

Link in fibra ottica Torino-Firenze per confronti remoti di frequenza ad alta accuratezza.

C. Clivati^{1,2}, D. Calonico², F. Levi², A. Mura², G. A. Costanzo¹, N. Poli³ e A. Godone²

1-Politecnico di Torino, corso Duca degli Abruzzi 24, Torino.

2- Divisione di Ottica, Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica-INRIM, Strada delle Cacce 91, 10135 Torino.

3- Università degli Studi di Firenze - P.zza S.Marco 4 - 50121 Firenze .

L'INRIM è l'Istituto Metrologico Italiano, ha sede in Torino e realizza in Italia la definizione dell'unità campione di tempo e frequenza nel Sistema Internazionale delle unità di misura tramite orologi atomici, genera la scala di tempo italiana e dissemina riferimenti accurati di tempo e frequenza. Con i propri orologi atomici contribuisce inoltre alla generazione della scala di tempo internazionale.

Tali competenze sono basilari per l'avanzamento tecnologico in diversi campi, in particolare in aree come le telecomunicazioni e l'industria spaziale o la navigazione satellitare per quanto riguarda la sincronizzazione dei segnali dei satelliti di sistemi quali GPS o Galileo. Inoltre, la realizzazione di segnali di riferimento di frequenza sempre più stabili ed accurati è un punto chiave anche per l'avanzamento della ricerca fondamentale. Ogni miglioramento nella realizzazione e nella disseminazione di segnali di tempo e frequenza ha quindi un impatto a largo spettro sull'innovazione scientifica e tecnologica.

D'altra parte, quanto più accurati e stabili diventano i segnali di tempo e frequenza realizzabili, tanto più elevate sono le prestazioni che si richiedono alle tecniche di trasferimento a distanza degli stessi.

Le possibilità di sincronizzazione remota di segnali di tempo/frequenza hanno il loro stato dell'arte nei metodi satellitari a due vie (in particolare il Two Way Satellite Time and Frequency Transfer-TWSTFT), che tuttavia sono totalmente inadatti a sfruttare le potenzialità degli orologi ottici di nuova generazione.

La necessità di sviluppo di nuovi metodi di sincronizzazione e confronto remoto che raggiunga adeguati risultati in termini di stabilità è stata riconosciuta quale obiettivo primario ai più alti livelli metrologici internazionali ed il solo metodo finora in grado di raggiungere gli obiettivi prefissati è il link ottico di frequenza su fibra ottica.

Lo sviluppo di network in fibra ottica per il confronto remoto di frequenza tra Istituti di Metrologia e Laboratori di Spettroscopia atomica su scala continentale sarà dunque una priorità per gli Istituti Metrologici nel prossimo futuro, come riconosciuto dall'Associazione Europea degli Istituti Metrologici Nazionali (EURAMET) e già sono presenti concrete proposte per la costituzione di network transnazionali basati su fibre commerciali.

Progetti pionieri hanno dimostrato eccellenti risultati in U.S.A., Francia, Germania. In questi Paesi sono stati realizzati link ottici di svariate centinaia di km, basati sull'infrastruttura in fibra ottica esistente. In particolare, è stata dimostrata la possibilità di operare su singoli canali in fibre simultaneamente occupate dall'abituale traffico Internet, senza conseguenze né sulle prestazioni del link, né sul traffico stesso.

L'INRIM sta sviluppando l'esperimento LinkO, finalizzato a realizzare la disseminazione di frequenza basata sull'uso di infrastrutture in fibra ottica.

L'INRIM è interessato a raggiungere Modane, a 100 km a nord di Torino, poco oltre il confine francese, con l'obiettivo di connettersi in futuro a Parigi e poter così partecipare attivamente alla realizzazione di una nascente rete europea per lo scambio di segnali di riferimento ultrastabili di frequenza. Sul fronte nazionale è invece interessato a raggiungere il Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non Lineare-LENS di Firenze con un link ottico di 400 km: grazie al segnale ottico inviato dall'INRIM il LENS potrà effettuare

misure spettroscopiche assolute ad alta precisione ed altri esperimenti di fisica fondamentale fino ad allora irrealizzabili.

L'INRIM ha già realizzato le sorgenti laser ultrastabili che saranno utilizzate ed ha realizzato in laboratorio un prototipo di link ottico che sfrutta bobine di fibra ottica su lunghezze tipiche di 100 km, dimostrando di poter trasferire a queste distanze un segnale di frequenza con una stabilità relativa di 10^{-17} per tempi di misura di 1 s e di 10^{-19} per tempi di misura di un giorno, mentre le tecniche satellitari attuali hanno una stabilità relativa di 10^{-9} a 1 s e 10^{-14} per tempi di misura di 1 giorno.

A tutt'oggi, dunque, la tecnologia sviluppata consente l'implementazione del sistema su fibre reali.

Alla conferenza, proponiamo di descrivere il progetto di link ottico fra Torino e Firenze, illustrando i primi risultati ottenuti in laboratorio, l'apparato necessario per l'implementazione di un link reale, i risultati attesi e l'impatto che tale progetto può avere sulla comunità scientifica e tecnologica.

Particolare attenzione sarà dedicata alla descrizione dell'architettura necessaria e alle potenzialità dell'attuale rete GARR-X rispetto a questa possibile applicazione.

GARR-X si configura infatti come un'infrastruttura fondamentale per LinkO, che necessita di una rete completamente ottica per ottenere il trasferimento dei segnali. Infatti, la rete attuale GARR-G contiene nodi di trasduzione ottico-elettrico-ottico che distruggerebbero la coerenza di fase del segnale, impedendo il trasferimento di segnali di frequenza accurati.

D'altra parte GARR potrebbe includere LinkO fra i servizi innovativi offerti dalla rete. Le applicazioni di un sistema in fibra per il confronto e la sincronizzazione vanno infatti ben oltre la Metrologia e hanno suscitato recente interesse in ambito fisico, informatico e nell'industria delle telecomunicazioni.

Il link Ottico di frequenza rappresenta sicuramente un'infrastruttura di primaria importanza per lo sviluppo della ricerca metrologica, fisica e dell'industria ad alta tecnologia su scala transnazionale.

Esso rappresenterebbe in definitiva un'interessante ed innovativa applicazione per la rete GARR-X, che già possiede da parte sua tutti i requisiti e l'hardware necessario per la sua realizzazione concreta.