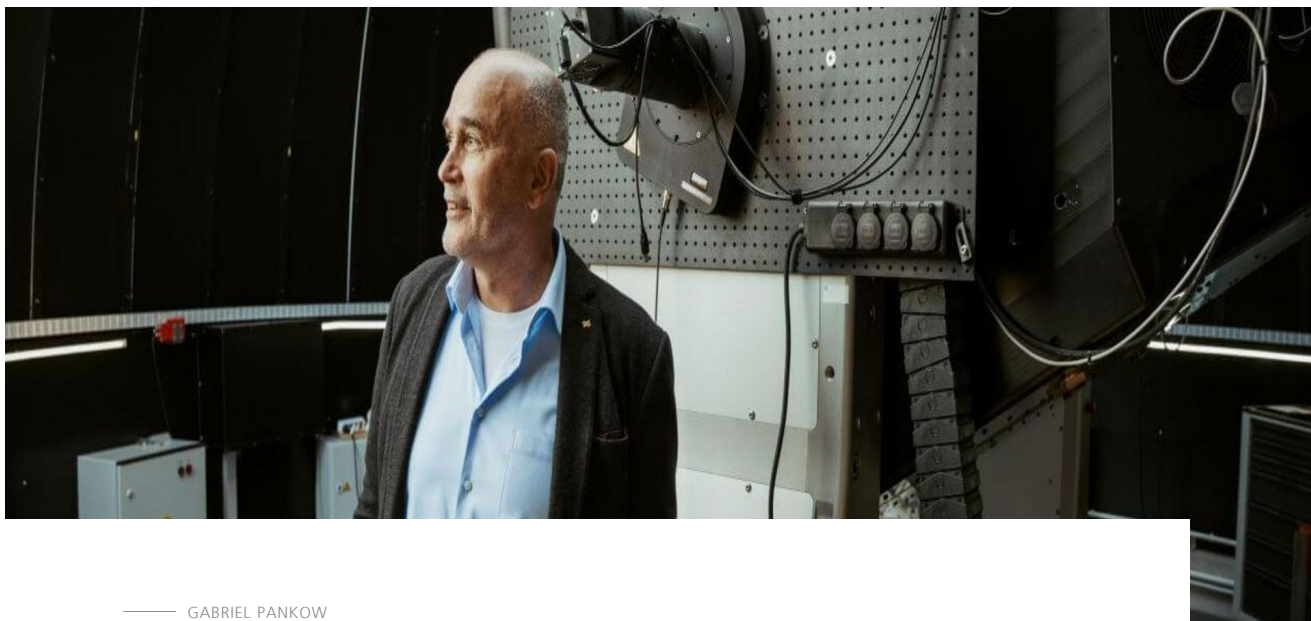




— GABRIEL PANKOW

Laser zamiast prowizorycznego rozwiązania: „Znaleźliśmy rozwiązanie problemu kosmicznych śmieci”

Na orbicie robi się coraz bardziej ciasno z powodu wszystkich śmieci kosmicznych. Kto powinien wymyślić coś, co pozwoli w przyszłości uniknąć kolizji z satelitami i stacjami kosmicznymi. Wolfgang Riede chce rozwiązać ten problem za pomocą laserów. W zasadzie jest to bardzo proste.

Panie Riede, jak bardzo poważny jest ten problem na orbicie?

Riede: Obecnie około półtora razy większy od Wieży Eiffla. Tak ogromna masa, a mianowicie około 13 000 ton nieporządnego złomu krąży nieustannie wokół Ziemi. Ponieważ orbita jest coraz bardziej i coraz szybciej wypełniana infrastrukturą satelitarną, spodziewamy się, że całkowita masa śmieci i satelitów podwoi, a może nawet potroi się do 2030 r. – czyli w ciągu zaledwie pięciu lat!

Czym właściwie są śmieci kosmiczne?

Riede: Rozmiary obiektów są różne – od wielkości ziarenka piasku po naprawdę duże: to przede wszystkim około 50 dużych obiektów, takich jak wyrzucone fragmenty rakiet z 68 lat historii lotów kosmicznych, na przykład ogromny satelita obserwacyjny Envisat Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), który w 2012 roku z niewyjaśnionych przyczyn po prostu przestał działać. A do tego jeszcze mnóstwo małych, zepsutych satelitów. Do tego dochodzi około 40 000 małych fragmentów o wielkości ponad dziesięciu centymetrów, które możemy śledzić z Ziemi. Ponadto są to miliony mniejszych cząstek, o których zazwyczaj nawet nie wiemy, gdzie się znajdują.

To z raketami i uszkodzonymi satelitami ma sens. Ale skąd się biorą te wszystkie małe śmieci?

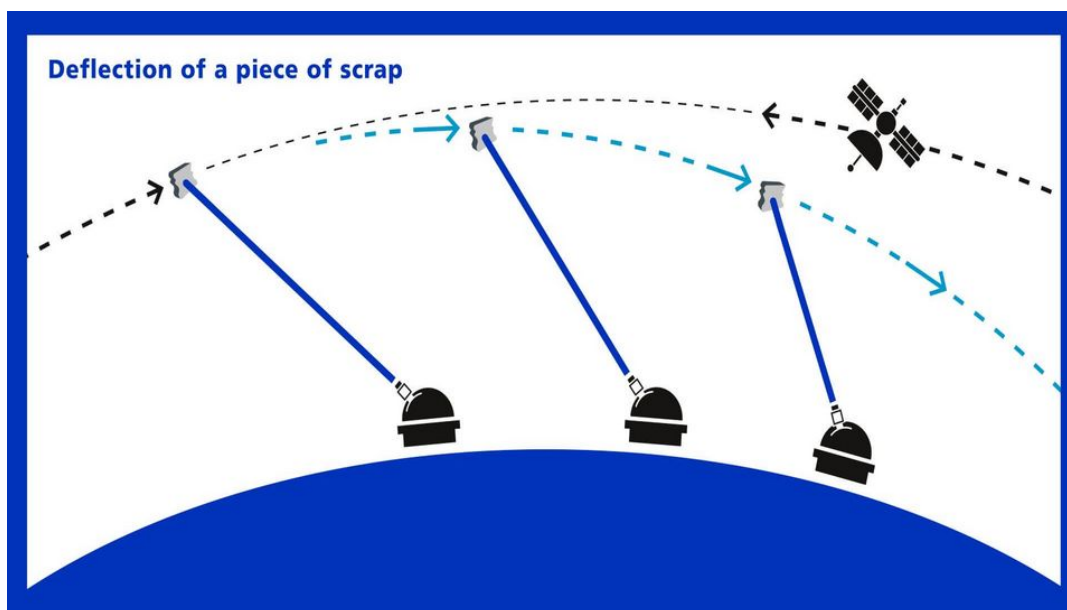
Riede: Przyczyną są zarówno niekontrolowane, jak i kontrolowane kolizje: wiele z nich wynika z tak zwanych testów antysatelitowych. W czasie zimnej wojny Amerykanie i Sowieci chcieli udowodnić sobie nawzajem, że potrafią zestrzelić satelity za pomocą rakiet. Tak dzieje się również dzisiaj. W 2007 roku Chiny zestrzeliły jednego ze swoich satelitów, a w 2021 roku zrobiła to Rosja. Obie eksplozje pozostawiły ogromne chmury gruzu na orbicie.

No cóż, tam na górze jest dużo miejsca...

Riede: Miejsce jest, ale cząstki są w ruchu i poruszają się wokół Ziemi z prędkością do 28 000 kilometrów na godzinę – dla



wyjawnienia: to prawie osiem kilometrów na sekundę! Każda cząstka znajduje się na własnej orbicie, nie lecą one synchronicznie obok siebie, jak można to zaobserwować w przypadku pierścieni Saturna, ale w chaotycznym porządku. Ponadto cząstki obracają się, zmieniając nieznacznie swoją orbitę. Zdarza się, że Międzynarodowa Stacja Kosmiczna ISS lub jeden z wielu działających satelitów znajduje się na kursie kolizyjnym z którymś ze śmieci kosmicznych. Kiedy się spotykają, uwalnia się ogromna energia, której nie jesteśmy w stanie odtworzyć na Ziemi. Technicy laserowi będą w stanie zrozumieć tę wartość: cząstka o średnicy jednego milimetra – czyli mała – podczas zderzenia na orbicie wytwarza energię 70 dżuli na milimetr kwadratowy – to naprawdę dużo! Krótko mówiąc: trafione satelity zostaną w przypadku kolizji przebite lub całkowicie zniszczone. Tracimy miliony euro, a infrastruktura, z której korzystamy na Ziemi, ulega zniszczeniu. I w tym tkwi problem.



SCENARIUSZ: Odłamek śmieci kosmicznych na orbicie zbliża się do satelity i grozi jego uszkodzeniem lub zniszczeniem. Dziesięć połączonych ze sobą stacji naziemnych na Ziemi naświetla odłamek śmieci kosmicznych i zmienia jego trajektorię lotu, dzięki czemu satelita pozostaje nienaruszony.

Uff, a co można z tym zrobić?

Riede: Dwie możliwości: jeśli przewidujemy kolizję, satelita musi wykonać manewr unikowy. ISS robi to praktycznie cały czas. Ale ISS jest tankowana, a satelity nie. W przypadku satelitów liczba manewrów unikowych jest ograniczona, a każdy z nich skraca żywotność satelity, co oznacza spore koszty. Po drugie, regularnie odbywają się misje kosmiczne, podczas których roboty chwytają półmetrowe fragmenty złomu i wyrzucają je w atmosferę, gdzie ulegają spaleni. Jest to kosztowne i w przypadku większości śmieci nie wchodzi w grę. Jak widać, obie metody są jedynie rozwiązaniami awaryjnymi. Potrzebujemy więc właściwego rozwiązania!

I Pan znalazł to właściwe rozwiązanie?

Riede: Tak się dzieje. Laser Momentum Transfer, nazywany przez nas pieszczotliwie „laserowym popychaniem”. Nasz zespół w Niemieckim Centrum Lotnictwa i Kosmonautyki (DLR) opracował koncepcję działania. Zasada działania jest naprawdę łatwa do zrozumienia: fotony w świetle lasera wywierają nacisk, tzw. nacisk świetlny. Jest on bardzo niski. Jednak w przypadku pędzącego złomu na orbicie może mieć decydujące znaczenie. Uderzając w niego od przodu za pomocą lasera o dużej mocy, spowolnimy jego pęd. Jeśli uderzymy w tył, popchniemy go. Ma to następujący sens: gdy hamuje, się spada. Gdy przyspiesza, wzrasta. W ten sposób możemy z Ziemi zepchnąć taki złom z trajektorii ewentualnego zderzenia.

Musi być w tym jakiś haczyk!

Riede: Potrzebujemy nie jednej stacji laserowej, ale dziesięć. Rozstawionych na całej kuli ziemskiej.

Dlaczego?



Riede: Nacisk świetlny jest niski. Możemy zmieniać prędkość złomu tylko o dziesięć mikrometrów na sekundę. Oznacza to, że musimy długo czekać, aby osiągnąć efekt. Proszę sobie wyobrazić, że obiekt docelowy pojawia się na horyzoncie, a przy prędkości przelotu wynoszącej osiem kilometrów na sekundę mamy około dziesięć minut widoczności, zanim zniknie on po drugiej stronie. Nie możemy jednak oświetlać go już w momencie pojawienia się na horyzoncie, ponieważ kąt jest wtedy płaski, a promień przechodziłby przez bardzo dużą przestrzeń powietrzną. Możemy jednak korzystać wyłącznie z przestrzeni powietrznej zamkniętej dla ruchu cywilnego, a więc tylko w określonym promieniu wokół stacji naziemnej. Musimy więc poczekać, aż obiekt się odpowiednio zbliży. Następnie musimy uderzyć w obiekt albo od przodu, albo od tyłu, w zależności od tego, czy chcemy wyhamować czy popchnąć. Tym samym czas ponownie się skraca o połowę i otrzymujemy rzeczywisty czas kontaktu wynoszący zaledwie dwie do trzech minut. To za mało, aby faktycznie zmienić kierunek obiektu. Procedura zadziała tylko wtedy, gdy dziesięć stacji naziemnych zostanie połączonych szeregowo i będzie naświetlać obiekt podczas dziesięciu przelotów. Można powiedzieć, że jest to swego rodzaju eskadra laserowa.

» Jeśli wszystko pójdzie zgodnie z planem, za pięć lat przedstawimy dowód funkcjonalności.

Wolfgang Riede, fizyk laserowy i kierownik działu aktywnych systemów optycznych w Instytucie Fizyki Technicznej Niemieckiego Centrum Lotnictwa i Kosmonautyki w Stuttgarcie

Rozumiem. Ale jak w rzeczywistości zamierzają Państwo trafić w ten mały element krążący po orbicie?

Riede: To nie stanowi już problemu. W przemyśle kosmicznym od dawna stosujemy niezwykle precyzyjne technologie laserowe na takich odległościach. Na przykład, aby w ogóle móc wykryć takie elementy złomu. Jest coś jeszcze, co może być trudne.

Mianowicie?

Riede: To, z jakim wyprzedzeniem można precyzyjnie przewidzieć kolizję. Nie jest to łatwe. Podobnie jak w przypadku pogody, im dalej w przyszłość chcemy spojrzeć, tym trudniej jest to zrobić. Nasze stacje potrzebowałyby jednak kilku dni na przygotowanie się. Pracujemy nad tym problemem.

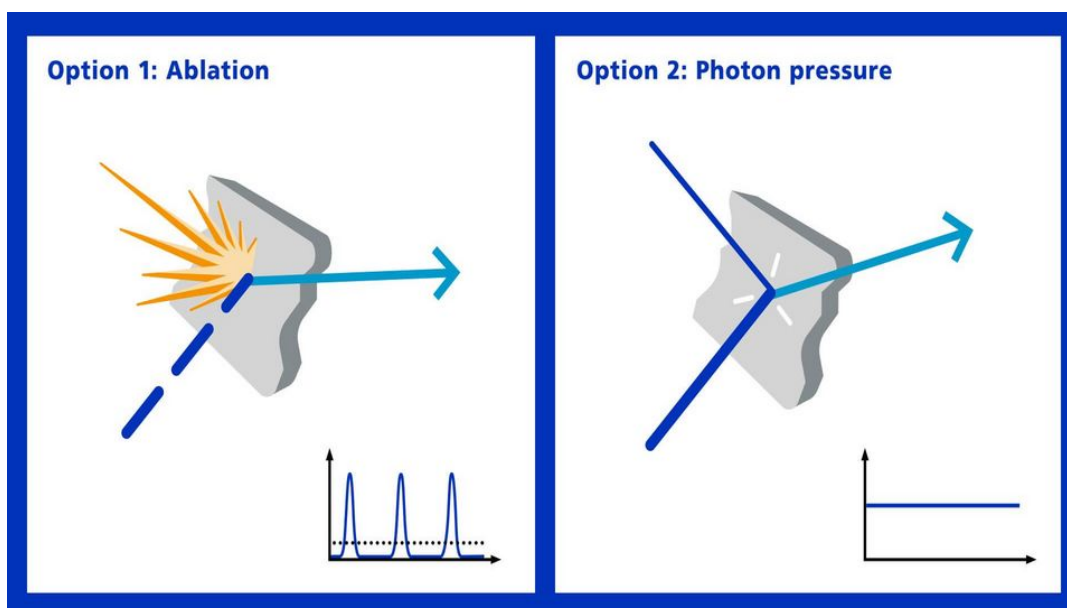
Czy popychanie laserowe kiedykolwiek się uda?

Riede: Nigdy nie próbowaliśmy tego w rzeczywistości, ale jest to normalne w przypadku projektu kosmicznego. Proszę zauważyć, że oprócz stacji naziemnych potrzebne są dwa satelity w konstelacji – to znaczy współpracujące ze sobą – aby podczas naświetlania mierzyć efekt i przekazywać nam informacje. Te satelity jeszcze nie istnieją.

W takim razie to wszystko jest tylko teorią...

Riede: Absolutnie nie! Szczerze mówiąc, sam jestem zaskoczony, jak szybko nasz projekt DLR nabiera tempa. ESA zajęła się tym sprawą i zleciła nam zaprojektowanie stacji naziemnej. Jako partnera w zakresie źródeł laserowych pozyskaliśmy TRUMPF Scientific Lasers. Jeśli wszystko pójdzie zgodnie z planem – finansowanie, budowa, wybór stacji naziemnych – za pięć lat przedstawimy zasadniczy dowód funkcjonalności. Jasne, prawdopodobnie nie wszystko pójdzie idealnie. Jednakże nadal mówimy tutaj o przewidywalnym okresie czasu do realizacji.





Po lewej: Impulsowy promień lasera uderza w obiekt z taką siłą, że wytwarza smug plazmy, która go odchyla. Zaleta: wystarczy jeden przelot obiektu, więc czas przygotowania jest krótszy. Wada: istnieje ryzyko, że obiekt się rozbije i z jednego niebezpiecznego fragmentu powstanie kilka.

Po prawej: Ciągły promień lasera wykorzystuje ciśnienie fotonów, aby delikatnie zepchnąć obiekt z trajektorii. Zaleta: nie ma ryzyka rozbicia obiektu. Wada: aby uzyskać wystarczający efekt, potrzeba nawet dziesięciu przelotów obiektu. Czas przygotowania jest więc dłuższy.

Jak wyjaśni Pan tak nagłe zainteresowanie tym projektem?

Riede: Jak już wspomnieliśmy, ludzkość znacznie rozbuduje infrastrukturę na orbicie, na przykład jako źródło mobilnego Internetu, czego przykładem jest sieć satelitów Starlink. Problem z tym stanowi przeszkodą i ma tendencję do pogłębiania się – wadzenie z powodu rozbudowy, która z kolei powoduje powstawanie nowych odpadów. W związku z tym wkrótce konieczne będzie znalezienie rozwiązania.

Kto miałby zapłacić za popychanie laserowe?

Riede: Obecnie rozwój projektu wspierają kraje członkowskie ESA. Ostatecznie jednak planujemy oferować usługę Laser Momentum Transfer na rynku: dla prywatnych firm, organizacji lub państw, które chcą chronić swoją infrastrukturę orbitalną. Jeśli wszyscy zainteresowani zrozumieją, jakie wartości są tutaj stawiane, finansowanie wdrożenia tej technologii powinno być najmniejszym problemem. Co więcej, po raz pierwszy w Niemczech mamy ministerstwo, które ma w nazwie słowo „kosmiczny”, więc możemy spodziewać się wsparcia ze strony polityków krajowych.



GABRIEL PANKOW
RZECZNIK DZIAŁU TECHNIKA LASEROWA

