

پشت پردهٔ تلفن همراه

نویسنده: دانیل کروب^۱

مترجم: محمدفرهاد رحیمی

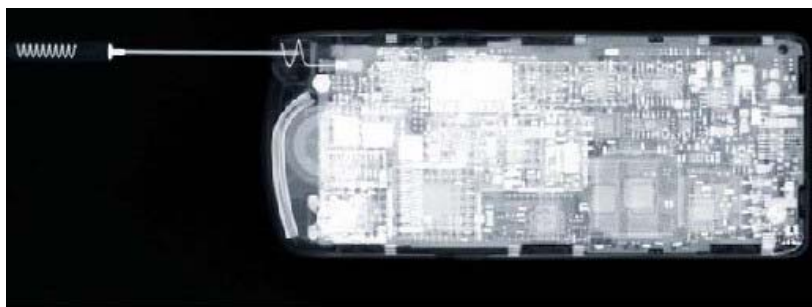
ویراستاران: فرج‌الله محمودی، ارسلان شادمان

تلفن همراه امروزه یک وسیلهٔ نسبتاً عادی تلقی می‌شود. چه کسی هرگز یک تلفن همراه ندیده یا با آن تلفن نزده است؟ اما نادرند کسانی که به موارد علمی و فنی دخیل در آن بیندیشند.

امروزه استفاده از تلفن همراه در خیلی از کشورها بسیار متداول شده است. مدتی پیش نمی‌گذرد که وضعیت به کلی متفاوت بود. در 1985 تعداد زیادی سیستم‌های تلفن بی‌سیم وجود داشت که توسط تولیدکنندگان بزرگ با سوابق تاریخی ملی گسترش یافته و به صورت تجاری درآمدی بود. اما این تلفن‌ها با یکدیگر ناسازگار بودند. به علت آنکه ویژگی‌های فنی این سیستم‌ها متفاوت بودند و امکان ارتباط از یک شبکه به شبکهٔ دیگر وجود نداشت. برای اینکه بتوان این سازگاری را محقق ساخت، می‌بایست با مجموعه‌ای از ویژگی‌های فنی، یعنی یک معیار و رهیافت مشترک توافق کرد. این امر از پنج سال پیش

^۱ Krob, Daniel: *Les dessous du téléphone portable*,
in: *L'explosion des mathématiques*, SMF et SMAI, Paris, 2002, p. 11-14

شروع شد که در خلال آن معیار GSM^۱ (سیستم جهانی ارتباط با تلفن همراه) در اروپا مطرح شد، و با ابتکار دو شرکت تلفن بزرگ فرانسوی و آلمانی تلکوم^۲ در آن زمان ابداع گشت. اولین سیستم‌های تجاری مبتنی بر این معیار در آغاز سالهای 1990 به کار گرفته شد و حدود اواسط دهه نود بود که GSM حقیقتاً به عنوان تنها وسیله استاندارد واقعی



یک رادیوگرافی از یک تلفن همراه. الکترونیک این دستگاه به نظر پیچیده می‌آید، اما قادر نیست زحمانی را که از لحاظ ریاضی جهت به مرحله اجرا درآمدن تلفن همراه کشیده شده است نشان دهد. (کلیشه Stock Image).

بین‌المللی تلفن همراه به مرحله ظهور رسید. رشد کنونی شبکه‌های تلفن همراه از نسل سوم، در واقع یک شاهد بارز از اهمیتی است که این سیستم GSM برای خود کسب کرده است. منظور از پیدایش نسل سوم، سیستم UMTS^۳ (سیستم ارتباطی تلفن همراه بین‌المللی) می‌باشد که حاصل گسترش طبیعی پدیده GSM است.

سیستم GSM یک پیچیدگی عمیق علمی و فنی را می‌پوشاند

استفاده کننده تلفن همراه به ندرت از پیچیدگی‌های عمیق علمی و فنی که در پس شبکه‌های رادیو-موبایل نهفته است آگاهی دارد. به عنوان مثال، سیستم GSM حاوی بیش از 5000 صفحه ویژگی‌های تخصصی و فنی می‌باشد که خواندن آن حتی برای متخصصین مشکل است! و پرونده آن با بسته شدن بسیار فاصله دارد، زیرا کوشش‌های تحقیقاتی و پیشرفت عظیمی چه توسط مؤسسات بزرگ مهندسی رادیو-تلفنی و چه توسط

^۱ Global System for Mobile communications

^۲ Deutsche Telekom و France Télécom

^۳ Universal Mobile Telecommunication System

آزمایش‌های بزرگ دانشگاهی در حال انجام بوده و سرمایه‌گذاری شده است تا بدون توقف کیفیت و کارایی شبکه‌های تلفن موبایل را بهبود بخشند.

سیستم GSM بر مجموعه‌ای از فنون استادانه متکی است که از ارتباط مخابرات کلاسیک، انفورماتیک (علوم رایانه)، ریاضیات و پردازش سیگنال مشتق می‌شوند. به ویژه ریاضیات و الگوریتم نقش بنیادی در درک و عملکرد خوب ساز و کارهای داخل شبکه‌های رادیو-موبایل ایفا می‌کنند. این ریاضیات چنان پایه‌های نظری را تأمین می‌کند که بر اساس آن تقریباً تمام مراحل بنیادی پردازش اطلاعات لازم در مدیریت یک ارتباط تلفنی توسط یک تلفن همراه انجام می‌شود. الگوریتم این فرصت را به دست داده است تا این نتایج بنیادی را در مقابله نام‌های به صورت مؤثر و کارا تبدیل کرد، به گونه‌ای که بتوان از این نتایج به طور عینی در بطن یک شبکه رادیو-موبایل بهره جست.



یک آنتن رله برای تلفن همراه GSM که روی محوطه و تأسیسات کشاورزی در روستا نصب شده است (کلیشه REA).

آلگوریتم‌هایی برای عددی کردن اطلاعات، تقسیم کردن اطلاعات به بسته‌ها، رمزگذاری اطلاعات و غیره

برای نمایش تلاقی این دو زمینه در تلفن همراه، با جزئیات بیشتر به روشی نظاره می‌کنیم که برقراری یک ارتباط تلفنی را، هنگامی که یک کاربر شماره‌ای را روی دستگاه تلفن می‌گیرد، سامان می‌دهد. ابتدا، تمام داده‌های انتقال یافته در آستانه ورود به یک شبکه رادیو-موبایل منحصراً عددی هستند که در واقع از «پاکت‌ها» یا بسته‌هایی تشکیل یافته که یک دنباله اعداد 0 و 1 به طول ثابت است و هر یک چهارم ثانیه گسیل می‌شوند و

شامل مجموعه‌ای از اطلاعات (صحبت کردن، شناسایی تلفن همراه، کیفیت دریافت صوتی موبایل و غیره) وابسته به یک ارتباط تلفنی معین می‌باشند. علاوه بر مدیریت در حرکت استفاده کننده، تفاوت عمده بین تلفن همراه و تلفن ثابت کلاسیک مسلماً در این امر نهفته است که بسته‌های اطلاعات عددی توسط امواج هرتز منتشر می‌شوند نه توسط کابلها. این امر نیاز به راه‌اندازی یک مجموعه از فنون آگوریتیمیک و ریاضی بسیار ویژه دارد، که به ترتیب دخالت آگوریتیم گسترده، بهینه سازی ترکیبی در پردازش عددی سیگنال، هندسه آگوریتیمیک یا رمزگذاری تصحیح کننده خطاها را شامل می‌شود، و این فقط برخی قلمروها را در میان بسیاری دیگر پیش می‌کشد.

بسته‌های اطلاعات در واقع به طور ناگهانی منتقل نمی‌شوند. برای اطمینان از محرمانه بودن اطلاعات، هر بسته به کمک یک مقاله نامه^۱ رمزگذاری که ویژه دستگاه موردنظر است و با استفاده از کلیدهای مخفی مخصوص هر اپراتور (عملگر)، رمزگذاری می‌شود (و می‌دانیم که روش‌های رمزگذاری بر مبنای فنون و مفاهیم جبری یا هندسی که اغلب بسیار پیشرفته هم هستند متکی می‌باشند). مدیریت انتقال هرتزی که شایسته این عنوان باشد مستلزم یک پردازش از پیش تعیین شده برای هر بسته اطلاعات می‌باشد. کانال هرتزی در واقع تحت انواع مختلف اغتشاشات قرار می‌گیرد که روی سیگنال‌های گسیل یافته توسط یک تلفن همراه اثر می‌گذارد. به عنوان مثال، جذب‌ها و انعکاس‌های امواج هرتزی توسط ساختمان‌ها باعث یک تضعیف و یک فاز زدایی^۲ از هر سیگنال گسیل یافته توسط هر تلفن همراه می‌شود. همینطور هر سیگنال، بازگشت‌های متعدد یا پژواک‌هایی^۳ را شامل می‌شود که باید در نظر گرفته شوند. همچنین یک بخش از هر بسته اطلاعات از بازیافت سیگنال سرچشمه که در ریایی از پژواک‌ها (اکوها) غوطه‌ورند، به ویژه اخذ می‌شود.

این مسائل، مسلماً از مدت‌ها قبل، چه از لحاظ نظری و چه عملی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. با این وجود، قیود^۴ مهندسی مختص شبکه‌های رادیو - موبایل، مستلزم گسترش و به کارگیری یک بخش مهم از ابزار ریاضی کلاسیک شده‌اند که در این مقوله‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

Protocole^۱

déphasage^۲

écho^۳

Contraintes^۴

استفاده از نظریه گراف‌ها برای تجویز مناسب فرکانسها

دستاورد آلگوریتمیک و ریاضیات، به زنجیر پردازش اطلاعات عددی، که ما به سرعت به آن اشاره کردیم، محدود نمی‌شود. فنون آلگوریتمیک به ویژه برای تنظیم مؤثر فرکانس‌های رادیویی که هر اپراتور در اختیار دارد از فنون بنیادی است. سازمان‌های رسمی^۱ به هر اپراتور بخشی از نوار فرکانسی مورد استفاده‌اش را اجاره می‌دهد که نسبتاً گران تمام می‌شود، با این وصف، تعداد کمی، حدود 300 فرکانس در بطن این نوار واقعاً قابل استفاده‌اند. دوارتباط در یک زمان توسط دو تلفن همراه متفاوت، نمی‌توانند روی فرکانس‌های نزدیک به هم انجام شوند زیرا تداخل امواج بر کیفیت انتقال اثر می‌گذارد. بنابراین لازم است بدانیم چگونه به طریق بهینه فرکانس‌های متداول در میان استفاده کنندگان را، که به واقع بیشتر از تنوع فرکانس‌ها می‌باشند، توزیع کنیم. می‌توان نشان داد که یک نفر نمی‌تواند این نوع معادله را در یک زمان معقول حل کند. روش‌های آلگوریتمیک، به مبنای مدل‌های ریاضی، برای اجرای یک برنامه‌ریزی طراحی شده‌اند که بتواند به طور مؤثر و به طور تقریبی، مسأله اجاره دادن فرکانس‌ها را حل کند، در این مورد نظریه گراف‌ها تعیین کننده بوده‌اند. تمام این مسائل از نقطه نظر صنعتی حائز اهمیت ویژه‌ای است، و هنوز موضوع تحقیقات بسیار فعال می‌باشد.

دانیل کروپ

مدیر تحقیقات CNRS و مدیر LIAFA

(لابراتوار انفورماتیک آلگوریتمیک، مبانی و کاربردها)

دانشگاه پاریس هفت و CNRS

چند مرجع

- D. Krob et E.A. Vassilieva, "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-DCS* (Hermès, 1995).

- J. G. Proakis, *Digital communications* (McGraw-Hill, 3^e édition, 1995).
- C. Servin, *Télécoms: de la transmission à l'architecture de réseaux* (Masson, 1998).

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