

**Implementación de Dos Casos de Uso para la Evaluación de Métricas Cualitativas en Redes
de Telecomunicaciones**

Marlelly Caicedo Valero

Facultad De Ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia

Programa De Ingeniería De Sistemas

M.Sc. Néstor Alzate Mejía

Santiago de Cali - Colombia

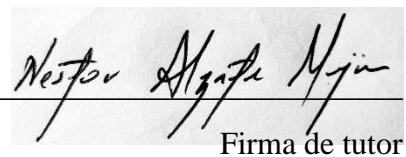
2020



Nota de aceptación:

Aprobado

Firma del presidente del jurado



Firma de tutor

Santiago de Cali, 30 de noviembre de 2020

RESUMEN

Debido al crecimiento en el uso de datos para la transmisión de información de las distintas funcionalidades de los dispositivos móviles, se ha hecho necesario que las redes de comunicaciones amplíen sus capacidades y servicios para soportar la gran demanda de dispositivos conectados requiriendo conexión a internet, las cuales son dispuestas por los operadores de redes de telecomunicaciones a nivel mundial lo que implica la necesidad de analizar y evaluar qué impacto generan estos comportamientos en la variedad de aplicaciones, tecnologías y ámbitos inherentes como son: el rango de cobertura en la señal, la incertidumbre de las conexiones y distintos puntos de conexión. Para realizar dichas evaluaciones se implementaron dos casos de uso los cuales evaluaron las métricas cualitativas en las redes de telecomunicaciones 5G que fueron simuladas, dichas métricas fueron utilizadas en las pruebas con el fin de identificar el impacto de estos cuando contienen incertidumbre asemejando las métricas cualitativas haciendo uso de las herramientas NS-3 y Matlab los cuales mediante algoritmos implementados en ellos se lograron obtener los resultados de esta investigación.

Palabras Claves: Handover, 5G, Cobertura de señales.

	Pág.
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	7
Planteamiento del problema	7
Formulación del problema	8
OBJETIVOS	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
JUSTIFICACIÓN	10
MARCO DE REFERENCIA	12
Marco teórico y conceptual	12
Marco Contextual	12
METODOLOGÍA	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
Casos de uso handover	16
Métricas cualitativas	33
Impacto de los parámetros en las métricas	33
Resultados de las simulaciones	34
CONCLUSIONES	37
REFERENCIAS	38

TABLA DE GRÁFICOS

Ilustración 1: Vías del tráfico vehicular.	18
Ilustración 2: Parámetros.	20
Ilustración 3: Rutas posibles a cambiar.	20
Ilustración 4: Ejemplo de rutas.	21
Ilustración 5: Ejercicio de simulación.	27
Ilustración 6: Sitio de modificaciones para ejecutar los ejercicios	27
Ilustración 7: Coordenadas para ser modificadas.	28
Ilustración 8: Ventana interfaz 1.	31
Ilustración 9: Ventana interfaz 2.	32
Ilustración 10: Simulación 1.	35
Ilustración 11: Simulación 2.	35
Ilustración 12: Simulación 3.	36

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:Cuadro comparativo de simuladores.....	22
--	----

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Planteamiento del problema

Las redes de telecomunicaciones fueron concebidas para tratar solo con aspectos de conectividad, haciendo énfasis en la confiabilidad, desempeño y tolerancia a fallos. Sin embargo, actualmente la conectividad de personas través de sus dispositivos móviles y distintas tecnologías, hacen posible tener una gran cantidad de información que describen los fenómenos y comportamientos de las personas, igualmente en la calidad y cobertura de la señal de acuerdo con la ubicación geográfica en donde se encuentra el dispositivo receptor. Esto se debe a que en la actualidad las plataformas de telefonía móvil tienen actualizaciones o ajustes por hacer, en cuanto a la configuración para el balanceo de cargas entre antenas y al tipo de señal ofrecida, de acuerdo con el desplazamiento constante de los usuarios y por ende de los dispositivos móviles. (Computerworld, 2015).

La interacción de las personas y los dispositivos que diario nos supervisan y nos dan reportes de nuestras actividades en línea, han transformado el rol de usuarios simples a elementos activos en las redes de telecomunicaciones. Por esta razón, las actividades humanas y el comportamiento del uso de distintas tecnologías pesan cada vez más en el rendimiento de estas redes, lo que ha creado nuevos horizontes para la administración de los recursos de estas mismas, por la creciente de incertidumbre, múltiples operaciones y evaluaciones de rendimiento; así mismo, el uso de las redes por parte de los usuarios hace posible realizar evaluaciones de métricas cualitativas en las redes de telecomunicaciones.

Debido a que este proyecto está enfocado en la evaluación de métricas cualitativas en las redes de telecomunicaciones, se evaluará mediante simulaciones. Los dos casos de uso que serán propuestos para la mejora del desempeño y rendimiento en las redes de telecomunicaciones.

Formulación del problema

¿Cómo estimar el desempeño de las redes de telecomunicaciones en las evaluaciones de métricas cualitativas en redes de telecomunicaciones?

OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar dos casos de uso para la evaluación de métricas cualitativas en las redes de telecomunicaciones.

Objetivos Específicos

- Desarrollar dos casos de uso en redes de telecomunicaciones para la validación de los parámetros propuestos.
- Establecer las métricas cualitativas que se utilizarán en las pruebas.
- Identificar el impacto de los parámetros en las métricas cuando contienen incertidumbre.

JUSTIFICACIÓN

Las redes de telecomunicaciones surgieron con el único fin de facilitar el intercambio de información y satisfacer las necesidades de comunicación. Sin embargo, los avances tecnológicos nos han llevado a través de los diferentes medios o dispositivos de comunicación como los teléfonos móviles que acceden a una gran cantidad de información y hace posible describir los fenómenos y comportamiento de las personas. Por lo anterior, el presente proyecto de investigación busca analizar y evaluar qué impacto genera el comportamiento humano en las redes de telecomunicaciones en la variedad de aplicaciones, tecnologías y ámbitos inherentes como son: el rango de cobertura en la señal, distintos puntos de conexión, entre otros.

Un problema, es el poder recuperarse de diferentes fallos, lo que conlleva a buscar y desarrollar investigaciones referentes a este tema, en donde los algoritmos comunes de difusión de paquetes son un punto importante de análisis; a su vez, existen diversas investigaciones enfocadas en plantear soluciones para que estos fallos no alteren la toma de decisiones en las aplicaciones que trabajan basadas en la información recolectada por la sociedad o por un grupo de usuarios finales. (Jmila, Houidi, & Zeghlache, 2014)

Esto justifica hacer el proyecto, analizar y estudiar los fallos que se presentan asociados en las incertidumbres de las redes de telecomunicaciones, independientemente al tipo de aplicación o tecnología en el que esté asociado.

Al ser un proyecto de investigación sobre un tema poco estudiado y de gran importancia, hará de acuerdo con los resultados de los dos casos de uso que se presenten nuevas y posibles mejoras en las redes de telecomunicaciones, funcionamiento y eficiencia de los recursos usados en las mismas.

MARCO DE REFERENCIA

Marco teórico y conceptual

En una generación antigua, donde las redes de telecomunicaciones estaban asociadas a tecnologías con ciertas características, tales como, tamaños grandes, pocas funciones y solo con una finalidad principal que era establecer comunicación entre equipos o dispositivos, se observa cada evolución que se ha realizado en ellas y como resultado se obtiene diferentes actualizaciones y diversas características implementadas para los seres humanos, por ejemplo, aplicaciones, navegación de internet, conexiones en dispositivos, entre otras.

De acuerdo con este comportamiento y evolución en las redes de telecomunicaciones donde se generan reportes de datos cualitativos en cada aplicación o dispositivo que manejamos, ha creado nuevos horizontes para simular los comportamientos del uso de estos y realizar simulaciones en las redes de telecomunicaciones mediante métricas establecidas.

Marco Contextual

Las redes inalámbricas se encuentran en constante cambio y actualización, esto debido a su alto uso por los dispositivos que a él se conectan, con este fin, este proyecto se centrará en analizar desde una perspectiva cualitativa, los índices de incertidumbre de las métricas de dichas redes. Se hace referencia a los fallos que se presentan en las redes de telecomunicaciones en los

cuales los usuarios se ven afectados en caída de señal, pérdida de paquetes, no transferencia de archivos y fallos en sus llamadas de voz.

Mediante este proyecto se logrará definir unas métricas de aceptación, por medio de la creación de dos casos de uso con los cuales se logrará hallar conclusiones para así emplear nuevas técnicas de medición que ayudarán a mejorar las incertidumbres dado que hoy día las empresas que proveen estos servicios no cuentan o no realizan estas mediciones preventivas de los escenarios donde se presentan las incertidumbres.

Los usuarios que utilizan las redes de telecomunicaciones se verán beneficiados con los resultados analizados de esta investigación debido a que se puede estandarizar y mejorar los fallos disminuyendo mantenimiento y aumentando mejor funcionamiento, que en definitiva se verá reflejado en los costos económicos que se trasladan directamente a nosotros como usuarios.

METODOLOGÍA

Para poder definir el tipo de investigación que se está llevando a cabo, se pretende realizar validaciones de métricas cualitativas de las redes de telecomunicaciones con lo cual se definió que el método de investigación es el experimental con enfoque descriptivo. Al describir las evaluaciones de las métricas en las redes de telecomunicaciones se usará técnicas y simulaciones para hallar estos datos en distintos escenarios de pruebas determinados en la investigación.

En este proyecto se seleccionará información de tipo primaria y secundaria, debido a que en el cronograma establecido se harán pruebas, simulaciones e investigaciones de los temas definidos y propuestos, seleccionando los dos casos de usos y realizando las evaluaciones necesarias para que se prueba analizar las métricas cualitativas en las redes de telecomunicaciones.

Las fuentes de información para la investigación de este proyecto se centran en: artículos, uso del simulador ns-3 y resultados de búsquedas en bibliotecas virtuales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se muestran a continuación forman parte del trabajo realizado como auxiliar de investigación, en el proyecto implementación de dos casos de uso para la evaluación de métricas cualitativas en redes de telecomunicaciones, como uno de los objetivos específicos que tiene el doctorado “*Desarrollo de un sistema de toma de decisiones bajo incertidumbre para la administración de recursos en redes centradas en humanos*” de la Universidad Politécnica de Catalunya, presentado por Néstor Alzate Mejía.

El cual trata de la investigación que se propone un sistema de toma de decisiones que maneje la incertidumbre de la información obtenida de las personas y dispositivos conectados, con el fin de administrar de una forma integral los recursos de redes centradas en humanos.

Seguidamente, se relacionan las validaciones realizadas en la ejecución del proyecto, las cuales tienen como referencia cada uno de los objetivos específicos de la investigación:

Casos de uso handover

desarrollar dos casos de uso en redes de telecomunicaciones para la validación de los parámetros propuestos.

Se realizó diferentes simulaciones donde se observe el punto inicial y el punto final de un dispositivo móvil que se encuentra dentro de un vehículo, trazando un camino que pase por los siguientes tipos de handover, siendo los dos casos de uso propuestos:

- Primer caso de uso:
 - ✓ Intra handover

- Segundo caso de uso:
 - ✓ Inter handover

Objetivos internos de cada caso de uso:

Analizar cómo la incertidumbre impacta en los recursos de la red, en este caso en los canales libres reservados para el proceso del handover.

Aplicaciones de movilidad:

El tipo de aplicaciones de movilidad a analizar, son las que ofrecen la integración de dos actores del transporte urbano, los usuarios que necesitan movilizarse y los conductores con vehículos disponibles en el momento que se solicite el servicio. Algunas aplicaciones de este tipo son, por ejemplo, Uber, Indriver, Cabify o DiDi.

El servicio de estas aplicaciones se ofrece en tiempo real y funcionan en teléfonos inteligentes, donde deberán estar instaladas tanto en los dispositivos de los usuarios como en el de los conductores.

En general el principio del funcionamiento de estas aplicaciones es el siguiente, un usuario en la aplicación selecciona un punto de origen y un punto destino al que necesita movilizarse. A continuación, la aplicación genera una ruta (trayecto origen-destino) que deberá seguir el conductor que acepte prestar el servicio.

La incertidumbre se presenta cuando se altera la ruta definida por la aplicación. Estas alteraciones en la ruta se pueden dar por diversas causas, ya sean de parte del usuario, del conductor o por cualquier incidente externo que impida el cumplir con la ruta programada. Por ejemplo, el usuario puede realizar solicitudes de cambiar la ruta para conocer algún lugar turístico, el conductor puede alterar la ruta para aumentar ganancias o por no transitar por zonas peligrosas; entre los incidentes externos, pueden estar el arreglo de vías, accidentes de tránsito, etc.

Estos cambios de ruta alteran la planeación de los recursos asignados, lo cual puede tener un impacto en la red, lo cual es lo que se pretende analizar.

Restricciones:

- El vehículo respetará el sentido de las vías y podrá cambiar de carril excepto en el penúltimo nodo antes de llegar al destino.
- El vehículo debe tomar recorridos que pasen más de dos veces por un mismo nodo.

Estructura del escenario

La imagen muestra un escenario urbano, en donde los bloques grises son los edificios y los bloques blancos son las vías por donde transitan los vehículos. Cada nodo blanco tiene una numeración, que a su vez indica el sector de una celda. Por ejemplo, los nodos 13, 1 y 2 pertenecen a la torre T1, los nodos 3,4,14 pertenecen a la torre T2 y así sucesivamente.

Referente a las vías, las flechas de color azul indican el sentido del tráfico vehicular. En los casos donde se encuentre las vías con dos nodos de amplitud, cada fila o columna de nodos representa un carril (lo cual indica una vía con dos carriles con el mismo sentido vehicular).

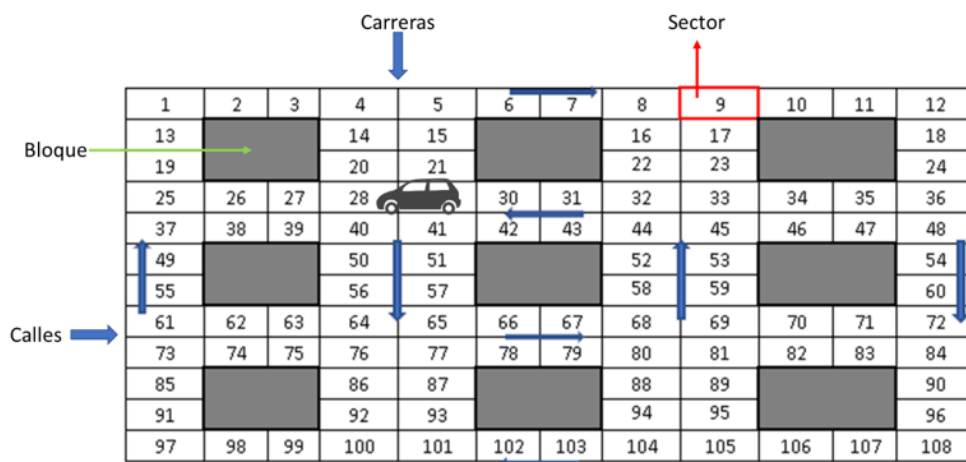


Ilustración 1: Vías del tráfico vehicular.

Parámetros generales

Los parámetros que se presentan a continuación serán ejecutados desde la herramienta Matlab, ya que se acomoda de acuerdo con sus funciones a las interfaces gráficas que se realizarán para realizar los casos de uso propuestos:

Referente a la calidad de voz, se obtiene:

- Llamada: La cual tiene como incidente la caída de red debido a que la red central no se encuentra en buenas condiciones y como impacto es generar un cliente insatisfecho

Calidad de paquetes:

- Pérdida de paquetes: genera error en la transmisión y como impacto da retraso en la navegación.

Parámetros de entrada

- → %nodo origen
- d → %Nodo destino - Los destinos no pueden estar en la calle sin (anden) ejemplo
- nodos (28-29-40-41)
- nspr → %Número de Simulaciones Por Ruta, se puede escoger hasta 100 (se puede aumentar,
- pero taca modificar script cargas.m
- num_fila_ruta → % Escoge la ruta a graficar después de la gráfica “ruta optima”

```

33
34 - o = 38; %nodo origen
35 - d = 43; %Nodo destino - Los destino no pueden estar en la
36 - nsim = 100; %Número de simulaciones de la misma ruta (o-d)
37 - nspr = 70; %Número de Simulaciones Por Ruta, se puede escoge
38 - num_fila_ruta = 8; % Escoge la ruta a graficar despues de la la graf
39 % menu('Escoja el tipo de carga', 'Carga alta', 'Carga media', 'Carga baja')
40 % o = input('Digite el punto de partida:');
41 % d = input('Digite el punto de llegada:');
42 % nsim = input ('Digite el número de simulaciones');

```

Ilustración 2:Parámetros.

Posibles rutas entre nodo origen y nodo destino

En la siguiente imagen se ven las probabilidades de cambio de ruta asignadas a cada nodo. Primero se calcula la ruta óptima. Después, siguiendo la ruta óptima cada vez que llegue a un nodo con una probabilidad mayor a cero se define si toma otra ruta o continua por la ruta óptima.

0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	T1	T2	0.2	0.1	T5	T6	0.4	0.0	T9	T10	0.0	0.0
0.0	T3	T4	0.0	0.2	T7	T8	0.2	0.2	T11	T12	0.0	0.0
0.0	0.0	0.6	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0.4	0.1	0.2	0.3	0.3
0.0	0.6	0.1	0.3	0.1	0.4	0.2	0.5	0.3	0.1	0.0	0.3	0.3
0.0	T13	T14	0.1	0.1	T17	T18	0.2	0.3	T21	T22	0.0	0.0
0.0	T15	T16	0.0	0.1	T19	T20	0.3	0.3	T23	T24	0.0	0.0
0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0
0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
0.0	T25	T26	0.1	0.5	T29	T30	0.5	0.0	T33	T34	0.0	0.0
0.0	T27	T28	0.0	0.4	T31	T32	0.2	0.3	T35	T36	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0

Ilustración 3: Rutas posibles a cambiar.

Si se define cambiar la ruta, el programa valida las probabilidades de los nodos que contiguos por los que podría seguir (según lo permita el sentido de las vías).

Ejemplo: estando en el nodo 4 el programa evalúa si continúa por el nodo 5, 14 o 15 que cuentan con probabilidades de 0.3, 0.6 y 0.1 respectivamente.

1	1	2	1	3	1	4	0.3	5	0.6	6	1	7	1	8	1	9	1	10	1	11	1	12	
1	T1					T2	0.6	0.1	0.4					T5	T6					T9	T10		
13							14	0.2	15														
1								19	0.5	0.3	0.7												
1									20	0.2	21												
1	T3					T4	0.8	0.2	0.6					T7	T8					T11	T12		
25	0.8	26	0.6	27	0.1	28	0.2	29	0.4	30	0.6	31	0.2	32	0.6	33	0.8	34	0.8	35	0.3	36	
1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.8	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	
37	0.8	38	0.6	39	0.3	40	0.1	41	0.4	42	0.6	43	0.5	44	0.8	45	0.8	46	0.8	47	0.5	48	
1	T13					T14	0.5	0.2	0.3														
49							50	0.1	51					T17	T18					T21	T22		
1								55	0.7	0.2	0.7												
0.5									56	0.2	57			T19	T20					T23	T24		
0.5	T15					T16	0.5	0.3	0.5														
61	0.5	62	0.6	63	0.4	64	0.4	65	0.4	66	0.7	67	0.8	68	0.1	69	0.5	70	0.7	71	0.8	72	
0.5	0.1	0.1	0.3	0.2	0.4	0.5	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1	
73	0.4	74	0.6	75	1	76	0.4	77	0.3	78	0.7	79	0.8	80	0.6	81	0.3	82	0.7	83	0.8	84	
1																							
85																							
1																							
1																							
91																							
1																							
97	1	98	1	99	1	100	1	101	1	102	1	103	0.6	104	0.5	105	1	106	1	107	1	108	

Ilustración 4: Ejemplo de rutas

Así continua la simulación en cada nodo hasta el antepenúltimo, donde se obliga a llegar al último nodo.

Análisis y selección del simulador

En el análisis para diseñar y validar los dos casos de uso para este proyecto, se realizan búsquedas de simuladores que cumplieran con la necesidad del proyecto en sus simulaciones y se encontraron los siguientes como se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 1: Cuadro comparativo de simuladores

Simuladores					
Características	Matlab	Net2plan	Ns-3	Gns3	Netsim
Licenciamiento educativo gratuito	X				
Licenciamiento educativo público		X	X	X	
Código abierto		X	X	X	
Manuales de entendimiento			X		
Programación en tiempo real			X		X
Interconexión entre máquinas virtuales			X		
Documentación	X		X		X
Total	2	2	6	2	2

Por lo anterior, es seleccionado el simulador NS-3 basado en redes inalámbricas ya que cumple con todas las funciones requeridas por el proyecto. (Attribution-ShareAlike, s.f.)

Adicional de escoger la herramienta para simular, se escoge también la herramienta Matlab para realizar las interfaces que son las que nos permitirá visualizar de manera coherente los resultados de las simulaciones realizadas.

Instalación del simulador NS-3

Con el fin de iniciar la instalación y realiza los siguientes pasos:

El simulador NS-3 solamente es compatible con el sistema operativo Ubuntu “versión 18.4”, por tal razón fue necesario instalar máquina virtual con dicho sistema operativo.

Como complemento se procede a la instalación de las siguientes librerías:

- `apt-get install gcc g ++ python python3`
- `apt-get install gcc g ++ python python3 python3-dev`
- `apt-get install python3-setuptools git mercurial`
- `apt-get install qt5-default mercurial`
- `apt-get install python-pygraphviz python-kiwi python-pygoocanvas libgoocanvas-dev ipython`
- `apt-get install gir1.2-goocanvas-2.0 python-gi python-gi-cairo python-pygraphviz`

python3-gi python3-gi-cairo python3-pygraphviz gir1.2-gtk-3.0 ipython ipython3

- apt-get install openmpi-bin openmpi-common openmpi-doc libopenmpi-dev
- apt-get install autoconf cvs bzip2 unrar
- apt-get install gdb valgrind
- apt-get install uncrustify
- apt-get install doxygen graphviz imagemagick
- apt-get install texlive texlive-extra-utils texlive-latex-extra texlive-font-utils dvipng latexmk
- apt-get install tcpdump
- apt-get install sqlite sqlite3 libsqlite3-dev
- apt-get install libxml2 libxml2-dev

- `apt-get install libgtk2.0-0 libgtk2.0-dev`

- `apt-get install vtun lxc uml-utilitie`

Se instala g++ python 3.6 y git desde la máquina virtual con los siguientes comandos:

- `yum instalar gcc-c ++ Python`

Adicional, se instala los siguientes directorios para el enrutamiento de la ejecución en el momento de simular:

- `./waf --disable-python configure`
- `./waf --enable-sudo configure`
- `./build.py`

La función que realiza estos directorios es de encontrar la ruta en el simulador donde se realizan las respectivas modificaciones y así correr el dispositivo entre las cuadras y las torres que tienen señal asignada. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>, s.f.)

Indicando el camino que tomará el dispositivo móvil de acuerdo con cada ruta tomada o establecida por el sistema que tenga asignado, donde los cuadros grises son las cuatro torres que generan la señal de cada handover, el cual cada uno tiene asignado un rango de cobertura donde se encuentra la señal y los cuadros blanco corresponden a las cuadras por donde se dirigen a recorrer el camino solicitado por el usuario final.

El siguiente script es la ruta de directorios donde se ingresa ya que ahí es donde permite realizar las modificaciones de las torres para las simulaciones:

- `nam@ubuntu:~/workspace/ns-allinone-3.30/ns-3.30/src/lte/examples$ nano lena-x2-handover-measures.cc`

El siguiente script es la ruta de directorios donde se ejecuta la simulación para validación de movimientos:

- `/ns-3.30$ sudo ./waf --run lena-x2-handover-measures --vis`

Entendimiento del lenguaje

Se procede con el entendimiento, realizando el siguiente ejercicio en repetidas ocasiones hasta realizar la ejecución de este.

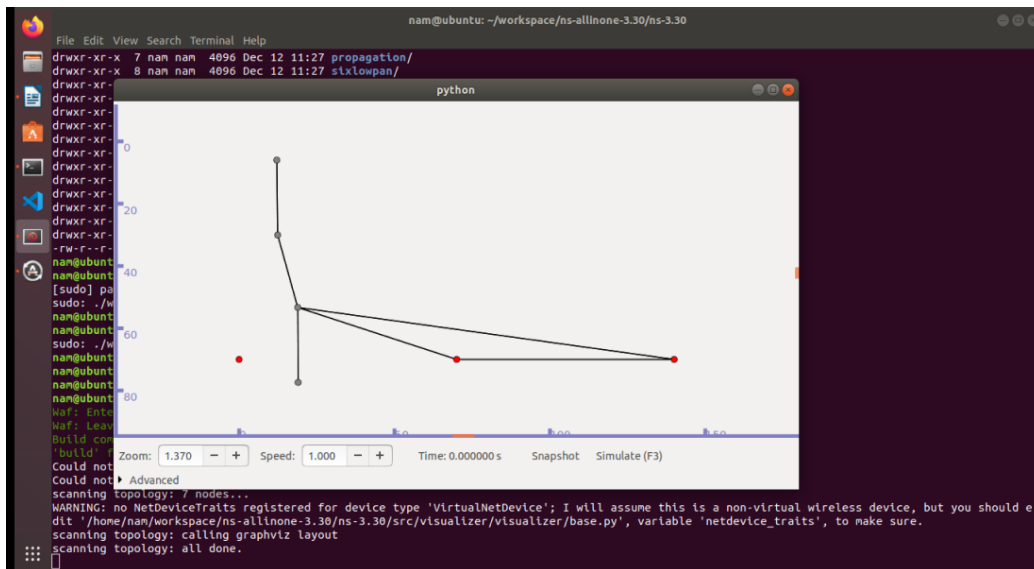


Ilustración 5: Ejercicio de simulación.

Para realizar la adecuación y configuración final del simulador se realizan las siguientes modificaciones ilustradas en la imagen.

The figure shows a code editor with the file explorer on the left and the source code for 'lena-x2-handover-measures.cc' on the right. The code includes various configuration parameters for the simulation, such as the number of users, number of eNBs, distance, speed, and power. Several values are highlighted with red boxes.

```

lena-x2-handover-measures.cc
132 // LogComponentEnable ("EpcX2", logLevel);
133 // LogComponentEnable ("EpcSgwPgwApplication", logLevel);
134
135 // LogComponentEnable ("LteEnbRrc", logLevel);
136 // LogComponentEnable ("LteEnbNetDevice", logLevel);
137 // LogComponentEnable ("LteUeRrc", logLevel);
138 // LogComponentEnable ("LteUeNetDevice", logLevel);
139 // LogComponentEnable ("A2A4RsrqHandoverAlgorithm", logLevel);
140 // LogComponentEnable ("A3RsrqHandoverAlgorithm", logLevel);
141
142 uint16_t numberOfUes = 1;
143 uint16_t numberOfEnbs = 2;
144 uint16_t numBearersPerUe = 0;
145 double distance = 70.0;
146 double yForUe = 70.0; // m
147 double speed = 20; // m/s
148 double simTime = (double)(numberOfEnbs + 1) * distance / speed;
149 double enbTxPowerDbm = 46.0;

```

Ilustración 6: Sitio de modificaciones para ejecutar los ejercicios

3 matrices de 100*108, en donde cada una de las filas representan los diferentes valores de números de canales para cada uno de los 108 nodos que están en el escenario.

Estos ciclos son los encargados de generar los valores del número de canales disponibles para realizar el handover. La probabilidad de que existan cero canales (lo que haría fallar el handover) es lo que se busca.

```
% Carga alta 4.8% → 1/21

for i=1:100

calta(i,:)=randi([0 20],1,108);

end

% Carga media 3.2% → 1/31

for i=1:100

cmedia(i,:)=randi([0 30],1,108);

end

for i=1:100

% Carga baja 2% → 1/51

cbaja(i,:)=randi([0 50],1,108);

end
```

Para poder contar con resultados estadísticamente confiables, cada evaluación se hace 30 veces. En cada una de esas iteraciones lo que varía son los números de canales disponibles para cada nodo, para los tres tipos de cargas.

Creación de las interfaces:

Con los dos casos de uso identificados, analizados y simulados por medio de la herramienta de NS-3 se procede a hacer las interfaces para ejecutar y visualizar de manera coherente los resultados.

Instalación

Para realizar dicha elaboración de las interfaces se hace la instalación del aplicativo Matlab versión R2020 cuya licencia educativa es otorgada por la Universidad Cooperativa de Colombia para realizar dichas funciones.

Elaboración

Como parte de la elaboración de actividades propuestas del proyecto “Implementación de dos casos de uso para la evaluación de métricas cualitativas en redes de telecomunicaciones” se implementó una serie de ventanas “interfaces” destinadas a los usuarios finales.

Ventana N° 1

Esta ventana tendrá campos y botones que sirvan para ingresar la información solicitada y parametrizada por el usuario. Estos datos van a ser manejados por las variables:

- TccA
- Fprintf

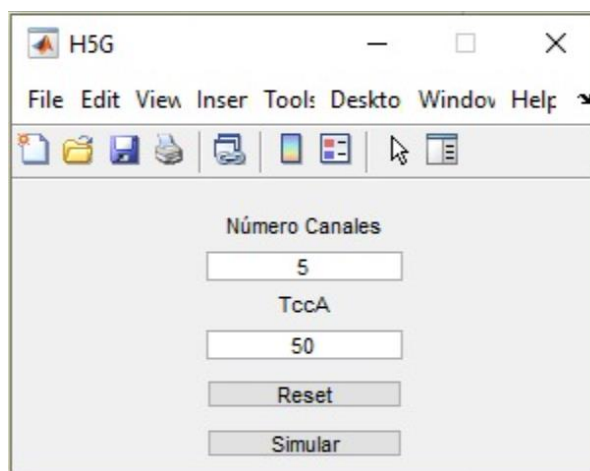


Ilustración 8: Ventana interfaz 1.

Correspondientes a números de canales y las torres por cada calle, las cuales se encuentran en el código H5G_v5 del Sr. Néstor Mejía.

Ventana N° 2

Esta ventana contiene los campos de carácter numérico donde se ingresa por parte del usuario final la información que se requiera parametrizar en el momento de hacer la ruta estimadas y generadas desde la aplicación.

Variables:

- Origen
- Destino
- Simulaciones
- Ruta
- Filas



Ilustración 9. Ventana interfaz 2.

Este desarrollo nos refleja y nos dan como conclusión que los datos son el insumo para el inicio del procesamiento de las métricas cualitativas por parte del algoritmo desarrollado por el Sr. Néstor Mejía.

Luego de que el algoritmo procese y refleje mediante las ventanas, generaría las métricas y los resultados para ser mostrados de manera coherente al usuario final.

Métricas cualitativas

Como se menciona anteriormente; en la última década, el uso de Internet ha experimentado un crecimiento muy elevado en las tecnologías. Esta circunstancia se ha traducido en nuevos comportamientos cada vez más dinámicos e inciertos, caracterizados por un gran volumen de datos que deben ser convertidos rápidamente en información útil para las organizaciones. Es en este punto donde los KPI han pasado a desempeñar un importante rol como herramienta útil para reducir la incertidumbre y poder tomar decisiones objetivas basadas en información relevante. Se utiliza en este proyecto métricas que fueron definidas mediante parámetros cualitativos, los cuales son:

- Bueno
- Regular
- Malo

Se evaluaron las métricas cualitativas por medio de KPI, como inicio de la definición de una metodología para tener en cuenta la incertidumbre de lo cualitativo.

Impacto de los parámetros en las métricas

El alcance de este objetivo específico está aún en proceso de definición ya que se tiene algunos avances, pero se necesita de más para identificar el impacto como tal de la incertidumbre.

Y como este proyecto es un objetivo específico de un doctorado, continuara siendo analizado.

Resultados de las simulaciones

Los resultados se guardan en una matriz de resultados donde cada una de las columnas representa los siguiente:

- Columna 1: Indica la ruta analizada
- Columna 2: Total de salto de la ruta
- Columna 3: GoS con Carga alta
- Columna 4: GoS con Carga media
- Columna 5: GoS con Carga baja

Los resultados de las columnas 3,4 y 5 son el promedio resultante de las 30 simulaciones aplicada a cada una de las rutas.

Simulaciones

Se realizan varias simulaciones para los dos casos de uso, donde se visualizan las rutas de los vehículos que transitan el recorrido y siendo modificadas en los nodos para hacer el cambio de camino, según cada imagen:

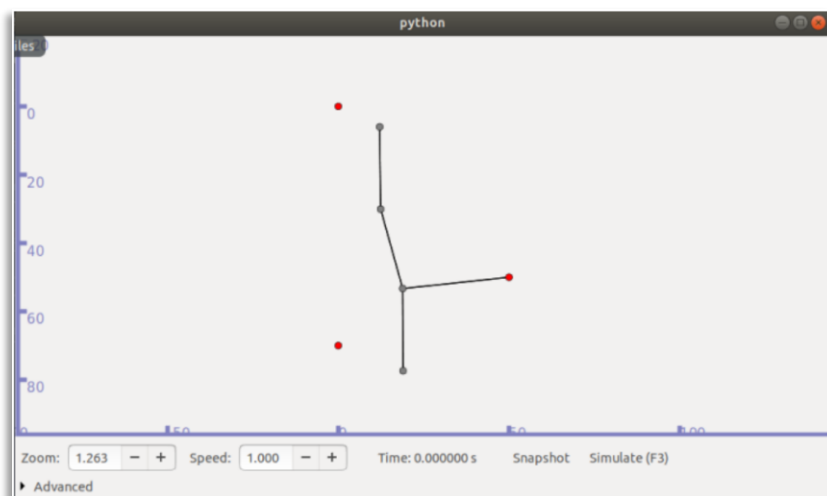


Ilustración 10: Simulación 1.

Esta imagen nos muestra como va pasando el dispositivo móvil entre las calles haciendo una especie de ronda, siendo así los círculos grises las torres y los círculos rojos los puntos de inicio y de parada final; también se visualiza un tercer círculo rojo el cual es producto de una modificación en el transcurso de la llegada al punto final.

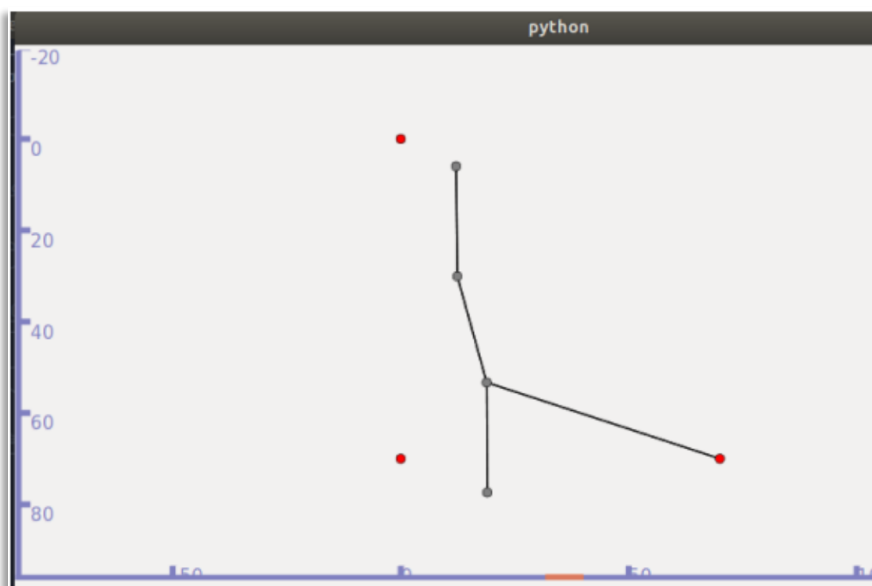


Ilustración 11: Simulación 2.

En la siguiente simulación se visualiza que el usuario final solicita el punto de origen y destino de la misma manera, pero selecciona una ruta más lejana por lo que se aleja el primer círculo rojo a la primera torre realizando un camino diagonal llegando así un poco más tarde al destino final solicitado por el usuario.

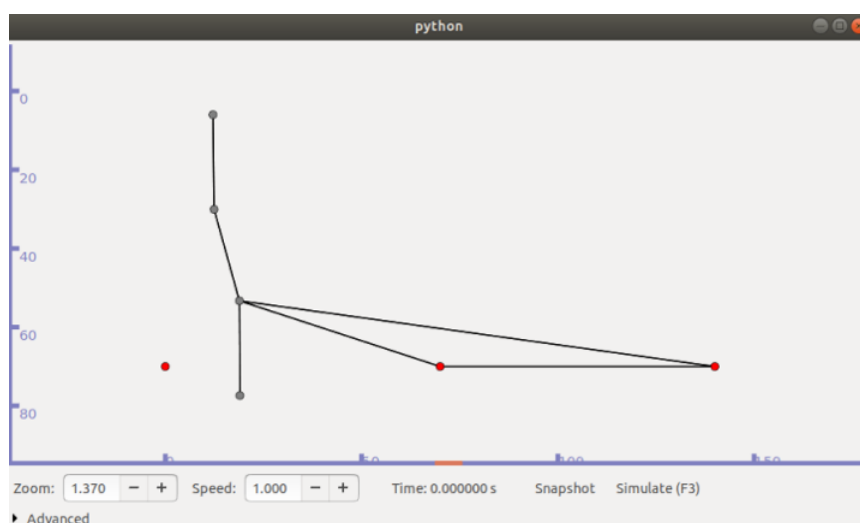


Ilustración 12: Simulación 3.

De acuerdo con la siguiente simulación, se evidencia una falta de claridad por parte del usuario en el momento de elegir la ruta, recorriendo varias veces el mismo punto y pasando de manera repetida por las calles y torres, modificando en varias ocasiones el punto origen y e punto destino; dando como conclusión más demora en el momento de llegar al punto final.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta cada uno de los objetivos específicos de este proyecto, se logró hacer un estudio de varios simuladores de red logrando identificar que ningún simulador maneja métricas cualitativas, por lo que se determinó en conjunto con el tutor Néstor Alzate Mejía implementar una nueva metodología a través de métricas cualitativas, tales como:

- Buena
- Mala
- Regular

De acuerdo con los valores anteriores, se define hacer una valoración y una correlación con los KPI que son métricas cuantitativas; de tal modo que se lograra ingresar los parámetros propuestos a cada una de las simulaciones realizadas en las herramientas seleccionadas.

Se logró hacer las instalaciones correspondientes de los dos softwares seleccionados, los cuales permitieron hacer las simulaciones y las interfaces oportunas sobre los dos casos de uso propuestos en el primer objetivo específico.

En el paso a paso de estas instalaciones surgieron varios inconvenientes, tales como: falta de conocimiento, fallas en el equipo de cómputo y la falta de manejo en las dos herramientas, las cuales conllevo a nuevas investigaciones y como finalidad obtener más experiencia y comprensión, teniendo así un mejor manejo de ambas herramientas logrando sacar a flote el objetivo propuesto.

REFERENCIAS

- Kabir, S., Ripon, S., Rahman, M., & Rahman, T. (2014). Knowledge-based Data Mining Using Semantic Web. *IERI Procedia*, 7, 113–119.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ieri.2014.08.018>
- Henning, K., Lukas, W., & Wolfgang, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. *VDI Nachrichten 13*.
- Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2014). Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(1), 414–454. <https://doi.org/10.1109/SURV.2013.042313.00197>
- Shih, Y.-S., Samani, H., & Yang, C.-Y. (2016). Internet of Things for human — Pet interaction. *2016 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, 1–4.
<https://doi.org/10.1109/ICSSE.2016.7551607>
- Ashton K. (2009). “That ’internet of things’ thing in the real world, things matter more than ideas. *RFID Journal*. Retrieved from <http://www.rfidjournal.com/article/print/4986>
- Jazdi, N. (2014). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*, 1–4.
<https://doi.org/10.1109/AQTR.2014.6857843>

- Soursos, S., Žarko, I. P., Zwickl, P., Gojmerac, I., Bianchi, G., & Carrozzo, G. (2016). Towards the cross-domain interoperability of IoT platforms. *2016 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, 398–402. <https://doi.org/10.1109/EuCNC.2016.7561070>
- Conti, M., Passarella, A., & Das, S. K. (2017). The Internet of People (IoP): A new wave in pervasive mobile computing. *Pervasive and Mobile Computing*, *41*, 1–27.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2017.07.009>
- Wollschlaeger, M., Sauter, T., & Jasperneite, J. (2017). The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, *11*(1), 17–27. <https://doi.org/10.1109/MIE.2017.2649104>
- Kreutz, D., Ramos, F. M. V, Veríssimo, P. E., Rothenberg, C. E., Azodolmolky, S., & Uhlig, S. (2015). Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey. *Proceedings of the IEEE*, *103*(1), 14–76. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2014.2371999>
- Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., & Xu, L. (2016). Edge Computing: Vision and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, *3*(5), 637–646. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2579198>
- Fraile, F., Flores, J. L., Poler, R., & Saiz, E. (2019). Software-Defined Networking to Improve Cybersecurity in Manufacturing Oriented Interoperability Ecosystems. In K. Popplewell, K.-D. Thoben, T. Knothe, & R. Poler (Eds.), *Enterprise Interoperability VIII* (pp. 31–41). Springer International Publishing.

- Sheth, A. (2016). Internet of Things to Smart IoT Through Semantic, Cognitive, and Perceptual Computing. *IEEE Intelligent Systems*, 31(2), 108–112. <https://doi.org/10.1109/MIS.2016.34>
- Fabris, A. (2018). *Ethics of Information and Communication Technologies* (1st ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75511-3>
- Vitali-Rosati, M., & Desrochers, N. (2018). L'écrivaine, l'écrivain en recherche. *Mémoires Du Livre*, 9(2). <https://doi.org/10.7202/1046983ar>
- Sharma, S., Kumar, A., & Rana, V. (2017). Ontology Based Informational Retrieval System on the Semantic Web: Semantic Web Mining. *2017 International Conference on Next Generation Computing and Information Systems (ICNGCIS)*, 35–37. <https://doi.org/10.1109/ICNGCIS.2017.21>
- Jung, W.-S., Kim, H.-S., Jeon, J., & Kim, S.-J. (2016). The impact analysis of network quality for the smart space. *2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Asia (ICCE-Asia)*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/ICCE-Asia.2016.7804743>
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zuhlke, D. (2014). Human-machine-interaction in the industry 4.0 era. *2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 289–294. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2014.6945523>
- Cearley, D., Burke, B., Furlonger, D., Kandaswamy, R., & Litan, A. (2019). Top 10 Strategic Technology Trends for 2019. In *Gartner* (Issue March 2019).