

Una scoperta che rivoluzionerà le reti di comunicazione a radio-frequenza e nanofotoniche

Francesco ARCIPRETE

Il 14 novembre 2014, alle 13.58, la redazione del portale ANSA metteva in linea la seguente pagina web:

“Addio telefonate interrotte, con una nuova tecnologia”

“Scaricare materiale da Internet più velocemente, telefonate più chiare e senza interruzioni perché cade la linea: sarà possibile grazie alla nuova versione di un dispositivo chiamato circolatore per onde radio, per trasmettere e ricevere segnali sulla stessa banda di frequenza, che potrà essere utilizzato anche nei telefoni cellulari e in altre tecnologie senza fili. Descritto sulla rivista Nature Physics, il risultato si deve al gruppo coordinato dall'ingegnere italiano Andrea Alù, che lavora negli Stati Uniti nell'università del Texas”.

La nostra rivista “Informatica e Documentazione”, sempre attenta a registrare le tappe più significative dell'innovazione nel campo dell'ICT, ha avuto la possibilità di contattare direttamente il professor Andrea Alù, che ha gentilmente acconsentito ad illustrarci i risultati della sua ricerca e a rispondere alle domande che gli abbiamo posto sul suo innovativo circolatore “non-reciproco e non-magnetico” utilizzando esclusivamente materiali economici e miniaturizzabili.

Andrea Alù, laureatosi in ingegneria a Roma nel 2001 presso l'Università di Roma Tre e presi il MS e il PhD nel 2007 presso la stessa Università, ha lavorato nell'Università della Pennsylvania a Philadelphia per poi approdare nel 2009 nell'Università del Texas ad Austin, ove oggi è professore associato alla Cockrell School of Engineering. Autore di oltre 250 pubblicazioni ed oltre 400 “conference papers”, le sue ricerche spaziano su molte



aree: metamaterials and plasmonics, electromagnetics, optics and photonics, scattering, cloaking and transparency, nanocircuits and nanostructures modeling, miniaturized antennas and nanoantennas, RF antennas and circuits, acoustic devices and metamaterials.

1. Professor Alù, è possibile descrivere, a livello divulgativo, i principi fisici sui quali si basa il nuovo circolatore, le eventuali problematiche implementative e le possibili evoluzioni future consentite dalle nanotecnologie?

Circolatori basati su componenti magnetici già esistono sul mercato, ma richiedono magneti permanenti e materiali particolari che non consentono l'integrazione in un circuito. Noi abbiamo sostituito la componente magnetica con un circuito 'in movimento' che ruota nel tempo nello stesso modo in cui gli elettroni ruotano quando un campo magnetico costante viene applicato. L'effetto è quello di realizzare una ferrite equivalente, con effetti molto più forti di quelli che si otterrebbero con magneti tradizionali, e senza richiedere nessun componente speciale, quindi integrabile in un convenzionale circuito.

Entrando più nello specifico, va osservato che componenti non-reciproci sono stati sinora realizzati basandosi quasi esclusivamente su materiali magneto-ottici e ciò costituisce una seria limitazione al loro utilizzo. Noi abbiamo, invece, dimostrato la realizzabilità di un circolatore lineare non-reciproco a radiofrequenza senza fare uso di materiali magnetici ma basandoci sugli effetti ottenuti da una modulazione parametrica di tre risonatori fortemente e simmetricamente accoppiati. Le loro frequenze di risonanza sono modulate da segnali esterni della stessa ampiezza d'onda e differenza di fase di 120° e ciò genera un efficace momento angolare al sistema con un notevolissimo effetto di non reciprocità (una differenza sino a sei ordini di grandezza tra le due opposte direzioni, 60 dB). Il circuito, inoltre, può essere "accordato" in tempo reale entro un ampio spettro di frequenze garantendo sempre un comportamento lineare.

2. Oltre alle applicazioni sui radar, per il grande pubblico sono naturalmente d'interesse le applicazioni nella telefonia cellulare: è possibile approfondirne i principali vantaggi ed immaginare il percorso da adottare nella sua realizzazione industriale? Ci possono essere delle criticità di percorso (tecniche, industriali, commerciali), ad es. si dovrà operare esclusivamente sulla tecnologia dei dispositivi d'utente o saranno necessarie anche modifiche sulle stazioni radio-base e sui Centri di Gestione delle reti mobili?

Anche noi pensiamo principalmente ad applicazioni per le comunicazioni cellulari. Abbiamo appena avviato una startup per commercializzare il prodotto, anche in questo ambito. Applicazioni radar o militari sono più semplici per due motivi: le regolamentazioni sono meno stringenti, e i circolatori sono già utilizzati in queste applicazioni, si tratterebbe semplicemente di sostituirli con i nostri, più semplici, efficaci, leggeri, e meno costosi. In ambito cellulare ci sono standard da seguire, quindi il processo di implementazione è più lungo. La buona notizia è che a livello 5G c'è molto interesse ad implementare soluzioni full-duplex, e riteniamo che il nostro dispositivo risolva molti dei problemi attuali nell'implementare una comunicazione full-duplex a livello di dispositivi hand-held.

3. La miniaturizzazione consentita dal nuovo circolatore nei radar può far immaginare applicazioni nel settore dell'automotive?

Sì, stiamo pensando anche ad applicazioni automotive, dove radar e lidar stanno diventando importanti e nel prossimo futuro avranno larga diffusione.

4. Sappiamo che lei con il suo team è stato autore di altre importanti ricerche: ci può dare un cenno almeno delle principali?

In generale il mio gruppo di ricerca a Austin (attualmente lavoro con 12 studenti di dottorato e 4 postdoc) si occupa di metamateriali, o materiali artificiali con proprietà elettromagnetiche insolite. Siamo noti per il nostro lavoro sulla riduzione della diffusione e scattering di onde elettromagnetiche utilizzando coperture opportune, in essenza possiamo realizzare oggetti radio-trasparenti per migliorare le telecomunicazioni in ambienti affollati. Lavoriamo anche su dispositivi a TeraHz, ottici, ed acustici per migliorare la tecnologia e spingerla oltre i limiti attuali.

Sollecitati dagli stimoli del prof. Alù, abbiamo voluto approfondire i temi trattati ed in particolare la portata della sua ultima ricerca nel campo delle TLC.

Le previsioni di crescita del traffico dati IP, richiesto dalle tecnologie ottiche adottate dagli operatori in tutto il mondo e correlato sia alle nuove emergenti applicazioni wireless (basti solo pensare alle applicazioni video, al gaming, al mondo delle App o all'Internet delle cose – IoT) sia al diffondersi dei dispositivi mobili più svariati (smartphone, tablet, RFID ed altre sorgenti wireless) sono vertiginose.

Dal rapporto redatto annualmente da Cisco, il Visual Networking Index del 2014, emerge che il traffico dati mobile mondiale aumenterà di circa 11 volte nel corso dei prossimi quattro anni, con un tasso di crescita annuale (dal 2013 al 2018) del 61%, e raggiungerà un volume annuale di 190 exabyte ed un volume mensile di 15.9 exabyte (un exabyte equivale a un miliardo di gigabyte) entro il 2018, di cui due terzi nelle aree Asia-Pacifico e Nord America. Il più elevato tasso di crescita (70% annuale) sarà raggiunto da Medio Oriente e Africa – aumento di 14 volte nel periodo di previsione – seguiti da Europa Centrale e Orientale.

Il crescente numero di dispositivi wireless che accedono alle reti mobili in tutto il mondo è uno degli elementi principali che contribuisce all'incremento del traffico: nel 2013 ci sono stati 526 milioni di nuovi dispositivi mobili (77% smartphone) per un totale di 7 miliardi ed entro il 2018 saranno 10,2 miliardi, inclusi 8,2 miliardi di dispositivi mobile personali e 2 miliardi di connessioni M2M (machine-to-machine).

E' stimata, inoltre, una forte crescita (43%) delle connessioni M2M. Queste ultime sono richieste dalle applicazioni che permettono ai sistemi wireless e wired di comunicare per supportare i sistemi di monitoraggio delle risorse, di sicurezza e videosorveglianza, i contatori elettrici, i sistemi GPS, cui si aggiunge il segmento dei "dispositivi indossabili" (smart watch e smart glass, tracker medici e fitness): entro il 2018 le relative connessioni rappresenteranno quasi il 20 per cento (5% nel 2013) dei dispositivi mobile connessi e genereranno circa il 6% del traffico dati mobile.

L'altro "driver" della crescita del traffico dati mobile è rappresentato dalle reti sempre più veloci (la velocità media quasi raddoppierà, passando da 1,4 megabit per secondo del 2013 a 2,5 Mbps nel 2018) e dalla crescita del 4G/LTE: entro il 2018 questo supporterà il 51% del traffico

dati mobile totale, rispetto al 30% del 2013. In aggiunta va detto che la maggior parte del traffico dati generato da dispositivi mobili avverrà su Wi-Fi offload (17,3 exabyte al mese), il restante sulle reti mobile (15,9 exabyte per mese).

Mobile Data and Internet Traffic, 2013–2018							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	CAGR 2013– 2018
By Geography (PB per Month)							
Asia Pacific	524	953	1,670	2,777	4,442	6,718	67%
North America	389	625	969	1,453	2,101	2,954	50%
Western Europe	254	389	593	888	1,310	1,900	50%
Central and Eastern Europe	117	231	420	705	1,115	1,619	69%
Latin America	92	177	308	505	789	1,158	66%
Middle East and Africa	106	207	378	651	1,031	1,490	70%
Total (PB per Month)							
Mobile data and Internet	1,480	2,582	4,337	6,981	10,788	15,838	61%

PB = Petabyte

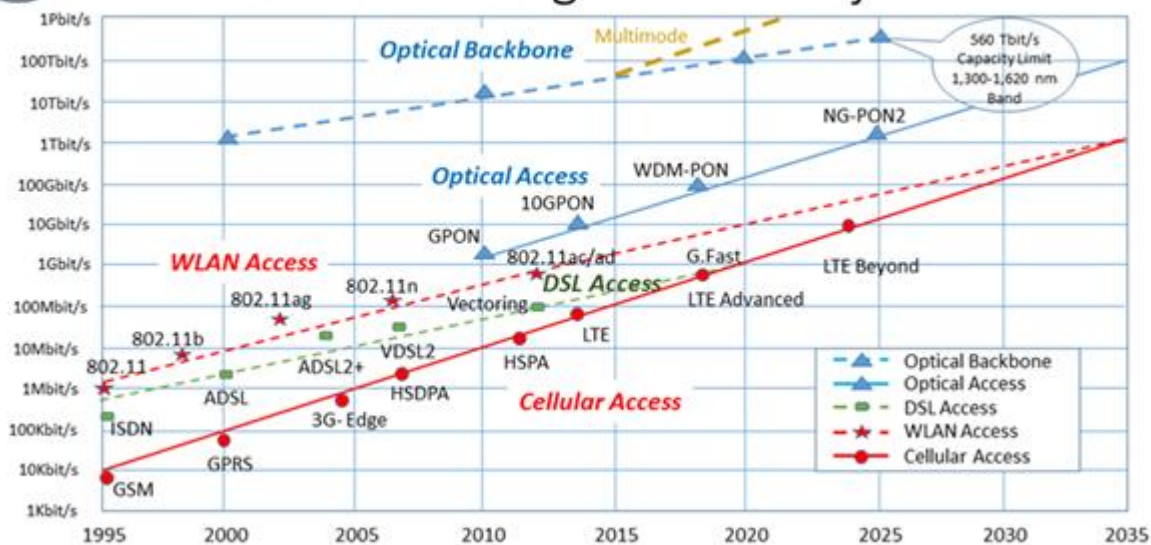
Source: Cisco Virtual Network Index, 2014

Un'interessante stima a medio-lungo termine del progressivo incremento che la tecnologia consentirà, sia sulle reti wired che sulle reti wireless, nei prossimi 20 anni è

stata effettuata da Maurizio Decina, professore emerito del Politecnico di Milano, ed è riportata nella seguente figura:



Market entry Benchmark of Wired and Wireless Technologies with Projections



Source: M. Dècina, 2014, based on data by Bell Labs, G. Fettweis, and others

DEIB-Politecnico di Milano

Maurizio Dècina, Future of Networks, TTM 2014, San Jose, CA, USA, October 22th, 2014

1

Se questo è lo scenario previsionale, ben si comprende come lo spettro radio, e cioè l'insieme delle bande di frequenza a disposizione delle comunicazioni digitali (fisse e mobili, voce e dati, radio e TV broadcast), costituisca una risorsa strategica, e certamente scarsa rispetto ai crescenti bisogni derivanti dai piani di sviluppo degli operatori Media e TLC e dal diffondersi dai nuovi servizi ed applicazioni per il mercato: tutti ricorderanno le aste miliardarie in Italia ed in altri Paesi europei per l'acquisizione da parte degli operatori mobili delle frequenze liberatesi da altre utilizzazioni radiotelevisive o militari.

La nuova soluzione, messa a punto dal professor Andrea Alù e basata sulla realizzazione di circolatori non-reciproci e non-magnetici, è relativamente semplice e potrà consentire a smartphone e ad altri

dispositivi wireless di raddoppiare, a parità di banda utilizzata, la attuale velocità di trasmissione/ricezione dei dati e di effettuare così comunicazioni in pieno full-duplex in luogo delle attuali comunicazioni half-duplex, comunque inefficienti anche con le nuove sofisticate tecniche allo studio o in via di adozione.

Sin dalla loro nascita, infatti, le comunicazioni radio devono fare i conti con il fenomeno noto come "autointerferenza": senza opportuni accorgimenti, i (deboli) segnali entranti in un dispositivo verrebbero sempre offuscati dai segnali generati e trasmessi dal dispositivo stesso (che hanno una potenza di alcuni ordini di grandezza superiore ai primi), e pertanto il ricevitore radio del dispositivo rischierebbe di captare solo i suoi propri segnali in uscita.

Per tale ragione ogni apparato radio – dai nostri smartphone, alle stazioni radio-base degli operatori mobili, ai router Wi-Fi, ai sistemi di comunicazione militari - trasmettono ad una frequenza e ricevono ad un'altra oppure usano la stessa frequenza ma la commutano alternativamente, in trasmissione ed in ricezione, e questa modalità genera inefficienza e necessità di usare maggiore quantità di spettro rispetto a quanto strettamente necessario.

Ridurre drasticamente gli effetti dell'autointerferenza, è un obiettivo strategico per tutte le tipologie di comunicazioni radio poiché in tal modo si potranno conseguire risultati importanti in diverse direzioni: dalla possibilità di aumentare il throughput e la resilienza WiFi nelle aree densamente affollate, alla possibilità di ridurre la quantità di spettro utilizzato dalle reti TLC nelle tratte di backhaul wireless, alla maggiore efficienza del roaming globale LTE (abilitando le infrastrutture cellulari e i dispositivi d'utente a supportare frequenze multiple e la "carrier aggregation"), alla possibilità in campo militare di inibire le comunicazioni radio nemiche salvaguardando integralmente le comunicazioni amiche.

Diverse strade sono state intraprese, e sono adottate o sperimentate in Europa e negli USA, per risolvere questo problema: esse si basano generalmente su tecniche digitali di "signal processing" come, ad esempio, sull'utilizzo di circuiti ancora più veloci in grado di valutare, in ogni istante, la "quantità" di interferenza che un trasmettitore radio sta per generare e di creare, conseguentemente, un apposito segnale "compensatorio" in grado di attenuare l'interferenza. Altre soluzioni si ba-

sano su metodi di codifica del segnale di tipo innovativo, su sistemi ultraveloci di scambio al volo delle frequenze assegnate, su nuovi sofisticati software per riconfigurare in modo adattivo la rete (Software Defined Networks).

Ebbene, la nuova via individuata dal professor Alù, potrà condurre a significative semplificazioni e decisi incrementi di efficienza, migliorando le performance delle tecniche oggi utilizzate.

Il nuovo circuito, infatti, che si definisce "circolatore non-reciproco e non-magnetico", è in grado di isolare in un determinato apparato i segnali in ricezione da quelli in trasmissione agendo così come una sorta di filtro selettivo interposto tra l'antenna dell'apparato e la sua circuiteria radio.

In altre parole, il circolatore si comporta, per la sua caratteristica di non-reciprocità, come un incrocio a tre vie, costituita ciascuna da un conduttore, che entrano in esso: i segnali possono entrare, o uscire, dall'incrocio su ciascuna di queste tre vie, ma l'utilizzo di specifici componenti, detti "risonatori" e dislocati opportunamente nell'incrocio, forzano i segnali a propagarsi solo in senso orario. Quando un'antenna di un dispositivo wireless è connessa ad uno dei fili che conducono al circolatore, esso isola i segnali appena ricevuti dall'antenna da quelli che il dispositivo ha generato e messo in trasmissione.

I circolatori tradizionali, basati sull'effetto della rotazione Faraday nella ferrite magnetizzata, in effetti, già da tempo sono utilizzati e costituiscono un componente essenziale dei sistemi radar, ma sinora so-

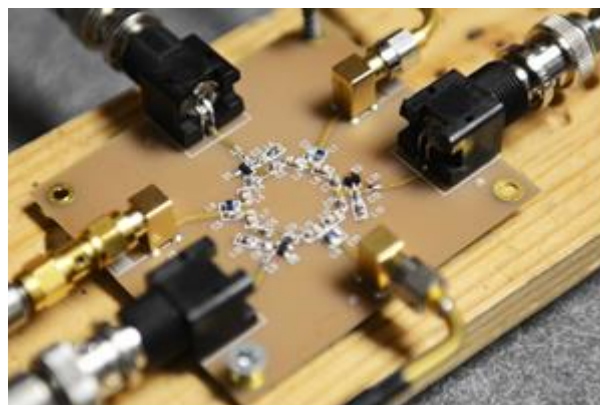
no stati realizzati utilizzando esclusivamente grandi magneti e terre rare che li rendono costosi, pesanti e di grosse dimensioni e quindi del tutto inadatti ad essere utilizzati nei laptop e negli smartphone. Inoltre un circolatore tradizionale funziona efficacemente nello spettro delle microonde, mentre alle frequenze ottiche non presenta alcun effetto di non-reciprocità.

Il nuovo prototipo, invece, che opera nel campo delle radio frequenze (circa 200 MHz), ma che può essere sintonizzato a frequenze più alte, anche ottiche, e comunque entro uno spettro molto ampio, ha mostrato promettenti risultati con isolamento di 60 dB, ben maggiore di quello offerto da isolatori tradizionali, e non richiede l'uso dei magneti, utilizzando solo componenti circuitali di tipo comune, come, ad esempio, il silicio ed il rame che hanno già consentito di implementare un dispositivo sperimentale delle dimensioni di due cm.. Con poche modifiche al progetto potrà essere facilmente miniaturizzato, sino alle dimensioni dei micron, per essere integrato nell'antenna di un telefono cellulare o di altri dispositivi wireless.

Effettuate le necessarie verifiche per industrializzare il prodotto, e per integrarlo nelle configurazioni HW degli apparati, potrà essere avviata la sua commercializzazione sul mercato che si prevede già entro un anno nel comparto dei radar ed entro tre anni per l'industria dei cellulari.

Riassumendo, si può sottolineare che il nuovo circolatore, realizzato dal professor Andrea Alù con la sua équipe, non solo potrà sostituire gli attuali componenti non-reciproci a microonde - con grandi vantaggi in termini di dimensioni, integrazione,

linearità, possibilità di tuning, riduzione del rumore e costi - ma potrà trovare nuove interessantissime utilizzazioni su diverse frequenze e tipologie di onda, nel campo della luce o del suono, aprendo così nuove prospettive nella tecnologia integrata nanofotonica.



Magnet-Based Radio Wave Device Versus Texas Engineers' Circulator

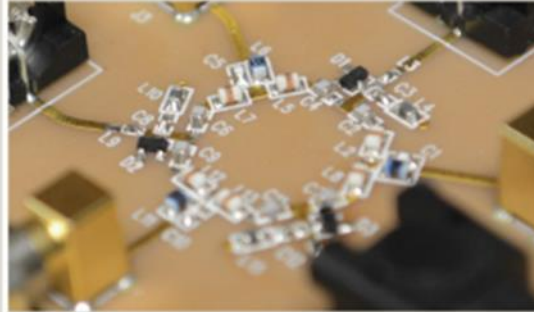
Existing radio wave circulator



- Magnet-based
- Large and heavy
- Relies on expensive magnets and magnetic materials
- Magnets cannot be integrated into circuit boards

NEW

Radio wave circulator



- Circuit-based, no magnet needed
- Compact and lightweight
- Can be made with common and inexpensive materials
- Can be integrated into circuit boards of modern communication systems, including cellphones, Wi-Fi and routers



Finsiel

www.finsiel.it

futuropresente

Il Gruppo Almaviva The Italian Innovation Company
nasce dall'integrazione tra attività
del Gruppo Cos e del Gruppo Finsiel.

Un patrimonio di professionalità e di competenze che offre servizi
nei settori strategici dell'economia:
Pubblica Amministrazione, Trasporti,
Industria, Finanza, Telecomunicazioni.



Il Gruppo Almaviva The Italian Innovation Company
opera con un modello di business che disegna, realizza
e gestisce insieme ai clienti servizi end to end.

L'offerta integrata di **Almaviva**
apre la strada a un mondo nuovo che si chiama:

Information & Communication Services
una realtà dove l'innovazione è business.

Gruppo
Almaviva

www.almavivaitalia.it



Making Innovation

▶ BUSINESS INTELLIGENCE E DATA WAREHOUSE

▶ BUSINESS PROCESS MANAGEMENT
E APPLICAZIONI WORKFLOW

▶ WEB PORTAL & APPS

▶ DOCUMENT & CONTENT MANAGEMENT

▶ BUSINESS CONSULTING

▶ BUSINESS SECURITY INFORMATION & DATA PROTECTION

▶ IT SERVICE MANAGEMENT

www.eustema.it