

GABRIEL PANKOW

Laser invece di ripieghi improvvisati: "Abbiamo trovato la soluzione per i detriti spaziali"

Lo spazio in orbita sta diventando sempre più ristretto a causa di tutti quei detriti spaziali. Qualcuno dovrebbe davvero inventare qualcosa per prevenire future collisioni con satelliti e stazioni spaziali. Wolfgang Riede vuole risolvere questo problema con i laser. In linea di principio, è davvero semplice.

Signor Riede, qual è l'entità del problema in orbita?

Riede: Attualmente ha le dimensioni di una Torre Eiffel e mezza. Questa è la quantità di detriti non manovrabili permanentemente in orbita attorno alla Terra, ovvero circa 13.000 tonnellate. Dato che l'orbita si sta riempiendo sempre di più e sempre più rapidamente di infrastrutture satellitari, prevediamo che la massa totale di detriti e satelliti raddoppierà o addirittura triplicherà entro il 2030, ovvero tra soli cinque anni!

Cosa sono esattamente i detriti spaziali?

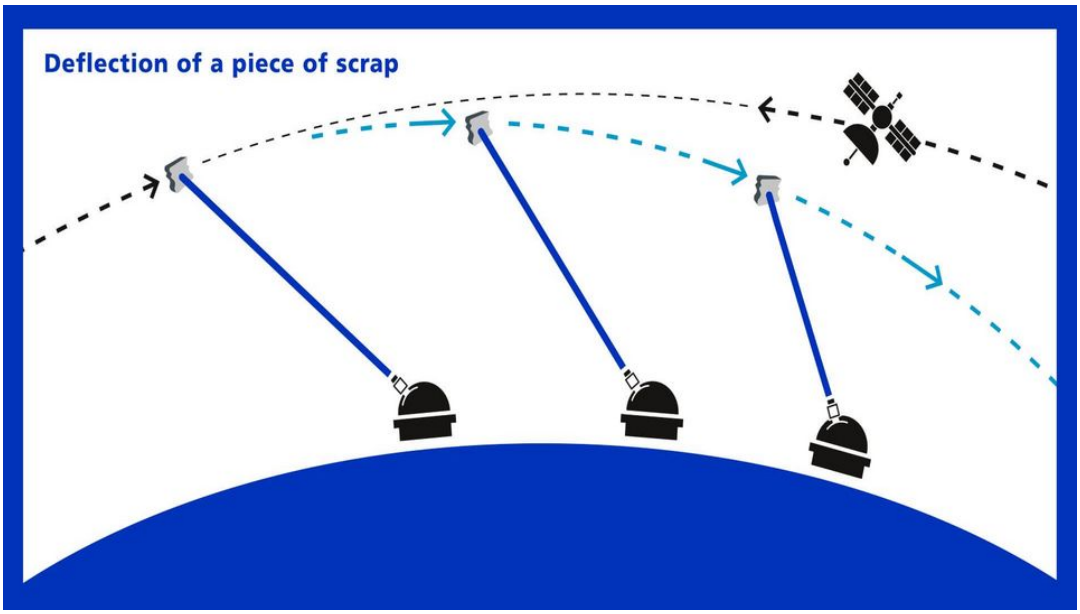
Riede: Le dimensioni variano da quelle di un granello di sabbia a quelle davvero grandi: inizialmente è composta da circa 50 oggetti di grandi dimensioni, come stadi di razzi abbandonati risalenti a 68 anni di storia dei voli spaziali, ad esempio, l'enorme satellite di osservazione della Terra Envisat dell'Agenzia spaziale europea (ESA), che ha semplicemente smesso di funzionare nel 2012 per motivi inspiegabili. Poi anche numerosi piccoli satelliti rotti. Inoltre, dalla Terra possiamo seguire circa 40.000 piccoli frammenti più grandi di dieci centimetri. E poi si aggiungono milioni e milioni di parti più piccole, la maggior parte delle quali non sappiamo nemmeno dove si trovino.

La spiegazione sugli stadi dei razzi e sui satelliti rotti è sensata. Ma da dove provengono tutti questi piccoli pezzi di scarto?

Riede: Le cause includono sia collisioni incontrollate che controllate: molte hanno origine dai cosiddetti test anti-satellite. Durante la Guerra Fredda, americani e sovietici volevano dimostrare l'uno all'altro che potevano abbattere i satelliti con i missili. Questo accade ancora oggi. Nel 2007 la Cina ha abbattuto uno dei suoi satelliti; lo stesso ha fatto la Russia nel 2021. Entrambe le esplosioni hanno lasciato enormi nubi di detriti in orbita.

Beh, lassù c'è un sacco di spazio...

Riede: C'è spazio, ma le parti sono in movimento e sfrecciano attorno alla Terra a velocità che possono raggiungere i 28.000 chilometri orari, in altre parole, quasi otto chilometri al secondo! Ogni parte si trova nella propria orbita; non volano in sincronia l'una accanto all'altra, come si potrebbe immaginare dagli anelli di Saturno, ma piuttosto in un caos selvaggio. Inoltre, le parti ruotano e quindi modificano costantemente e leggermente la loro orbita. Quindi può accadere che la Stazione Spaziale Internazionale (ISS) o uno dei tanti satelliti funzionanti finisca in rotta di collisione con un detrito. Quando si scontrano, viene rilasciata un'enorme quantità di energia, che difficilmente potremmo riprodurre sulla Terra. Gli ingegneri laser sapranno dare un senso a questi valori: una particella con un diametro di un millimetro, quindi minuscola, sviluppa un'energia di 70 joule per millimetro quadrato in una collisione in orbita: tantissima! In breve: i satelliti colpiti saranno distrutti o completamente disintegrati. Si perdono decine di milioni di euro e si danneggiano le infrastrutture che utilizziamo sulla Terra. Questo è il problema.



SCENARIO: un detrito in orbita è in rotta di collisione con un satellite e minaccia di danneggiarlo o distruggerlo. Dalla Terra, dieci stazioni terrestri, collegate in serie, irradiano il detrito e ne deviano la traiettoria, evitando così il satellite.

Ehm, e cosa si può fare al riguardo?

Riede: Due possibilità: se prevediamo una collisione, il satellite deve evitarla. La ISS fa questo quasi costantemente. Viene rifornita di carburante, ma i satelliti no. I satelliti hanno un numero limitato di manovre correttive, e ciascuna di esse riduce la durata di vita totale, quindi costa molto denaro. In secondo luogo, ci sono regolari missioni spaziali di pulizia in cui pezzi di detriti di medie dimensioni vengono afferrati da un braccio robotico e, per così dire, lanciati nell'atmosfera, dove si disintegrano. È costoso e non è nemmeno un'opzione per la maggior parte dei pezzi di scarto. Evidentemente entrambi i metodi sono solo soluzioni di ripiego. Ciò di cui abbiamo bisogno è una soluzione definitiva!

Ed è stata trovata?

Riede: Penso di sì. Trasferimento di Momento Laser (Laser Momentum Transfer, LMT), da noi affettuosamente chiamato "spinta laser". Il nostro team presso il Centro aerospaziale tedesco (DLR) ha messo a punto un piano per il suo funzionamento. E il principio è davvero facile da capire: i fotoni nella luce laser esercitano una pressione, la cosiddetta pressione luminosa. È bassa. Ma con un pezzo di detrito in orbita che sfreccia veloce, può fare la differenza. Se lo colpiamo frontalmente con un laser ad alta prestazione, lo rallentiamo. Se lo colpiamo da dietro, lo spingiamo in avanti. Il motivo è il seguente: se rallenta, precipita. Se accelera, sale. E quindi possiamo semplicemente spingerlo fuori dalla traiettoria di collisione con la Terra.

Ci deve essere qualche intoppo!

Riede: Non abbiamo bisogno di una sola stazione laser, ne servono dieci. Distribuite in tutto il mondo.

Qual è il motivo?

Riede: La pressione luminosa è molto bassa. Possiamo modificare la velocità del detrito solo di dieci micrometri al secondo. Questo vuol dire che dobbiamo insistere a lungo per ottenere un risultato. Immaginiamo che l'oggetto bersaglio appaia all'orizzonte; poi, a una velocità di volo di otto chilometri al secondo, abbiamo circa dieci minuti di contatto visivo prima che scompaia di nuovo dall'altra parte. Ma non possiamo illuminarlo non appena appare all'orizzonte, perché in tal caso l'angolo è ridotto e il raggio attraverserebbe molto spazio aereo. Tuttavia, possiamo utilizzare solo lo spazio aereo chiuso al traffico civile, e può trattarsi solo di un certo raggio attorno alla stazione di terra. Quindi, aspettiamo che si avvicini. Poi dobbiamo colpire l'oggetto frontalmente o posteriormente, perché vogliamo rallentarlo o spingerlo in avanti. In questo modo il periodo di tempo si dimezza nuovamente e si ottiene una durata del contatto di soli due o tre minuti. Non è sufficiente per una vera deviazione. La procedura funziona solo se dieci stazioni di terra sono collegate in serie e irradiano l'oggetto per dieci passaggi. Una sorta di staffetta laser.

Se tutto va bene, potremo dimostrarne la funzionalità tra cinque anni.

Wolfgang Riede, fisico laser e capo del dipartimento di Sistemi ottici attivi presso l'Istituto di Fisica Tecnica del Centro aerospaziale tedesco di Stoccarda

Capisco. Ma come pensate di riuscire a colpire questo piccolo oggetto in orbita?

Riede: Non è un problema. Nel settore aerospaziale usiamo da molto tempo procedimenti laser super precisi su distanze così lunghe. Ad esempio, anche solo per rilevare tali pezzi di scarto. È qualcosa di diverso, e sarà complicato.

Cosa sta ancora bloccando la situazione?

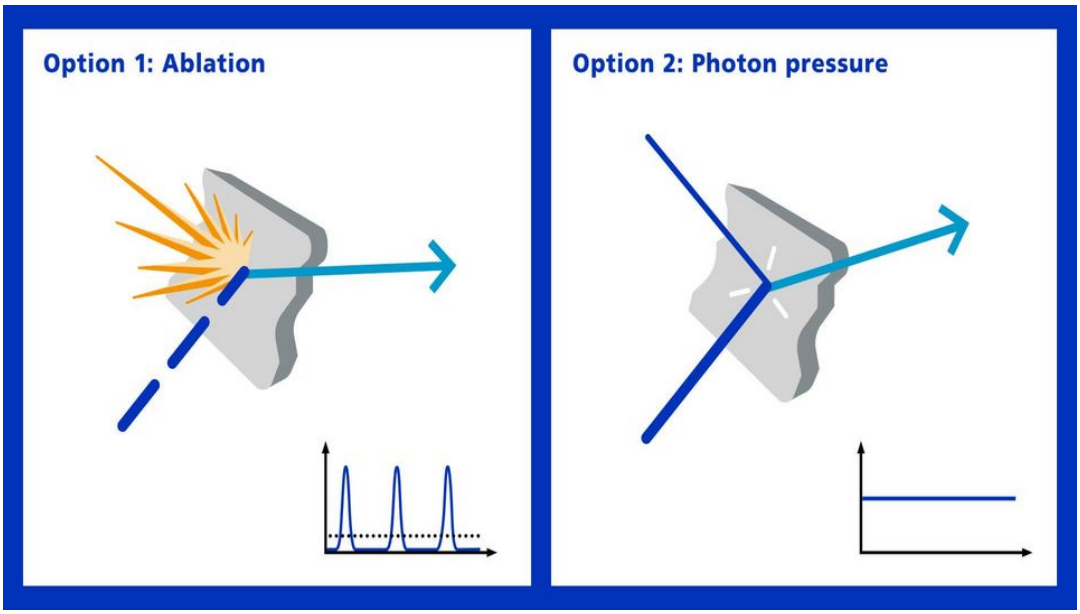
Riede: Con quanto anticipo è possibile prevedere con precisione una collisione. Non è assolutamente facile. Come per il meteo, la situazione diventa più difficile quanto più si vuole guardare nel futuro. Le nostre stazioni avrebbero bisogno di qualche giorno di anticipo. Stiamo lavorando su questo problema.

La spinta laser ha mai funzionato?

Riede: Non l'abbiamo mai provata nella vita reale, ma è normale per un progetto spaziale. Chiaramente, oltre alle stazioni terrestri, in una costellazione sono necessari due satelliti, che lavorino insieme per misurare l'effetto durante l'esposizione e segnalarcelo. Questi satelliti non esistono ancora.

Allora è tutto solo teoria...

Riede: Affatto! A dire il vero, sono sorpreso dalla rapidità con cui il nostro progetto DLR sta prendendo piede. L'ESA si è fatta carico del compito e ci ha incaricato di progettare una stazione di terra. Abbiamo scelto TRUMPF Scientific Lasers come partner per l'apparecchiatura laser. Se tutto fila liscio – finanziamento, costruzione, scelta delle stazioni di terra – dimostreremo il principio di funzionalità entro cinque anni. Ok, probabilmente non tutto andrà alla perfezione. Ma stiamo ancora parlando di un periodo di tempo ragionevole prima della realizzazione.



A sinistra: un raggio laser pulsato colpisce l'oggetto con una forza tale da creare un pennacchio di plasma che lo devia. Vantaggio: una sola passata è sufficiente, quindi il tempo di esecuzione è più breve. Svantaggio: c'è il rischio che l'oggetto si frantumi, trasformando un pericoloso pezzo di scarto in diversi pezzi.
A destra: un raggio laser continuo utilizza la pressione dei fotoni per deviare delicatamente l'oggetto dalla sua traiettoria. Vantaggio: non c'è rischio che l'oggetto si frantumi. Svantaggio: sono necessarie fino a dieci passate affinché l'effetto sia sufficiente. Il tempo di esecuzione è quindi più lungo.

Come spiega l'improvviso aumento di interesse per il progetto?

Riede: Come ho detto, l'umanità amplierà enormemente l'infrastruttura in orbita, ad esempio come fonte di internet mobile, basta vedere la rete satellitare Starlink. Il problema dei detriti rappresenta un ostacolo e tende a peggiorare di diversi ordini di grandezza, proprio a causa dell'espansione, che a sua volta genera nuovi rifiuti. Quindi è necessaria una soluzione al più presto.

Chi dovrebbe pagare la spinta laser?

Riede: L'impulso viene ora fornito dagli Stati membri dell'ESA attraverso i loro contributi. Ma in definitiva, il piano è quello di offrire sul mercato il Trasferimento di Momento Laser come servizio: per aziende private, organizzazioni o stati che vogliono proteggere la propria infrastruttura orbitale. Se tutti gli stakeholder comprendessero i valori in gioco, il finanziamento dell'implementazione della tecnologia dovrebbe essere il minore dei problemi. Infine, ma non meno importante, per la prima volta in Germania abbiamo un Ministero che riporta il termine "aerospaziale" nel suo nome; quindi, ci aspettiamo sostegno politico anche a livello nazionale.



GABRIEL PANKOW
PORTAVOCE TECNOLOGIA LASER