



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



20 dicembre 2018

ESPLORATE LE COMUNICAZIONI QUANTISTICHE NELLE ORBITE GNSS PER LA PRIMA VOLTA AL CENTRO ASI DI MATERA CON L'UNIVERSITÀ DI PADOVA

Prime Comunicazioni Quantistiche per Orbite GNSS grazie alla collaborazione tra ASI e Università di Padova

I sistemi di navigazione satellitare (GNSS) permettono a dispositivi elettronici dotati di appositi ricevitori, come gli smartphone, di localizzarsi precisamente in un qualsiasi punto della superficie terrestre, fornendo così un servizio oggi indispensabile per governi, istituzioni e cittadini. Per questo motivo, i sistemi GNSS sono infrastrutture di importanza strategica a livello mondiale. Attualmente, diverse costellazioni di satelliti GNSS sono operative (il Global Positioning System americano, il GLONASS russo, il Galileo europeo, il BeiDou cinese, il QZSS giapponese e l'INRSS/NAVIC indiano) e in costante sviluppo per fornire una migliore accuratezza nella localizzazione e ulteriori servizi come la distribuzione e la sincronizzazione del tempo legale, usato per esempio per regolare il traffico aereo del pianeta. Alla base del corretto funzionamento dei sistemi GNSS è la capacità di scambiare in maniera sicura dati e segnali di controllo con i satelliti della costellazione, sfruttando tipicamente le comunicazioni radio. Questi segnali radio sono crittati con tecniche standard di crittografia "classica", che al momento rappresenta lo strumento più sicuro per garantirne l'inviolabilità. Tuttavia, questa tecnica si rivelerà completamente vulnerabile con l'avvento del computer quantistico, al cui sviluppo stanno lavorando compagnie quali Microsoft, Google e IBM.

Esiste già però una tecnologia più avanzata, basata sulla trasmissione di segnali ottici (cioè impulsi di luce) e non più radio, che risulta inviolabile anche ai computer quantistici, e che sfrutta a sua volta le leggi quantomeccaniche della Natura: la distribuzione quantistica di chiavi crittografiche (QKD, dall'inglese Quantum Key Distribution). Lo sviluppo della QKD ha suscitato negli ultimi anni un notevole interesse da parte della comunità scientifica globale, ricevendo importanti finanziamenti sia dal settore privato che da quello pubblico, come dimostrato dall'avvio della Quantum Flagship, un'iniziativa europea che investirà un miliardo di euro nei prossimi dieci anni per sviluppare queste nuove tecnologie.

Considerando quindi il più elevato livello di sicurezza permesso dalla QKD e le recenti dimostrazioni della sua fattibilità tecnologica anche in link tra satelliti e terminali a terra, i responsabili dello sviluppo dei sistemi GNSS stanno considerando seriamente l'utilizzo di questa tecnologia per mettere in sicurezza le comunicazioni intra-satellitari all'interno della costellazione e tra i satelliti e le stazioni a terra.

La collaborazione tra **QuantumFuture**, il gruppo di Ricerca dell'**Università degli Studi di Padova**, presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e coordinato dal Prof. Paolo Villorosi, e l'osservatorio **Matera Laser Ranging Observatory** (MLRO) dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) situato a Matera e diretto dal Dr. Giuseppe Bianco, ha realizzato pionieristiche

ricerche sulle comunicazioni quantistiche e della QKD, tra satelliti e stazioni terrestri.

Nell'articolo, apparso oggi nella rivista *Quantum Science and Technology* dell'Institute of Physics inglese, questa collaborazione ha dimostrato, per la prima volta, la fattibilità delle comunicazioni quantistiche tra un satellite GNSS e una stazione a terra, realizzando lo scambio di pochi fotoni per impulso tra due satelliti diversi della costellazione GLONASS e MLRO. Stimando le perdite a cui va incontro il debole segnale quantistico lungo il canale satellitare, sono state determinate le caratteristiche di un trasmettitore QKD adatto per sistemi GNSS e di un ricevitore a terra dedicato, attestando la fattibilità della QKD anche in tale scenario.

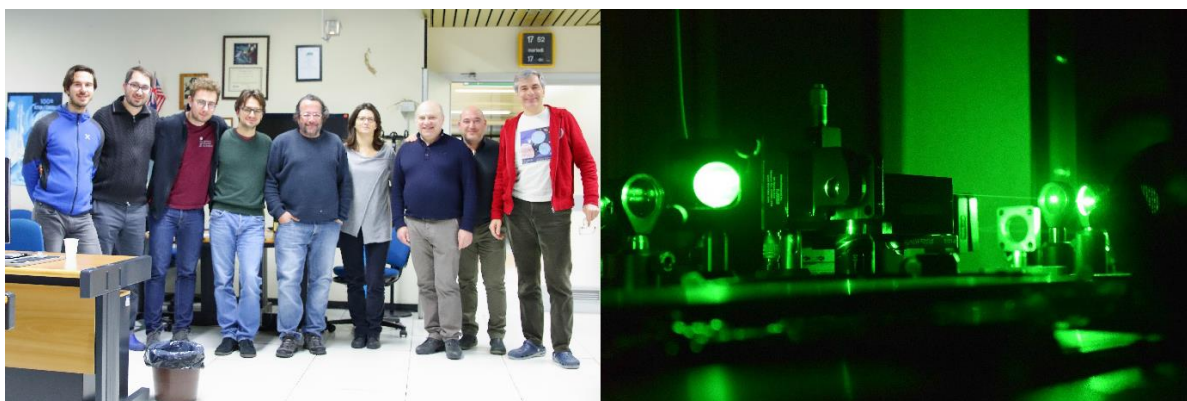
Questo risultato estende il record delle comunicazioni quantistiche a una distanza di 20000 km e rende più vicino l'utilizzo della QKD per mettere in sicurezza le costellazioni GNSS.

Inoltre, l'accesso a orbite così alte, fornirà anche una risorsa per nuovi esperimenti fondamentali di fisica nello spazio, come già realizzato dall'Accademia della Scienza Cinese con satelliti in orbita terrestre bassa (LEO).

L'importanza strategica e l'impegno dell'ASI nello sviluppare queste nuove tecnologie sono attestati non solo dal contributo in prima persona del Dr. Bianco, coautore dell'articolo, ma anche della componente tecnologica della società e-GEOS, partecipata da ASI, e che vede tra gli autori la responsabile presso il Centro, Dr. Vincenza Luceri.

La recente dimostrazione si aggiunge ai precedenti risultati portati a segno dalla collaborazione, a partire dal primo scambio di singoli fotoni tra un satellite in orbita LEO (1500km) nel 2008; la trasmissione di bit quantistici codificati in polarizzazione nel 2015 e tempo nel 2016; l'estensione del canale quantistico a satelliti in orbita media (7000km); e la realizzazione nel 2017 di un esperimento fondamentale sul dualismo onda-particella della luce nello spazio.

Nelle immagini: una foto di alcuni componenti della collaborazione, presso MLRO e una foto del setup ottico per la trasmissione dei qubit nello spazio.



Riferimenti bibliografici:

- L. Calderaro *et al.* Towards quantum communication from global navigation satellite system. *Quantum Sci. Technol.* XX,XXXXX (2018).
- Villoresi, P. *et al.* Experimental verification of the feasibility of a quantum channel between space and Earth. *New J. Phys.* **10**, (2008).
- Vallone, G. *et al.* Experimental Satellite Quantum Communications. *Phys. Rev. Lett.* **115**, 040502 (2015).
- Vallone, G. *et al.* Interference at the Single Photon Level Along Satellite-Ground Channels. *Phys. Rev. Lett.* **116**, 253601 (2016).

- Dequal, D. *et al.* Experimental single-photon exchange along a space link of 7000 km. *Phys. Rev. A* **93**, 010301 (2016).
- Vedovato, F. *et al.* Extending Wheeler's delayed-choice experiment to space. *Sci. Adv.* **3**, e1701180 (2017).

Esiste già però una tecnologia più avanzata, basata sulla trasmissione di segnali ottici (cioè impulsi di luce) e non più radio, che risulta inviolabile anche ai computer quantistici, e che sfrutta a sua volta le leggi quantomeccaniche della Natura: la distribuzione quantistica di chiavi crittografiche (QKD, dall'inglese Quantum Key Distribution). Lo sviluppo della QKD ha suscitato negli ultimi anni un notevole interesse da parte della comunità scientifica globale, ricevendo importanti finanziamenti sia dal settore privato che da quello pubblico, come dimostrato dall'avvio della Quantum Flagship, un'iniziativa europea che investirà un miliardo di euro nei prossimi dieci anni per sviluppare queste nuove tecnologie.

Considerando quindi il più elevato livello di sicurezza permesso dalla QKD e le recenti dimostrazioni della sua fattibilità tecnologica anche in link tra satelliti e terminali a terra, i responsabili dello sviluppo dei sistemi GNSS stanno considerando seriamente l'utilizzo di questa tecnologia per mettere in sicurezza le comunicazioni intra-satellitari all'interno della costellazione e tra i satelliti e le stazioni a terra.

La collaborazione tra **QuantumFuture**, il gruppo di Ricerca **dell'Università degli Studi di Padova**, presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e coordinato dal Prof. Paolo Villoresi, e l'osservatorio **Matera Laser Ranging Observatory (MLRO)** dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) situato a Matera e diretto dal Dr. Giuseppe Bianco, ha realizzato pionieristiche ricerche sulle comunicazioni quantistiche e della QKD, tra satelliti e stazioni terrestri.

Nell'articolo, apparso oggi nella rivista Quantum Science and Technology dell'Institute of Physics inglese, questa collaborazione ha dimostrato, per la prima volta, la fattibilità delle comunicazioni quantistiche tra un satellite GNSS e una stazione a terra, realizzando lo scambio di pochi fotoni per impulso tra due satelliti diversi della costellazione GLONASS e MLRO. Stimando le perdite a cui va incontro il debole segnale quantistico lungo il canale satellitare, sono state determinate le caratteristiche di un trasmettitore QKD adatto per sistemi GNSS e di un ricevitore a terra dedicato, attestando la fattibilità della QKD anche in tale scenario.

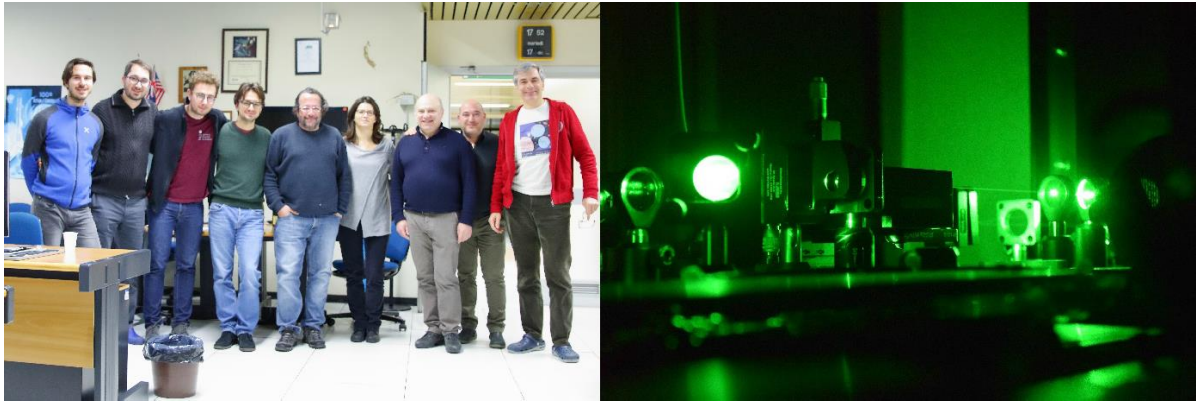
Questo risultato estende il record delle comunicazioni quantistiche a una distanza di 20000 km e rende più vicino l'utilizzo della QKD per mettere in sicurezza le costellazioni GNSS.

Inoltre, l'accesso a orbite così alte, fornirà anche una risorsa per nuovi esperimenti fondamentali di fisica nello spazio, come già realizzato dall'Accademia della Scienza Cinese con satelliti in orbita terrestre bassa (LEO).

L'importanza strategica e l'impegno dell'ASI nello sviluppare queste nuove tecnologie sono attestati non solo dal contributo in prima persona del Dr. Bianco, coautore dell'articolo, ma anche della componente tecnologica della società e-GEOS, partecipata da ASI, e che vede tra gli autori la responsabile presso il Centro, Dr. Vincenza Luceri.

La recente dimostrazione si aggiunge ai precedenti risultati portati a segno dalla collaborazione, a partire dal primo scambio di singoli fotoni tra un satellite in orbita LEO (1500km) nel 2008; la trasmissione di bit quantistici codificati in polarizzazione nel 2015 e tempo nel 2016; l'estensione del canale quantistico a satelliti in orbita media (7000km); e la realizzazione nel 2017 di un esperimento fondamentale sul dualismo onda-particella della luce nello spazio.

Nelle immagini: una foto di alcuni componenti della collaborazione, presso MLRO e una foto del setup ottico per la trasmissione dei qubit nello spazio.



Riferimenti bibliografici:

- L. Calderaro *et al.* Towards quantum communication from global navigation satellite system. *Quantum Sci. Technol.* XX,XXXXX (2018).
- Villoresi, P. *et al.* Experimental verification of the feasibility of a quantum channel between space and Earth. *New J. Phys.* **10**, (2008).
- Vallone, G. *et al.* Experimental Satellite Quantum Communications. *Phys. Rev. Lett.* **115**, 040502 (2015).
- Vallone, G. *et al.* Interference at the Single Photon Level Along Satellite-Ground Channels. *Phys. Rev. Lett.* **116**, 253601 (2016).
- Dequal, D. *et al.* Experimental single-photon exchange along a space link of 7000 km. *Phys. Rev. A* **93**, 010301 (2016).
- Vedovato, F. *et al.* Extending Wheeler's delayed-choice experiment to space. *Sci. Adv.* **3**, e1701180 (2017).

e 2018

ATTENZIONE EMBARGO FINO ALLE ORE 1:00 DEL 20 DICEMBRE 2018

Esplorate le Comunicazioni Quantistiche nelle Orbite GNSS per la prima volta al centro ASI di Matera con l'Università di Padova

Prime Comunicazioni Quantistiche per Orbite GNSS grazie alla collaborazione tra ASI e Università di Padova

I sistemi di navigazione satellitare (GNSS) permettono a dispositivi elettronici dotati di appositi ricevitori, come gli smartphone, di localizzarsi precisamente in un qualsiasi punto della superficie terrestre, fornendo così un servizio oggi indispensabile per governi, istituzioni e cittadini. Per questo motivo, i sistemi GNSS sono infrastrutture di importanza strategica a livello mondiale. Attualmente, diverse costellazioni di satelliti GNSS sono operative (il Global Positioning System americano, il GLONASS russo, il Galileo europeo, il BeiDou cinese, il QZSS giapponese e l'INRSS/NAVIC indiano) e in costante sviluppo per fornire una migliore accuratezza nella localizzazione e ulteriori servizi come la distribuzione e la sincronizzazione del tempo legale, usato per esempio per regolare il traffico aereo del pianeta. Alla base del corretto funzionamento dei sistemi GNSS è la capacità di scambiare in maniera sicura dati e segnali di controllo con i satelliti della costellazione, sfruttando tipicamente le comunicazioni radio. Questi segnali radio sono crittati con tecniche standard di crittografia "classica", che al momento rappresenta lo strumento più sicuro per garantirne l'inviolabilità. Tuttavia, questa tecnica si rivelerà completamente vulnerabile con l'avvento del computer quantistico, al cui sviluppo stanno lavorando compagnie quali Microsoft, Google e IBM.

Esiste già però una tecnologia più avanzata, basata sulla trasmissione di segnali ottici (cioè impulsi di luce) e non più radio, che risulta inviolabile anche ai computer quantistici, e che sfrutta a sua volta le leggi quantomeccaniche della Natura: la distribuzione quantistica di chiavi crittografiche (QKD, dall'inglese Quantum Key Distribution). Lo sviluppo della QKD ha suscitato negli ultimi anni un notevole interesse da parte della comunità scientifica globale, ricevendo importanti finanziamenti sia dal settore privato che da quello pubblico, come dimostrato dall'avvio della Quantum Flagship, un'iniziativa europea che investirà un miliardo di euro nei prossimi dieci anni per sviluppare queste nuove tecnologie.

Considerando quindi il più elevato livello di sicurezza permesso dalla QKD e le recenti dimostrazioni della sua fattibilità tecnologica anche in link tra satelliti e terminali a terra, i responsabili dello sviluppo dei sistemi GNSS stanno considerando seriamente l'utilizzo di questa tecnologia per mettere in sicurezza le comunicazioni intra-satellitari all'interno della costellazione e tra i satelliti e le stazioni a terra.

La collaborazione tra **QuantumFuture**, il gruppo di Ricerca dell'**Università degli Studi di Padova**, presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e coordinato dal Prof. Paolo Villoresi, e l'osservatorio **Matera Laser Ranging Observatory (MLRO)** dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) situato a Matera e diretto dal Dr. Giuseppe Bianco, ha realizzato pionieristiche ricerche sulle comunicazioni quantistiche e della QKD, tra satelliti e stazioni terrestri.

Nell'articolo, apparso oggi nella rivista Quantum Science and Technology dell'Institute of Physics inglese, questa collaborazione ha dimostrato, per la prima volta, la fattibilità delle comunicazioni quantistiche tra un satellite GNSS e una stazione a terra, realizzando lo scambio di pochi fotoni

per impulso tra due satelliti diversi della costellazione GLONASS e MLRO. Stimando le perdite a cui va incontro il debole segnale quantistico lungo il canale satellitare, sono state determinate le caratteristiche di un trasmettitore QKD adatto per sistemi GNSS e di un ricevitore a terra dedicato, attestando la fattibilità della QKD anche in tale scenario.

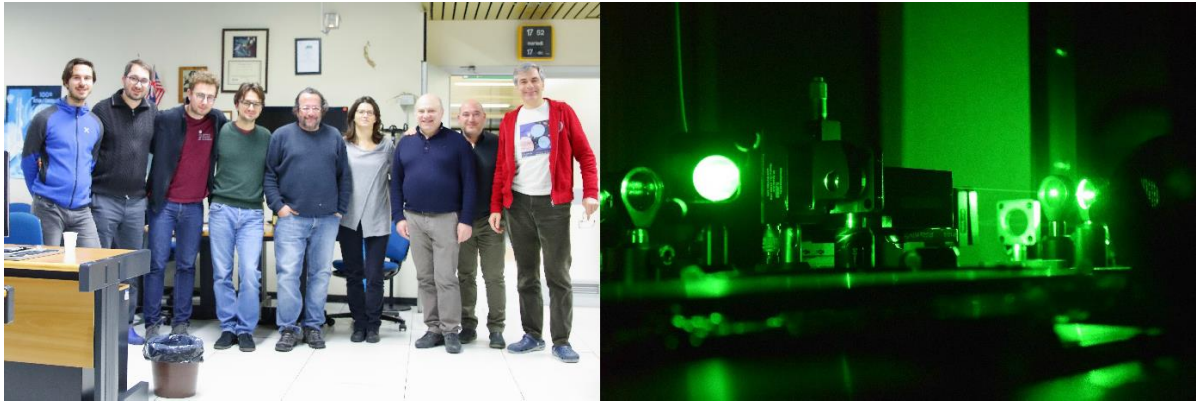
Questo risultato estende il record delle comunicazioni quantistiche a una distanza di 20000 km e rende più vicino l'utilizzo della QKD per mettere in sicurezza le costellazioni GNSS.

Inoltre, l'accesso a orbite così alte, fornirà anche una risorsa per nuovi esperimenti fondamentali di fisica nello spazio, come già realizzato dall'Accademia della Scienza Cinese con satelliti in orbita terrestre bassa (LEO).

L'importanza strategica e l'impegno dell'ASI nello sviluppare queste nuove tecnologie sono attestati non solo dal contributo in prima persona del Dr. Bianco, coautore dell'articolo, ma anche della componente tecnologica della società e-GEOS, partecipata da ASI, e che vede tra gli autori la responsabile presso il Centro, Dr. Vincenza Luceri.

La recente dimostrazione si aggiunge ai precedenti risultati portati a segno dalla collaborazione, a partire dal primo scambio di singoli fotoni tra un satellite in orbita LEO (1500km) nel 2008; la trasmissione di bit quantistici codificati in polarizzazione nel 2015 e tempo nel 2016; l'estensione del canale quantistico a satelliti in orbita media (7000km); e la realizzazione nel 2017 di un esperimento fondamentale sul dualismo onda-particella della luce nello spazio.

Nelle immagini: una foto di alcuni componenti della collaborazione, presso MLRO e una foto del setup ottico per la trasmissione dei qubit nello spazio.



Riferimenti bibliografici:

- L. Calderaro *et al.* Towards quantum communication from global navigation satellite system. *Quantum Sci. Technol.* XX,XXXXX (2018).
- Villoresi, P. *et al.* Experimental verification of the feasibility of a quantum channel between space and Earth. *New J. Phys.* **10**, (2008).
- Vallone, G. *et al.* Experimental Satellite Quantum Communications. *Phys. Rev. Lett.* **115**, 040502 (2015).
- Vallone, G. *et al.* Interference at the Single Photon Level Along Satellite-Ground Channels. *Phys. Rev. Lett.* **116**, 253601 (2016).
- Dequal, D. *et al.* Experimental single-photon exchange along a space link of 7000 km. *Phys. Rev. A* **93**, 010301 (2016).
- Vedovato, F. *et al.* Extending Wheeler's delayed-choice experiment to space. *Sci. Adv.* **3**, e1701180 (2017).