής Δρομολόγησης:** Δημιουργήστε ένα δίκτυο με 5 κόμβους με την παρακάτω τοπολογία:
 - Κόμβος 0 με Κόμβο 1
 - Κόμβος 1 με Κόμβο 2
 - Κόμβος 0 με Κόμβο 3
 - Κόμβος 3 με Κόμβο 4
 - Κόμβος 4 με Κόμβο 2

Ορίστε τις ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και τις καθυστερήσεις για κάθε σύνδεση. Η καθυστέρηση πρέπει να είναι ρυθμιζόμενη μέσω παραμέτρων από τη γραμμή εντολών. Εγκαταστήστε το internet stack και ορίστε τις διευθύνσεις IP για κάθε διεπαφή. Ενεργοποιήστε τη δυναμική δρομολόγηση και εισάγετε συμβάντα αποτυχίας συνδέσεων (π.χ., αποτυχία της σύνδεσης μεταξύ Κόμβου 0 και Κόμβου 1 στο 2ο δευτερόλεπτο και επαναφορά στο 3ο δευτερόλεπτο). Δημιουργήστε ροές πακέτων CBR (Constant Bit Rate) από τον Κόμβο 0 προς τον Κόμβο 2, αλλά και από τον Κόμβο 0 προς τον Κόμβο 3, με διαφορετικές ταχύτητες και χρόνους εκκίνησης. Εγκαταστήστε packet sinks στους κόμβους προορισμού για τη λήψη της κίνησης. Εφαρμόστε μια γρήγορη “επικοινωνία” μεταξύ των κόμβων για να ρυθμιστούν οι πίνακες διευθύνσεών τους, ώστε να μπορούν να επικοινωνούν πιο γρήγορα και χωρίς καθυστερήσεις κατά τη διάρκεια της κύριας προσομοίωσης.

Χρησιμοποιήστε την παρακολούθηση ροής (Flow Monitoring) για να καταγράψετε στατιστικά όπως μεταδοθέντα πακέτα, απωλεσθέντα πακέτα, εύρος ζώνης. Υπολογίστε το ποσοστό απώλειας πακέτων σε τακτά χρονικά διαστήματα και καταγράψτε τα αποτελέσματα σε αρχείο. Στο τέλος, συνοψίστε το συνολικό αριθμό πακέτων (μεταδοθέντα, απωλεσθέντα, ποσοστό απώλειας).

Σημειώσεις. Χρησιμοποιήστε ως γλώσσα εκτέλεσης τη C++ ή Python μαζί με τα Python bindings για το ns-3. Συνιστάται η χρήση του docker για την εγκατάσταση ενός container, μαζί με όλες τις απαραίτητες εξαρτήσεις για το NS-3.

Dockerfile για το container με ubuntu & NS-3:

```
FROM ubuntu:22.04
ENV DEBIAN_FRONTEND=noninteractive

RUN apt-get update && apt-get install-y \
    Software-properties-common \
    G++ \
    Python3 \
    Python3-pip \
    Git \
    Nano \
    Vim \
    Wget \
    Sudo \
    Net-tools \
    Iptutils-ping \
    Cmake \
    Build-essential \
```

4G-LTE Projects

```
Pkg-config

#ns-3 dependencies
RUN apt-get install-y \
    Libsqlite3-dev \
    Libxml2-dev \
    Libc6-dev \
    Python3-setuptools \
    Libgtk2.0-0 \
    Qt5-default \
    Gsl-bin \
    Libgsl-dev \
    Libgsl23 \
    Libgslcblas0 \
    Openmpi-bin \
    Openmpi-common \
    Openmpi-doc \
    Libopenmpi-dev \
    Autoconf \
    Cvs \
    Bzr \
    Unrar \
    Unrar-free \
    Unar \
    P7zip-full \
    P7zip-rar \
    Libcrypt20-dev \
    Clang

# GCC10
RUN add-apt-repository-y ppa:ubuntu-toolchain-r/test && \
    Apt-get update && \
    Apt-get install-y gcc-10 g++-10 && \
    Update-alternatives--install /usr/bin/gcc gcc /usr/bin/gcc-10 10 && \
    Update-alternatives--install /usr/bin/g++ g++ /usr/bin/g++-10 10

ENTRYPOINT ["/bin/bash"]
```

Επιβλέπουσα: Ζωή Πάνου (zpanou@isi.gr).