

Concorso



Che cosa sai sulla comunicazione mobile?

Tutti apprezziamo la comodità di essere raggiungibili in qualsiasi momento e ovunque. Negli ultimi dieci anni i gestori di reti radiomobili cellulari hanno creato i presupposti adeguati. A tale scopo è stato necessario un grande sforzo a livello tecnico, perché per comunicare con la telefonia mobile serve ben altro che un semplice cellulare. Che cosa sai sulla comunicazione senza cavo e sulle reti mobili? Verifica le tue conoscenze e potrai vincere un telefono cellulare. Il concorso è aperto fino al 15 marzo 2011.

In palio un telefono cellulare!

Fornendo le risposte giuste, potrai vincere uno dei tre telefonini cellulari in palio. E non un comune telefonino! Il nuovo Sony Ericsson Hazel è un cellulare scorrevole intelligente e compatto, che dà un chiaro segnale a favore dell'ambiente. L'apparecchio è realizzato in materiali riciclati ed ecocompatibili, è dotato di un caricabatterie a risparmio energetico ed è stato prodotto con basse emissioni di CO₂. I telefonini sono offerti da Sunrise.

www.satw.ch/concorso

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences

a⁺ Membro delle
Accademie svizzere delle scienze

techno scope

 3/10

La rivista tecnica per i giovani e per coloro che lo sono ancora

Comunicazione mobile

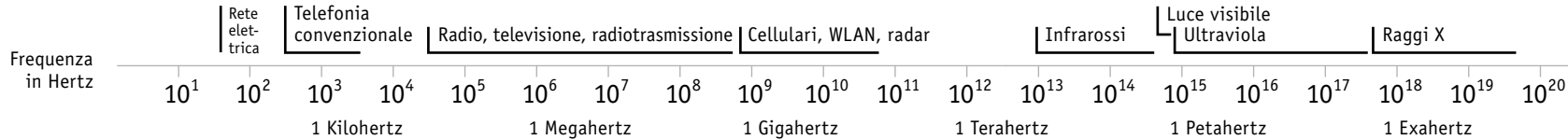


Onde elettromagnetiche

Sempre più antenne

Verifica delle radiazioni

In palio un cellulare



Raggiungibili sempre e ovunque

Grazie ai nostri cellulari oggi siamo raggiungibili in qualsiasi momento. Questo è possibile grazie ad una tecnologia raffinata. Essa è fondamentale per una trasmissione di dati affidabile e per conversazioni verso il ricevente giusto.

Con i nostri cellulari oggi ci scambiamo quotidianamente tutte le informazioni possibili con altre persone. Oggi telefonare, inviare SMS e navigare in qualsiasi luogo e in qualsiasi momento è per noi un'operazione ovvia. E se una volta capita di non avere ricezione, lo percepiamo quasi come un affronto. Si dimentica troppo facilmente che, per rendere possibili le chiamate con i cellulari, gli ingegneri hanno dovuto risolvere dei veri rompicapi.

Dove si trova il cellulare?

Una prima sfida è costituita dal fatto che con la telefonia mobile, a differenza della rete fissa, la rete non sa dove si trova il ricevitore. «Ogni cellulare comincia a trasmettere dopo l'accensione un breve segnale alla stazione base più vicina», spiega Pascal Leuchtmann, collaboratore scientifico presso l'Istituto per la Teoria di Campo e la Tecnica ad Alta Frequenza dell'ETH di Zurigo. «La rete sa allora attraverso quale stazione base può raggiungere il cellulare e quindi, approssimativamente, sa anche dove questo si trova». Se il proprietario del cellulare si sposta, l'appar-

ecchio riconosce, in base ai segnali inviati costantemente dalle stazioni base, se viene a trovarsi nel campo di un'altra stazione. Il cellulare invia quindi subito un segnale per annunciarsi presso la nuova stazione base. In seguito a ciò, la banca dati in cui sono registrati tutti i cellulari accesi, viene aggiornata automaticamente. «Attraverso questo processo, che l'utente non nota assolutamente, si garantisce sempre la nostra raggiungibilità anche quando siamo in viaggio», afferma Leuchtmann.

Il lungo percorso dal parlare all'ascoltare

La comunicazione vera e propria tra la stazione base e il cellulare comincia quando l'utente chiama un'altra persona. La stazione base e il ricevente inviano ora segnali con una determinata frequenza.

Durante la chiamata, la conversazione dal cellulare viene prima convertita in un segnale elettrico digitale e poi suddivisa in piccoli pacchetti di dati. Ogni pacchetto viene criptato individualmente per ogni cellulare, dotato di un indirizzo e

poi inviato attraverso l'antenna del telefonino. La stazione base filtra da tutti i segnali che riceve i pacchetti con l'indirizzo corrispondente e li trasmette ad un computer centrale, attraverso un cavo della rete di telefonia fissa. Da qui i dati vengono trasmessi alla stazione base presso la quale è attivo l'altro interlocutore. La seconda stazione base invia a sua volta, sotto forma di onde elettromagnetiche, i pacchetti di dati che ha ricevuto. Infine, queste onde elettromagnetiche vengono riconvertite dal cellulare ricevente in segnali vocali comprensibili.

Lo scambio dei pacchetti di dati tra la stazione base e il cellulare avviene in modo diverso, a seconda della rete. Sulla rete GSM i segnali dei singoli cellulari sono trasmessi differiti nel tempo. Per questa ragione è possibile inviare quantità di dati relativamente limitate. Con la nuova rete UMTS, invece, tutti gli utenti attivi trasmettono in contemporanea. Così i gestori di rete trasmettono quantità di dati molto più grandi sulla banda di frequenze che hanno a disposizione.

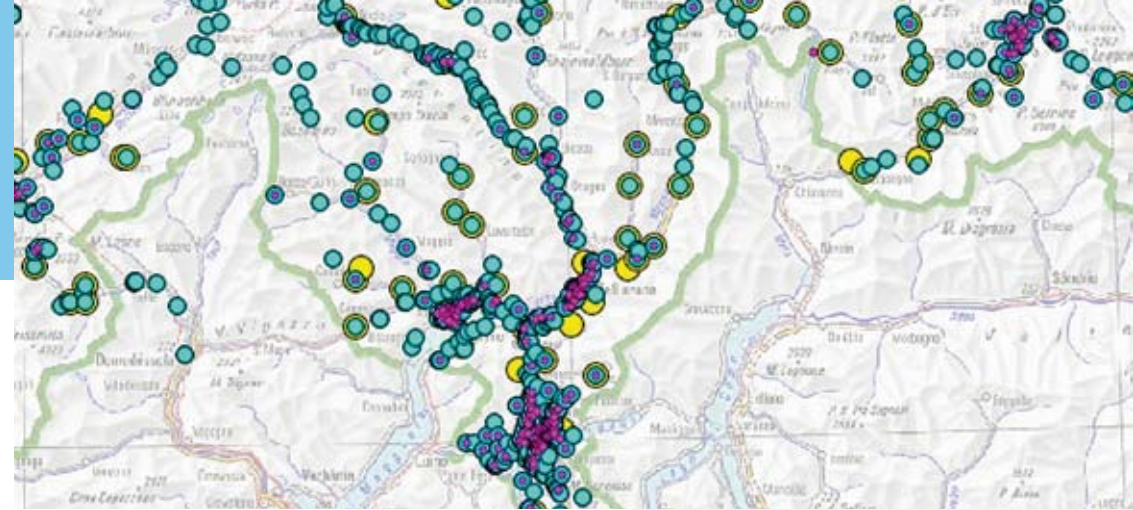
Onde elettromagnetiche

Le onde elettromagnetiche sono presenti in natura sotto forme diverse. Si differenziano unicamente per la lunghezza d'onda, ovvero per la frequenza, e sono state suddivise conseguentemente in diverse categorie. La forma più nota e per noi più importante è quella della luce visibile, l'unica forma delle onde elettromagnetiche che siamo in grado di percepire con i nostri sensi. Anche i raggi ultravioletti, dai quali ci dobbiamo proteggere quando prendiamo il sole, i raggi X o i raggi infrarossi, che percepiamo come calore, sono onde elettromagnetiche. Le onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda maggiore sono utilizzate per le applicazioni tecniche più diverse, dagli apparecchi radar per il controllo del traffico aereo ai forni a microonde, per riscaldare i cibi. Nella radiofonia e nella telefonia mobile le onde elettromagnetiche giocano un ruolo fondamentale, perché sono particolarmente adatte per trasmettere informazioni a grande distanza e in modo molto rapido, vale a dire alla velocità della luce. Così come si possono scambiare messaggi con l'alfabeto morse, accendendo e spegnendo una torcia elettrica, i cellulari e le stazioni base scambiano informazioni utilizzando onde elettromagnetiche. A tale scopo vengono modificate in modo mirato la potenza e la frequenza delle onde inviate.



Stazioni di base

Antenne montate sui tralicci ad alta tensione, su tetti o su alberi appositi permettono una trasmissione senza cavo con i cellulari. In più, una stazione base necessita di corrente elettrica, di amplificatori e codificatori per il collegamento con l'intera rete telefonica.



Ubicazione degli impianti di trasmissione

Tutti gli impianti di radiotrasmissione (radio e televisione) e di telecomunicazione in Svizzera sono registrate dall'Ufficio federale delle comunicazioni, che le inserisce in una mappa. Giallo = radiofonia, Blu = telefonia mobile GSM, rosa = telefonia mobile UMTS. La mappa è consultabile pubblicamente all'indirizzo www.funksender.ch

Una crescita enorme

Il traffico di dati sulla rete mobile è notevolmente aumentato nel corso degli ultimi anni. I gestori delle reti devono quindi installare sempre più antenne per la telefonia mobile per soddisfare la crescente domanda.

In Svizzera i gestori di telefonia mobile Swisscom, Sunrise, Orange e In&Phone hanno piazzato oltre 15 000 antenne, e nei prossimi anni dovranno esserne installate ancora alcune migliaia. Il motivo è molto semplice: la quantità di dati che viene trasmessa attraverso la telefonia mobile presenta attualmente una crescita enorme. Le telefonate che effettuiamo e gli SMS che inviamo sono sempre più frequenti e hanno una lunghezza sempre maggiore. Inoltre sui nostri telefonini carichiamo sempre più dati da Internet. È stato soprattutto lo sviluppo degli apprezzati Smartphone che ha portato negli ultimi anni ad una vera e propria esplosione del traffico dati sulle reti di telefonia mobile.

Riconoscere in tempo le strettoie

Questo enorme sviluppo ha come conseguenza che le reti di telefonia mobile arrivano sempre

al limite e devono quindi essere ampliate costantemente con nuove antenne.

«Contrariamente ad un'antenna radio, con la quale può essere raggiunto un numero illimitato di utenti in una determinata area, con un'antenna per la telefonia mobile è possibile gestire solo un numero limitato di utenti in contemporanea», spiega Michael Burkhardt, Director External Affairs presso Sunrise. «Questo soprattutto perché ogni cellulare deve essere chiamato singolarmente e i dati devono essere scambiati in entrambe le direzioni».

«Ogni settimana analizziamo dove e quali quantità di dati vengono trasmesse, così da poter riconoscere il più tempestivamente possibile le strettoie», afferma Burkhardt. «Se acquistiamo una grande azienda come nuovo cliente, la richiesta in una determinata regione può cambiare drasticamente».

«I gestori di rete seguono attentamente in quali aree e quanto le rispettive reti sono caricate».

Un tappeto composto da molte celle

Una rete di telefonia mobile è suddivisa in singole celle, alimentate ciascuna da una stazione base. Le dimensioni delle singole celle dipendono non solo dal terreno, dalle costruzioni e dai valori limite imposti dalla legge, ma anche dalla richiesta nella relativa area. Le stazioni base vicine trasmettono con frequenze diverse (GSM) o con codici diversi (UMTS), affinché i segnali emessi non interferiscano tra di loro. In Svizzera esistono due tipi di reti di telefonia mobile: le reti di telefonia mobile GSM e le più recenti reti UMTS, che fanno parte della terza generazione di reti di telefonia mobile (3G). Lo standard GSM fu introdotto nel 1993 e ha permesso, negli anni Novanta, una rapida diffusione della telefonia mobile. Da allora l'ampliamento è stato costante, per migliorare la trasmissione dei dati. In Svizzera le reti UMTS sono entrate in funzione all'incirca nel 2003. Tramite queste reti è possibile inviare quantità di dati notevolmente maggiori. Anche in questo caso vengono introdotte continue innovazioni tecniche, per incrementare la capacità di trasmissione.

La delicata questione della qualità

La collocazione più idonea per una nuova stazione base viene calcolata in modo preciso con simulazioni computerizzate. Nella realtà la cosa risulta un po' più complicata. Spesso le antenne per la telefonia mobile non possono essere collocate nella posizione ideale dal punto di vista tecnico, perché magari il proprietario della casa non vuole avere antenne sul proprio tetto, oppure perché l'edificio non è sufficientemente robusto per sopportare il peso dell'installazione o, ancora, perché la tutela dei monumenti solleva obiezioni. In linea di massima, per l'ampliamento della rete si deve trovare un punto di equilibrio: la stazione base deve inviare segnali abbastanza forti in modo che sia garantita la ricezione ovunque nella relativa cella o area coperta da questa antenna; allo stesso tempo devono essere rispettati i valori limite in ogni luogo. «Molte persone credono che l'esposizione alle radiazioni sia inferiore laddove ci sono meno antenne per la telefonia mobile», commenta Burkhardt. «Tuttavia, questa convinzione è errata: maggiore è l'area che deve essere coperta dall'antenna, maggiore dovrà essere la potenza dell'emissione».



Andreas, Franziska, Alexandra, Andris, Lisa e Ken visitano la camera di misura e di prova. Le piramidi blu in materiale espanso alle pareti impediscono le riflessioni delle radiazioni emesse dai cellulari, rendendo molto più precise le misurazioni.

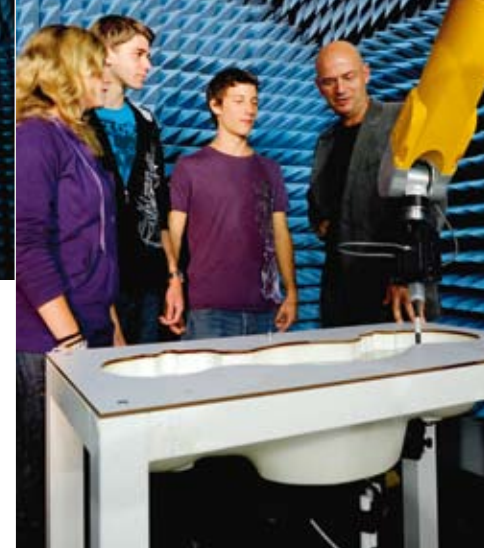


La testa gialla è la testa normale standardizzata. Le sue dimensioni sono adeguate per il 90% delle teste dei soldati americani, solo il 10% degli uomini americani ha una testa più grande.



▲ Alexandra posiziona l'apparecchio di prova per i cellulari in modo che la radiazione possa essere misurata in modo distinto secondo le modalità di funzionamento del cellulare.

Il professore Niels Kuster spiega come le radiazioni emesse dai cellulari sono misurate con una procedura standard a livello mondiale: il braccio immerge il sensore nel liquido del recipiente a forma di testa. Sotto il recipiente è posizionato il cellulare irradiante. ▶



Affinché il cellulare non emetta radiazioni inutili

La radiazione elettromagnetica di un cellulare non deve superare un determinato valore limite. Le autorità di tutto il mondo verificano questo valore limite utilizzando i misuratori del TAS dell'azienda zurighese Speag.

Non ci si aspetterebbe di trovare qui un leader mondiale nel settore tecnologico: in un cortile interno al centro del quartiere 4 di Zurigo si lavora alla produzione e allo sviluppo degli apparecchi per la misurazione del TAS (si veda il riquadro) dei cellulari in tutto il mondo. Nei laboratori e negli uffici dell'azienda Speag lavorano oltre 50 ingegneri elettrotecnici, specialisti in informatica e tecnici impegnati a migliorare continuamente questi strumenti di misura. Niels Kuster, presidente della Speag e anche professore presso il dipartimento di tecnologia delle informazioni ed elettrotecnica dell'ETH di Zurigo, si occupa fin dal 1987 della misurazione di radiazioni elettromagnetiche. Nel 1992 fu incaricato dal governo tedesco di elaborare una precisa procedura di misurazione del TAS. La tecnologia sviluppata in seguito a tale incarico fu la base della fondazione dell'azienda Speag, 16 anni fa.

Braccio robotizzato nella testa

Facendo un giro tra i laboratori di ricerca e sviluppo dell'azienda, ci si imbatte ovunque negli strumenti di misura del TAS. Si tratta di bracci robotizzati gialli con una sonda di misurazione sulla

punta che stanno sopra un recipiente, una specie di vasca da bagno a forma di mezza testa cava. Questa viene riempita con un liquido che ha caratteristiche elettromagnetiche molto simili a quelle del tessuto nella nostra testa. Sotto il modello di testa, vicino all'orecchio, è installato il cellulare da sottoporre a misurazione. A questo punto, il braccio robotizzato muove la sonda di misurazione nel liquido e ricerca il punto nella testa in cui si presenta la maggiore esposizione alle radiazioni elettromagnetiche. Da quel punto vengono misurate le radiazioni secondo quanto prescritto dalle autorità di controllo internazionali. Da questa misurazione il computer è in grado di calcolare il valore del TAS finale di un cellulare. Il punto centrale dell'apparecchio è costituito dalla sonda con tre sensori integrati, tutti grandi, all'incirca, come la testa di un fiammifero. È qui che si nasconde l'intero segreto dell'azienda. Mentre le prime sonde TAS sul mercato avevano deviazioni ancora nell'ordine del 60%, i modelli più nuovi di Speag hanno una deviazione inferiore al 7%. Gli ingegneri della ditta si occupano quotidianamente dell'ottimizzazione di queste sonde.

Uno strumento per i produttori di cellulari

Speag non produce soltanto misuratori per le autorità di controllo. Kuster mostra una scatola nera grande come una batteria per auto. I 256 microsensori qui installati sono in grado di misurare in meno di tre secondi l'entità delle radiazioni irradiate da un cellulare sul corpo o, con un apparecchio leggermente modificato, sulla testa. In questo modo i produttori di cellulari sono in grado di effettuare le prime misurazioni già durante la fase di produzione e con i prototipi possono già verificare quale effetto può avere una piccola modifica di design sul valore del TAS. Più i cellulari diventano piccoli e sottili, più l'antenna è vicina alla testa dell'utente, rendendo così più difficile per i produttori rispettare i valori limite del TAS. Per questa ragione oggi vi sono interi team presso i produttori di cellulari che si occupano del design delle antenne e della riduzione delle radiazioni. A tale scopo utilizzano anche programmi di simulazione che vengono prodotti dall'azienda di Zurigo. In questo modo è possibile calcolare con il computer la futura radiazione emessa da un cellulare, partendo dalla sua forma costruttiva e dal suo design. Kuster mostra due immagini: una con un diagramma di una misurazione del TAS sul modello di testa. L'altra mostra una simulazione computerizzata per lo stesso cellulare. Le immagini sono praticamente identiche, una dimostrazione di quanto siano divenute affidabili le simulazioni computerizzate.

Nonostante ciò, come prima, ogni cellulare deve essere sottoposto a verifica sul modello di testa prima di essere commercializzato. Gli esperti, a tutt'oggi, non sanno ancora dire se un'esposizione prolungata alle radiazioni elettromagnetiche al di sotto del valore limite, ad esempio con lunghe e regolari chiamate al cellulare, possa essere dannosa per la salute. «I cellulari sono utilizzati dal grande pubblico solo da 15 anni circa e dai bambini bambini da meno di 10 anni; ci mancano quindi studi affidabili a lungo termine», spiega Kuster. Sono quindi importanti una misurazione precisa delle radiazioni e il rispetto dei valori limite. «Per questo vogliamo sviluppare, anche in futuro, la migliore tecnologia al mondo», sottolinea Kuster.



Significato di TAS

TAS è un'abbreviazione che sta per «tasso d'assorbimento specifico». È l'unità di misura per il rilevamento dell'energia elettromagnetica che viene

convertita in calore nel corpo. Il valore TAS viene espresso in watt per chilogrammo del peso corporeo (Watt/kg). Il valore limite riconosciuto dalla maggior parte dei paesi per i campi elettromagnetici nell'ambito della telefonia è di 2 Watt/kg. Quindi, l'aumento della temperatura corporea locale deve essere limitata a meno di 0,2° Celsius.



▲ Dimitra analizza i piccoli MEMS in laboratorio con l'analizzatore di rete, prima che vengano inseriti nelle antenne.



▲ L'antenna per il test commerciale viene utilizzata solo nella camera di misura e deve essere orientata in modo preciso.

◀ Nella camera di misura, con piramidi di materiale espanso in grado di assorbire le radiazioni, Dimitra verifica le radiazioni emesse dai sistemi di antenne da lei costruiti.

Brillanti prospettive per la ricerca

Dimitra Psychogiou lavora ad un dottorato di ricerca presso l'ETH di Zurigo, relativo ai sistemi di antenne intelligenti. Realizza anche nuovi ricevitori ed effettua esperimenti con le radiazioni elettromagnetiche. Il lavoro per lo sviluppo di nuove tecnologie la appassiona.

Ho 24 anni e vengo dalla Grecia. Due anni fa ho concluso gli studi laureandomi come ingegnere elettrotecnico presso l'università di Patrasso. Prima di diventare dottoranda all'ETH di Zurigo ho lavorato per sei mesi presso un'università in Inghilterra. Da un anno mi occupo, presso l'Istituto per la Teoria di Campo e la Tecnica ad Alta Frequenza, di antenne e campi elettromagnetici.

I sensori contro gli incendi di boschi

Durante il mio primo anno all'ETH mi sono occupata di antenne speciali, utilizzate, ad esempio, per reti di sensori. Una rete di questo tipo si presenta all'incirca così: in un bosco di grandi dimensioni vengono posizionati dei sensori. Non appena scoppia un incendio, in qualsiasi punto, questo viene registrato dal sensore posto più vicino, che invia segnali ad un computer centrale, tramite radiazioni elettromagnetiche. I vigili del fuoco, in questo modo, sanno precisamente dove è scoppiato l'incendio. Un'altra applicazione di

una rete di questo tipo è il monitoraggio in tempo reale delle condizioni di salute di un paziente, utilizzando sensori senza cavo.

Nella ricerca ci concentriamo sulle antenne nei sensori che non solo devono, ad esempio, emettere radiazioni in una determinata direzione, ma che devono anche essere comandati automaticamente in contemporanea e orientati in diverse direzioni, in modo da mantenere in ogni momento un collegamento con la centrale. Per analizzare questi sistemi, abbiamo allestito in laboratorio una speciale camera di misura che, come capita in uno studio di registrazione musicale, è rivestita di materiale espanso in grado di assorbire le radiazioni. Qui dentro possiamo provare apparecchiature senza influssi di radiazioni esterne, come quelle provenienti da telefoni cellulari, per vedere in quali posizioni un ricevitore è ancora in grado di ricevere segnali da una stazione emittente. Abbiamo scoperto che a un ricevitore, che

potrebbe essere un telefono cellulare, non basta un'antenna per poter ricevere, in tutte le situazioni e posizioni desiderate, i segnali da direzioni diverse.

Ricerca di base affascinante

Un altro punto chiave del mio dottorato è costituito dai cosiddetti MEMS. Si tratta di sistemi micro elettromeccanici dalle dimensioni di pochi micrometri. Considerate le loro piccole dimensioni, i MEMS hanno caratteristiche molto specifiche. Ad esempio, possiamo installarli in antenne-sensore e modificarne così in modo mirato le caratteristiche, affinché la radiazione elettromagnetica sia filtrata in base alla rispettiva frequenza. Così è possibile controllare in modo molto preciso il ricevitore, per determinare il tipo di radiazione che esso deve ricevere. Questi sistemi sono utilizzati già oggi, tra l'altro, nei satelliti. È possibile che in futuro siano anche inseriti in ogni telefono cellulare. Questo campo di ricerca è molto nuovo: mi affascina moltissimo! Vorrei assolutamente scoprire, nel corso del mio dottorato, quali potenziali racchiude questa tecnologia.

L'ETH di Zurigo è il posto ideale per questo tipo di ricerca. I laboratori sono molto ben attrezzati, perciò ho la possibilità di effettuare esperimenti con apparecchiature molto complesse e costose. Questo è molto importante nel mio settore di ricerca. In Grecia, paese da cui provengo, ciò non è affatto scontato. Anche là vi sono molti ottimi studenti, a cui però spesso manca una buona infrastruttura per effettuare esperimenti e per imparare. A tale riguardo, finora, non ho provato nostalgia e a Zurigo mi trovo molto bene. Sono anche certa che il dottorato di tre anni sarà un'ottima base per trovare in futuro un bel lavoro. Non saprei ancora dire se mi piacerebbe intraprendere una carriera accademica presso un'università o se preferirei maturare un'esperienza in ambito industriale, magari presso un produttore di telefoni cellulari. Per adesso mi concentro completamente sul mio dottorato di ricerca.

Ah, ecco!



Il museo della comunicazione con la mostra permanente «Telefonia: tutt'orecchi» e la nuova mostra temporanea «Dove sei?»

Perché sui treni chi telefona molto siede nelle carrozze anteriori?

Se telefoniamo con il nostro cellulare sul treno in marcia, ci lasciamo alle spalle l'area coperta dalla stazione base con la quale eravamo collegati. La rete del cellulare trasferisce il collegamento del telefonino alla stazione base successiva, in modo da poter proseguire la conversazione senza interruzione. Nel caso di tratte molto trafficate sono molti i potenziali utenti che, più o meno con-

temporaneamente, devono cambiare la stazione base e, in tal caso, i primi a essere presi in considerazione sono coloro che giungono prima nel campo della nuova stazione, vale a dire coloro che siedono nelle carrozze anteriori del treno. Chi si siede nel posto giusto, ha quindi un piccolo vantaggio nel caso in cui la rete sia già molto carica.

L'esposizione alle radiazioni è maggiore con l'UMTS rispetto al GSM?



L'esposizione alle radiazioni con la telefonia mobile è maggiore quando il cellulare trasmette e i segnali della stazione base sono deboli. Se il telefonino si mette in contatto con la stazione base, con la rete GSM esso trasmette inizialmente con la massima potenza, per ragioni di sicurezza. La stazione base comunica poi al cellulare di quanto ridurre la potenza del segnale. Con la rete UMTS accade invece il contrario: inizialmente il cellulare trasmette con una potenza minima, aumentandola se non riceve risposta dalla stazione base.

Questa differenza è importante soprattutto se ci si sposta, poiché il cellulare deve mettersi sempre in contatto con le nuove stazioni base. In queste situazioni l'esposizione alle radiazioni con la rete UMTS, considerata la medesima quantità di dati trasmessa, può risultare fino a 10 volte inferiore rispetto alla rete GSM.

Da leggere

Ubicazioni degli impianti di trasmissione sito dell'ufficio federale delle comunicazioni, anche in italiano

www.funksender.ch

«Elettromog» nel quotidiano

Come riconoscere e ridurre i campi elettromagnetici (solo in tedesco)

www.mobile-research.ethz.ch/var/emf-info_broschuere.pdf

Formazione

Elettronico/a

www.orientamento.ch/dyn/1311.aspx?id=94

Ingegnere in elettronica SUP

www.orientamento.ch/dyn/1311.aspx?id=1314&search=ability&ability=11

Ingegnere delle telecomunicazioni SUP

www.berufsberatung.ch/dyn/6036.aspx?id=3811

Elettrotecnica e tecnologia delle informazioni

www.berufsberatung.ch/dyn/29323.aspx

ETH Zurigo www.ethz.ch/prospectives/programmes/bachelor/index?course_id=17

EPF Losanna, facoltà di informatica e comunicazione, sistemi di comunicazione

<http://ic.epfl.ch/syscom>

Da vedere

Museo della comunicazione

Lambiccarsi il cervello, meravigliarsi, imparare e giocare: tutto ciò al museo della comunicazione di Berna. Tre mostre permanenti sulla storia e lo sviluppo della posta, della telegrafia, della telefonia, della radio, della televisione e del computer. La mostra temporanea (aperta fino al 3.7.2011) «Dove sei?» (il cellulare ti rende mobile) illustra in modo divertente e interattivo lo sviluppo e la straordinaria affermazione del cellulare.

www.mfk.ch

Impressum

SATW Technoscope 3/10, dicembre 2010
www.satw.ch/technoscope

Idea e redazione: Dr. Béatrice Miller
Collaborazione redazionale: Dr. Felix Würsten, Samuel Schläfli
Foto: Franz Meier, Fotolia, Sunrise, Bakom, Itis Foundation, Museo della comunicazione
Foto del titolo: Andreas, Franziska e Andris nella camera di prova di SPEAG

Abbonamento gratuito e ordini supplementari

SATW, Seidengasse 16, CH-8001 Zürich
E-Mail redaktion.technoscope@satw.ch
Tel +41 (0)44 226 50 11

Technoscope 1/11 uscirà ad aprile 2011.