

Segnali provenienti da quasar lontani collegano per la prima volta orologi atomici tra diversi continenti

Fonte: INRiM - INAF



L'orologio ad atomi di itterbio intrappolati in un reticolo ottico (IT-Yb₁), operato presso l'INRiM di Torino, Italia
© Filippo Bregolin /INRiM

Radiotelescopi trasportabili potrebbero fornire confronti globali fra i migliori orologi atomici ad alta precisione

Utilizzando radiotelescopi che osservano quasar extragalattici, scienziati hanno collegato orologi atomici ottici tra diversi continenti con una nuova tecnica con l'obiettivo di migliorare le misure di tempo internazionali. I risultati sono stati pubblicati sulla rivista scientifica *Nature Physics* da astronomi e esperti di orologi dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM), l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), in collaborazione col National Institute of Information and Communications Technology (NICT) in Giappone, e il Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) in Francia.

L'ora esatta internazionale (UTC, Coordinated Universal Time) viene calcolata dal confronto degli orologi atomici tramite comunicazioni satellitari e diffusa regolarmente per tutti gli usi civili dal BIPM. Le connessioni satellitari sono essenziali per mantenere un tempo globale sincronizzato ma non hanno tenuto il passo con lo sviluppo di nuovi orologi atomici: "gli orologi ottici utilizzano laser che interagiscono con atomi ultrafreddi per dare un ticchettio molto raffinato" spiega Marco Pizzocaro,

fisico all'INRiM e primo autore della ricerca, "E' importante che questi orologi non si limitino a funzionare solo in laboratorio ma che vengano confrontati tra di loro. Purtroppo i satelliti richiedono troppo tempo per farlo in maniera efficace."

Questa nuova ricerca ha sostituito i satelliti con sorgenti radio extragalattiche altamente energetiche come fonte di segnali di riferimento. Gli scienziati del NICT hanno progettato due speciali radiotelescopi, uno installato in Giappone e l'altro in Italia al radio osservatorio INAF a Medicina (Bologna). I telescopi sfruttano la tecnica di Very Long Baseline Interferometry (VLBI) e sono in grado di effettuare osservazioni su un'ampia larghezza di banda, mentre i dischi delle antenne di soli 2,4 metri di diametro li mantengono trasportabili. Per raggiungere la sensibilità richiesta, queste antenne hanno lavorato in tandem con un radiotelescopio più grande da 34 m a Kashima, in Giappone, durante le misurazioni effettuate dal 14 ottobre 2018 al 14 febbraio 2019. Per il radiotelescopio di Kashima, queste sono state tra le ultime osservazioni prima che fosse irrimediabilmente danneggiato dal tifone Faxai nel settembre 2019.

L'obiettivo della collaborazione era collegare due orologi ottici, uno in Italia e l'altro in Giappone, separati da una distanza di 8700 km. Questi orologi sfruttano centinaia di atomi ultra freddi caricati in un reticolo ottico, una trappola atomica ottenuta con luce laser. L'orologio italiano all'INRiM di Torino usa atomi di itterbio per realizzare uno dei riferimenti di frequenza più precisi al mondo. Gli atomi di itterbio, come gli atomi di stronzio usati invece dai ricercatori giapponesi, sono candidati per una futura ridefinizione del secondo nel Sistema Internazionale di Unità di misura (SI). Secondo Davide Calonico, capo della divisione Quantum Metrology and Nanotechnology e coordinatore della ricerca presso INRiM "oggi, le nuove generazioni di orologi stanno portando a rivedere la definizione del secondo. La strada verso una ridefinizione deve affrontare la sfida di confrontare gli orologi a livello globale, su scala intercontinentale, con prestazioni migliori di quelle odierne".

Il collegamento tra l'orologio di Torino e l'antenna a Medicina sfrutta l'infrastruttura della dorsale italiana in fibra ottica per il trasferimento di segnali di frequenza. "L'osservatorio di Medicina è stato un sito privilegiato per l'installazione della antenna trasportabile anche grazie al collegamento coerente in fibra ottica con l'INRiM di Torino" spiega Federico Perini, coordinatore della ricerca ad INAF. "Inoltre, è importante il collegamento alla rete dati ad alta velocità per la ricerca (GARR), che ci ha permesso di gestire l'enorme mole di dati generati (60TB per ogni sessione di acquisizione dati) in modo sistematico ed efficace."

Il collegamento con radio antenne è possibile osservando quasar distanti miliardi di anni luce: sorgenti radio alimentate da buchi neri di milioni di masse solari ma talmente distanti da poter essere considerati punti fissi nel cielo. I telescopi puntano a una stella diversa ogni pochi minuti per compensare gli effetti dell'atmosfera. "E' l'analisi geodetica dei dati VLBI che fornisce la soluzione utilizzata per il confronto tra orologi" spiega Monia Negusini, ricercatrice all'INAF ed esperta di queste tecniche.

Le antenne come quelle trasportabili utilizzate in queste misurazioni possono essere installate direttamente presso i laboratori che sviluppano orologi ottici in tutto il mondo. Le osservazioni appena pubblicate dimostrano che questo può realizzare una rete di orologi globale con prestazioni migliori e senza i costi e le licenze radio necessarie per le comunicazioni satellitari. Oltre a migliorare il tempo internazionale, tale infrastruttura apre anche nuovi modi per studiare la fisica fondamentale e la relatività generale, per esplorare le variazioni del campo gravitazionale terrestre, o anche la variazione delle costanti fondamentali alla base della fisica. Federico Perini ha commentato "Siamo orgogliosi di aver fatto parte di questa collaborazione contribuendo a realizzare un così grande passo avanti nello sviluppo di tecniche che, utilizzando le sorgenti radio più distanti dell'Universo, rendono possibile la misura delle frequenze generate da due tra i più precisi e accurati orologi qui sulla Terra." mentre Davide Calonico conclude "Il nostro confronto con VLBI offre una nuova prospettiva per migliorare e indagare nuovi metodi per il confronto di orologi, guardando anche alla contaminazione tra diverse discipline".