

APROXIMACIÓN A LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

Gustavo H. Rodríguez Rodríguez, Pablo V. Hernández Morera, Carmen N. Ojeda Guerra, Ernestina A. Martel Jordán, Elsa M. Macías López, Carlos Ramírez Casañas

*Departamento de Ingeniería Telemática
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)
e-mail: grodri@cma.ulpgc.es*

RESUMEN: En este artículo se describe un módulo de prácticas diseñado para los alumnos de primer curso de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de la ULPGC en el que se simulan ciertos aspectos de un sistema de telefonía móvil celular (STMC). Los principales objetivos que se han perseguido son presentar a los alumnos la programación de computadores como una disciplina claramente relevante dentro del ámbito de las telecomunicaciones, y al mismo tiempo favorecer que los alumnos puedan ir descubriendo las conexiones que existen entre las distintas materias del plan de estudios desde los primeros cursos.

1.- INTRODUCCIÓN

En la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de la ULPGC se imparten las asignaturas Algorítmica y Programación. Se trata de dos asignaturas ubicadas en el primer y segundo cuatrimestre, respectivamente, del primer curso de las titulaciones: Sistemas de Telecomunicación, Sonido e Imagen, Sistemas Electrónicos y Telemática.

Desde hace algunos años, los profesores que impartimos docencia en las asignaturas anteriores hemos adoptado un modelo de prácticas basado en la resolución de un problema global de carácter práctico que orienta o actúa como hilo conductor de todas las prácticas que se realizan a lo largo del curso. De este modo, el alumno utiliza las estructuras de datos y de control adecuadas para cada subproblema concreto, incrementa modularmente los programas utilizando la comunicación a través de parámetros y se da cuenta de que cada uno de los subproblemas resueltos forman parte de un todo, es decir, están relacionados de alguna forma y proporcionan la solución de un problema más complejo. Así, por ejemplo, en [Ramírez96] se presenta la realización de un simulador de un lenguaje ensamblador para una máquina virtual, en la que son abarcados todos los bloques de contenidos que configuran las asignaturas [Martel96]. [Ojeda97].

En cada curso académico se ha intentado que el problema vaya enfocado a algún tema en particular de los currículos de alguna de las cuatro titulaciones que se imparten en la E.U.I.T.T. de la ULPGC. Así, por ejemplo, el simulador de un lenguaje ensamblador para una máquina virtual presentado en [Ramírez96], está especialmente relacionado con el currículo de la titulación de Sistemas Electrónicos, aunque dichas prácticas se imparten por igual para las cuatro titulaciones. Con ello se pretende que en la formación del alumno no solamente se incluyan temas específicos de su especialidad.

En este artículo se describe un módulo de prácticas donde se propone la simulación de ciertos aspectos de un STMC, tema que está especialmente relacionado con el plan de estudios de las titulaciones de Telemática y Sistemas de Telecomunicación. Uno de los principales objetivos propuestos ha sido conseguir que los alumnos no consideren las asignaturas Algorítmica y Programación como materias “ajenas” o poco útiles para su titulación, empleando temas de actualidad y que conecten con sus intereses. Esta dificultad es comprensible, debido a que en primer curso los alumnos no han cursado asignaturas específicas de su titulación, y con sus conocimientos previos es difícil reconocer la enorme importancia y utilidad que el software y la programación tienen en todos los ámbitos del mundo científico y tecnológico hoy en día.

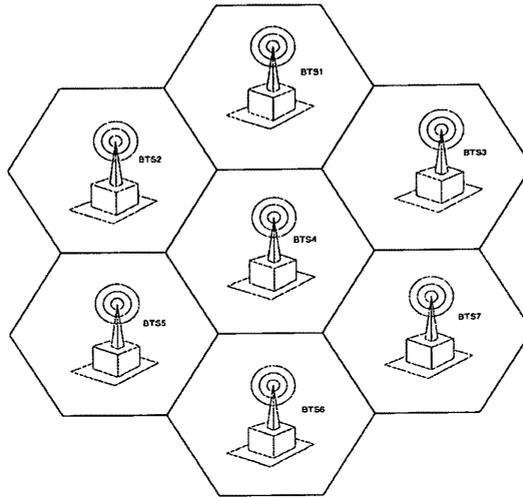
Por otro lado, el contenido de la práctica es suficientemente significativo y funcional para los alumnos, dado el enorme auge de la telefonía móvil, que hoy en día es accesible y familiar a todo el mundo. De esta forma se ha pretendido aumentar la motivación de los alumnos, y que al mismo tiempo puedan ir descubriendo las conexiones que existen entre las distintas materias del plan de estudios. Debido a que las comunicaciones móviles no están incluidas en la currícula del primer curso de la titulación, ha sido necesario proporcionar a los alumnos una pequeña introducción sobre los conceptos fundamentales que se tratan en la práctica sobre los sistemas de telefonía móvil celular, parte de la cual se expone a continuación (una descripción detallada del funcionamiento de un sistema de telefonía móvil celular se puede encontrar por ejemplo en [Hernando98]).

2.- ELEMENTOS BÁSICOS DE UN STMC

En un sistema de telefonía móvil celular se considera que el territorio está dividido en zonas de cobertura o *células*, y en el centro de cada una de ellas existe una *estación base* o BTS (*Base Transceiver Station*), que es una estación transmisora/receptora que controla a todos los teléfonos móviles que se encuentran dentro de esa célula. Las estaciones base suelen estar situadas en lo alto de los edificios, colinas, etc., y a través de ellas, los móviles se comunican con el resto del sistema telefónico.

Una célula puede verse como un mapa topográfico de potencias. En el centro de la célula, donde se encuentra la estación base o BTS, el nivel de potencia medido (radiado por la BTS) será máximo, mientras que a medida que nos alejamos del centro y nos acercamos a las fronteras de la célula o zona de cobertura, la potencia irá disminuyendo. Por simplicidad, las células suelen dibujarse con forma hexagonal. Es necesario tener en cuenta que todas las células no tienen por qué tener el mismo tamaño ni la misma geometría.

Cada BTS mantiene una *base de datos* con todos los móviles que en ese momento se encuentran bajo su jurisdicción, es decir, dentro de su *zona de cobertura*. La BTS está continuamente analizando el nivel de potencia que recibe de los móviles. De la misma forma, los móviles analizan el nivel de potencia que reciben de la BTS.



Cuando un móvil se desplaza (por ejemplo, una persona habla por su móvil mientras viaja en coche) y se acerca al borde de su célula o zona de cobertura, al caer la potencia recibida por debajo de un cierto límite o *valor umbral*, esto será indicativo de que el móvil está saliendo de su célula y está entrando en una nueva; por tanto, el móvil se desconecta de la que hasta ahora era su BTS y pasa a estar bajo el control de la BTS situada en la célula en la que ha entrado. Cuando un móvil abandona una célula, su número se borra de la base de datos de la BTS de esa célula. De la misma forma, cuando un móvil entra en una célula, su número se añade a la base de datos de la BTS de esa célula. A este proceso de paso de un móvil de una célula a otra se le denomina *handover* o *handoff*

Asimismo, cuando un móvil llama a otro móvil, su BTS local comprueba si el teléfono destino también se encuentra bajo su jurisdicción, y si es así le conecta directamente. En caso contrario, la BTS “pregunta” a sus BTS vecinas si el móvil destino se encuentra bajo el control de alguna de ellas. Una vez localizado éste, se establece la conexión entre los móviles a través de las estaciones base.

3.- SIMULACIÓN DE UN STMC

A continuación se describe la secuencia de prácticas planteadas, haciendo hincapié en cómo se ha integrado en cada uno de los bloques de contenidos los aspectos del sistema de telefonía móvil celular que se pretenden simular.

a) Estructuras de datos estáticas

La primera práctica con la que se ha introducido el sistema de telefonía móvil celular que se pretende simular es la correspondiente a estructuras de datos estáticas. El objetivo de esta práctica es que el alumno comprenda la utilización de los registros, matrices y vectores a través del problema real que queremos simular. Para representar el mapa de cobertura se emplea una matriz rectangular de valores reales (a la que se ha llamado TERRITORIO). Como su nombre indica, esta matriz representa un cierto territorio, y cada una de sus casillas una determinada

subzona. El número real almacenado en cada una de las casillas indica el nivel de potencia medio (en vatios) radiado por la BTS en esa subzona. Los elementos de la matriz con un valor máximo corresponderán a una casilla o subzona donde se encuentra una BTS, es decir, al centro de una célula o zona de cobertura (para una mayor simplicidad del problema se ha hecho la suposición de que todas las células tienen forma cuadrada y que los límites de cada célula se alcanzan cuando el nivel de potencia es inferior a 1.0 vatio). Para evitar a los alumnos la tediosa tarea de tener que asignar esos valores a la matriz elemento a elemento, se proporciona una biblioteca externa realizada a tal efecto que contiene una serie de subrutinas que inician las estructuras de datos a los valores en cuestión.

Además de la matriz anterior, para almacenar la información relativa a cada estación base o BTS se emplea un vector de registros (al que se ha llamado ESTACIONES_BASE) donde cada registro almacena la siguiente información de cada BTS: nombre (cadena) que se asigna a la BTS, coordenadas de su ubicación en la matriz TERRITORIO, coordenadas de la esquina superior izquierda y de la esquina inferior derecha de la zona de cobertura correspondiente en la matriz TERRITORIO, y un vector de cadenas, que contiene la información de todos los teléfonos que en un momento dado están bajo la jurisdicción de esa BTS.

Sobre las dos estructuras anteriores (matriz TERRITORIO y vector ESTACIONES_BASE) se propone al alumno realizar una serie de actividades que implican el manejo de estructuras de control para recorrer, acceder a los elementos y realizar búsquedas secuenciales en dichas estructuras de datos (por ejemplo, dado un cierto camino o trayecto de un móvil a lo largo de la matriz TERRITORIO, indicar el nombre de las BTS de las células por las que pasa).

b) Conjuntos dimensionados

Para que el alumno trabaje los métodos de búsqueda, ordenación, inserción ordenada, desplazamientos y recorridos en matrices y vectores se proponen distintas tareas a realizar sobre las estructuras de datos anteriores (matriz TERRITORIO y vector ESTACIONES_BASE). Por ejemplo, se propone calcular el nivel de potencia medio que existe dentro de cada zona de cobertura del sistema de telefonía, indicando cuál es la BTS correspondiente a la zona de cobertura con mayor potencia media. Otra tarea propuesta consiste en, dado un cierto número de teléfono, localizar la BTS de la zona de cobertura donde se encuentra. Para simular el proceso que tiene lugar cuando un móvil se desplaza de una zona de cobertura a otra diferente, es necesario realizar una eliminación del teléfono en cuestión en el vector de teléfonos de la BTS origen, e insertarlo en el vector de teléfonos de la BTS destino.

c) Cadenas de caracteres

Hasta esta práctica se han utilizado cadenas de caracteres como un tipo de datos que almacena una ristra de caracteres, pero no se utilizan las funciones específicas que se definen sobre ellas. Las cadenas de caracteres son empleadas en este caso para representar los números de teléfono origen y destino entre los cuales se va a realizar una llamada. También se hace uso de las cadenas para representar los mensajes cortos que van a ser transmitidos a través de los teléfonos móviles del sistema, o bien las secuencias de teclas que presionadas sobre el teclado del móvil dan lugar a dichos mensajes. Así, uno de los ejercicios iniciales que se proponen consiste en, dado un número de teléfono móvil, detectar si el formato de dicho número es correcto y al mismo tiempo indicar el nombre del operador de telefonía móvil al que corresponde (proporcionando al alumno cuáles son los prefijos que actualmente emplean cada uno de los operadores de telefonía móvil existentes en España).

Para aproximarnos de forma progresiva a la situación real con la que nos encontramos al transmitir mensajes cortos con un teléfono móvil, inicialmente se plantea representar las secuencias de pulsaciones separando los grupos de pulsaciones correspondientes a caracteres diferentes mediante el carácter '_' (así, por ejemplo, la cadena '8_33_1_33_7777_7_33_777_666' es la secuencia que es necesario teclear en el móvil para transmitir el mensaje 'TE ESPERO'). Posteriormente se proponen distintas modificaciones a esta representación, como por ejemplo eliminar el carácter separador '_' para delimitar cada grupo de pulsaciones.

d) Archivos de texto y con tipo

Las siguientes estructuras de datos que se contemplan en el módulo de prácticas son los archivos de texto y con tipo. Para poder usar y tratar archivos de texto, se opta por almacenar en cada una de las líneas de un archivo de texto la información básica referente a una llamada realizada en el sistema de telefonía móvil, siendo su formato: '*número_teléfono_origen mensaje_transmitido número_teléfono_destino*'. De esta forma se combina el uso de archivos de texto con el tratamiento de cadenas de caracteres, proponiendo tareas como la obtención de las secuencias de pulsaciones correspondientes a los mensajes transmitidos, etc.

Para introducir el uso de archivos con tipo o binarios, se ha optado por almacenar la información referente a las llamadas realizadas en forma de registros, cuyos campos almacenan el número de teléfono origen, el número de teléfono destino y el número de caracteres del mensaje transmitido. Una vez creado el archivo binario, se proponen tareas como generar la factura correspondiente a las llamadas realizadas por un cierto teléfono origen.

e) Estructuras dinámicas: listas enlazadas y grafos

El uso de las listas enlazadas y grafos es enfocado haciendo énfasis en su propiedad de poder 'crecer' o 'menguar' conforme se necesite a lo largo de la ejecución de un programa. Para ello, en lugar de usar la estructura estática inicial del vector ESTACIONES_BASE, donde el número de teléfonos que una estación base podía controlar estaba limitado a un cierto valor máximo, se propone la utilización de una lista enlazada para almacenar la información de todos los teléfonos que en un momento dado están bajo la jurisdicción de cada BTS. Se introducen entonces aspectos como la eliminación e inserción en listas enlazadas cuando se intenta simular el paso de un móvil de una zona de cobertura a otra.

4.- CONCLUSIONES

El artículo presenta un modelo de prácticas para las asignaturas Algorítmica y Programación encaminado a incorporar temas específicos del ámbito de las telecomunicaciones, al mismo tiempo que se desarrolla el contenido disciplinar propio de las asignaturas. Con esto se pretende aumentar la motivación del alumnado y hacer evidente la importancia de las asignaturas en estos estudios de ingeniería. Al mismo tiempo, el problema que se plantea, además de su carácter práctico, intenta tener un carácter global y continuo que permite hacer ver al alumno el uso del software como un conjunto de módulos que posibilitan la resolución de problemas complejos o de grandes dimensiones.

5.- REFERENCIAS

[Martel96] E.A. Martel Jordán, C.N. Ojeda Guerra, C.M. Ramírez Casañas, M.A. Quintana Suárez. *Algorítmica. Fundamentos de los Computadores. Algoritmos y Estructuras de Datos, 4ª Edición*. Servicio de Reprografía de la Universidad de Las Palmas de G.C., 1996.

[Ojeda97] C.N. Ojeda Guerra, E.A. Martel Jordán, C.M. Ramírez Casañas, M.A. Quintana Suárez. *Programación. Estructuras de Datos Dinámicas, 3ª Edición*. Servicio de Reprografía de la Universidad de Las Palmas de G.C., 1996.

[Hernando98] J.M. Hernando Rábanos. *Transmisión por Radio, 3ª Edición*. Departamento de Publicaciones de la ETSIT de Madrid, 1998.

[Ramírez96] C. Ramírez Casañas, M.A. Quintana Suárez, C.N. Ojeda Guerra, E.A. Martel Jordán. *Modelo Alternativo de Prácticas para las Asignaturas de Algorítmica y Programación*. II Jornadas de Innovación Docente ICE 96. Madrid, 1996.