

Traducción del artículo:

Lo que hay detrás del teléfono móvil.

de Daniel Krob.

de ‘L’explosion des MATHEMATIQUES’’ SMF*SMAI.
(Société Mathématique de France).

Por Lucía Contreras Caballero, Profesora Titular Numeraria
Jubilada de la Universidad Autónoma de Madrid.
lucia.contreras@uam.es

El teléfono móvil es un objeto relativamente trivial. ¿Quién no ha tenido nunca un teléfono móvil o ha telefoneado con él? Pero pocos son aquellos a los que se les ha pasado por la cabeza una idea sobre la ciencia y la tecnología puestas en juego.

El teléfono móvil es hoy de uso muy frecuente en muchos países. No hace tanto la situación era distinta. En 1983 existía una gran cantidad de telefonías sin hilo concebidas, desarrolladas y comercializadas por grandes y muchos operadores nacionales no mutuamente compatibles. Diferenciándose por sus características técnicas, estos sistemas no permitían comunicarse entre redes de distintas telefonías. Para hacerlas compatibles, hacía falta por eso ponerse de acuerdo en un conjunto amplio de técnicas específicas con una norma común. Esto empezó a lo largo de los años siguientes a 1985, cuando surgió en Europa la norma GSM (Global System for Mobile communications) por una iniciativa de France Télécom y de Deutsche Telekom, los operadores franceses y alemán de ese tiempo. Los primeros sistemas comerciales construidos con la norma GSM aparecieron al principio de los años 90. Pero finalmente fue hacia la mitad, por no decir al fin de dicha década cuando el GSM se impuso realmente como el único estándar real de telefonía móvil. El desarrollo de

las redes móviles de tercera generación es además un excelente testigo de la importancia desarrollada por el GSM, en la medida en que la norma subyacente a la tercera generación (l'UMTS, Universal Mobile Telecommunications System), constituye una extensión natural de la norma GSM.

La norma GSM esconde una gran complejidad científica y tecnológica.

El usuario pocas veces tiene conciencia de que detrás de las redes de telefonía móvil se esconde una gran complejidad científica y técnica. Por ejemplo, la norma GSM se escribe en más de 5000 páginas de renglones técnicos difíciles de leer incluso para el especialista! Y el GSM está lejos de estar acabado: enormes esfuerzos de investigación y desarrollo son empleados tanto por las grandes sociedades de ingeniería radio-telefónica como por los laboratorios universitarios para mejorar sin cesar la calidad y la eficacia de las redes de telefonía móvil.

La norma GSM se basa en un conjunto de técnicas elaboradas surgiendo tanto de las telecomunicaciones clásicas como de la informática, de las matemáticas y del tratamiento de señales. En particular, las matemáticas y la algorítmica tienen un papel fundamental en la comprensión y el buen funcionamiento de los mecanismos internos de las redes de telefonía móvil. Las matemáticas proporcionan los cimientos teóricos sobre los cuales se apoyan casi todas las etapas fundamentales del tratamiento de la información necesarias para el proceso de gestión de una comunicación telefónica a partir de un móvil. La algorítmica, sobre todo, permite transformar estos resultados fundamentales en protocolos efectivos y eficaces pudiendo ser utilizados en el seno de una red de telefonía móvil.

Algoritmos para digitalizar la información, cortarla en paquetes, encriptarla, etc.

Para ilustrar el impacto de estas disciplinas en telefonía móvil, miremos un poco más en detalle la forma en que una comunicación telefónica es procesada cuando un usuario marca un número en su aparato telefónico. Hay que enfatizar que todos los datos transmitidos utilizando una red de telefonía móvil son únicamente numéricos: Están en efecto constituidos por "paquetes", es decir, sucesiones de ceros y unos de longitud fija, emitidos cada cuarto de segundo, conteniendo el conjunto de informaciones relacionadas con una comunicación telefónica dada (palabra, identificación del móvil, calidad de recepción, la medida del móvil, etc.) Además del

proceso de despachar la movilidad de los usuarios, la gran diferencia entre la telefonía móvil y la telefonía fija clásica reside aproximadamente en el hecho de que los paquetes de información numérica son transmitidos por ondas y no por cables; ello tiene la necesidad del desarrollo de un conjunto de técnicas algorítmicas y matemáticas muy específicas. Estas hacen intervenir además de la algorítmica citada, la optimización combinatoria, el tratamiento numérico de la señal, la geometría de los algoritmos o la corrección de errores por codificación y decodificación, por no citar más que algunos campos entre muchos otros.

Los paquetes de información no son transmitidos desde luego en forma no elaborada. Para asegurar la confidencialidad de las comunicaciones, cada paquete está encriptado por medio de un protocolo criptográfico determinado por la norma y utilizando llaves secretas características de cada operador (y se sabe que los métodos criptográficos se basan a menudo en conceptos algebraicos y geométricos muy trabajados) . El proceso de despachar la transmisión hertziana propiamente dicha necesita un tratamiento previo de cada paquete de información. El canal hertziano está sometido, también, a varios tipos de perturbaciones que afectan las señales emitidas por un móvil. Por ejemplo, las absorciones y reflexiones de las ondas hertzianas por los edificios implican una atenuación y un desfase de cada una de las señales emitidas por el móvil. También, toda señal engendra numerosos ecos, que hay que tener en cuenta. Así mismo, una parte de cada paquete de información es devuelta a recuperación de la señal de origen en el seno del mar de ecos en el cual se debilita.

Estos problemas han sido estudiados desde luego desde hace tiempo, tanto a nivel teórico como práctico. Las complicaciones de la ingeniería propias de las redes de telefonía móvil tienen necesidad de desarrollar y adaptar una parte importante del aparato matemático tradicionalmente utilizado en estos contextos.

Teoría de grafos para asignar convenientemente las frecuencias.

La aportación de la algorítmica y de las matemáticas no se limita a la cadena de tratamiento de la información numérica que acabamos de esbozar rápidamente. Las técnicas algorítmicas son fundamentales para procesar eficazmente las radio-frecuencias de las que dispone cada operador. Los poderes públicos alquilan – relativamente caro- a cada operador la banda de frecuencia que puede utilizar; sin embargo, sólo una pequeña cantidad, (del orden de 300) es realmente utilizable en el seno de cada banda. Dos transmisiones realizadas al mismo tiempo por móviles diferentes, aunque geográficamente próximas no pueden ser conducidas

sobre frecuencias próximas sin interferencias que afecten a la calidad de las transmisiones. Por tanto, es necesario saber repartir de manera óptima las frecuencias disponibles entre los usuarios (que son mucho más numerosos que las frecuencias). Se puede demostrar que un ser humano no es capaz de resolver este tipo de problemas en una cantidad razonable de tiempo. Los métodos algorítmicos basados en métodos matemáticos como la teoría de grafos han sido determinantes en este tema para realizar proyectos lógicos informáticos de planificaciones que permiten “efectivamente” resolver de manera aproximada estos problemas de distribución y asignación de frecuencias.

Todos estos problemas tienen una gran importancia desde el punto de vista industrial y son todavía objeto de investigaciones muy dinámicas.

Daniel Krob. Directeur de recherches au CNRS et directeur du LIAFA (Laboratoire d’informatique algorithmique: fondements et applications), Université Paris 7 et CNRS.

Algunas Referencias:

D. Krob et E. A. Vasilieva, ” Performance evaluation of demodulation methods : a combinatorial approach”, Proceedings of DM-CCG, Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science. pp. 203-214 (2001)
(disponible en ligne: <http://dmtcs.loria.fr>)

X. Lagrange, P. Godlewski, S. Tabbane, Réseaux GSM-DCM (Hermès, 1997)

J. G. Proakis, Digital communications (McGraw-Hill, troisième édition, 1995).

C. Servin, Télécoms: de la transmission à l’architecture de réseaux (Mason, 1998).