

SERWISOWANIE SATELITÓW. TECHNOLOGIA MOGĄCA ZREWOLUCJONIZOWAĆ RYNEK OPERATORÓW SATELITARNYCH [ANALIZA]

W USA agencje rządowe ramię w ramię z prywatnymi firmami pracują nad rozwiązaniami, które umożliwią tankowanie, repozycjonowanie, czy naprawianie satelitów orbitujących tak na LEO, jak i na GEO. Pierwsze kroki na tym polu czynione są także w Europie. Wdrożenie skutecznego modelu serwisowania urządzeń krążących w przestrzeni kosmicznej wokół Ziemi niesie za sobą pewne trudności, jednak sukces da szansę na oszczędności, wprowadzanie bardziej elastycznych modeli biznesowych i sprawniejsze podążanie za zmieniającymi się potrzebami klientów ze strony operatorów konstelacji satelitarnych.

Dotarcie, przechwycenie i przeprowadzenie konserwacji satelity, który ze znaczną prędkością przemierza swą trajektorię, nie jest operacją łatwą. Mimo tego, przykłady udanych działań tego typu znajdziemy już na całkiem wczesnych etapach epoki podboju kosmosu. Przykładowo, w kwietniu 1984 r., w ramach misji STS-41-C, załoga wahadłowca Challenger zreperowała orbitalne obserwatorium Słońca Solar Maximum Mission (SMM). Z kolei w 1985 r. astronauta podróżujący na pokładzie promu kosmicznego Discovery podczas STS-51-L zdołali przywrócić sprawność satelicie Syncom IV-3, który dzięki tej interwencji mógł wreszcie opuścić LEO i skierować się ku miejscu swojego właściwego przeznaczenia na orbicie geostacjonarnej.

Jednak najbardziej znaną orbitalną misją serwisową pozostaje zrealizowana w 1993 r. wyprawa STS-61 promu Endeavour, której celem była ważna naprawa Kosmicznego Teleskopu Hubble'a. Owe działania miały fundamentalne znaczenie, gdyż umożliwiły prawidłowe działanie tego złożonego narzędzia badawczego. Jak bowiem zorientowano się wkrótce po wyniesieniu teleskopu na orbitę, jego główne zwierciadło miało nieprawidłowy profil, w wyniku czego zdolność rozdzielcza instrumentu mocno odbiegała od oczekiwanej. W późniejszym okresie, w latach 1997-2009, odbyły się jeszcze cztery dalsze misje naprawcze amerykańskich promów kosmicznych do HST.



Naprawa Kosmicznego Teleskopu Hubble'a podczas misji STS-61. Fot. NASA

Współczesne plany NASA w kwestii serwisowania satelitów

W [lutym 2017 r. statek zaopatrzeniowy Dragon](#) dostarczył na pokład Międzynarodowej Stacji Kosmicznej zbudowany przez NASA *Satellite Servicing Projects Division* tester technologii, zwany Raven. Moduł ten, zamontowany na zewnątrz ISS, będzie brał udział w dokowaniu pojazdów, które przywożą na Stację z Ziemi zapasy i astronautów. Technologia, której działanie będzie przez dwa lata swojego działania sprawdzał Raven, ma umożliwić wypracowanie modeli autonomicznej nawigacji relatywnej i bezpiecznego łączenia się dwóch pojazdów w kosmosie. Algorytm pozwalający na odbycie się takiego manewru bez udziału człowieka – działającego na Ziemi kontrolera lotu – jest tym ważniejszy, że eliminuje trudności związane z opóźnieniami sygnału radiowego, podróżującego między orbitą, a powierzchnią planety.

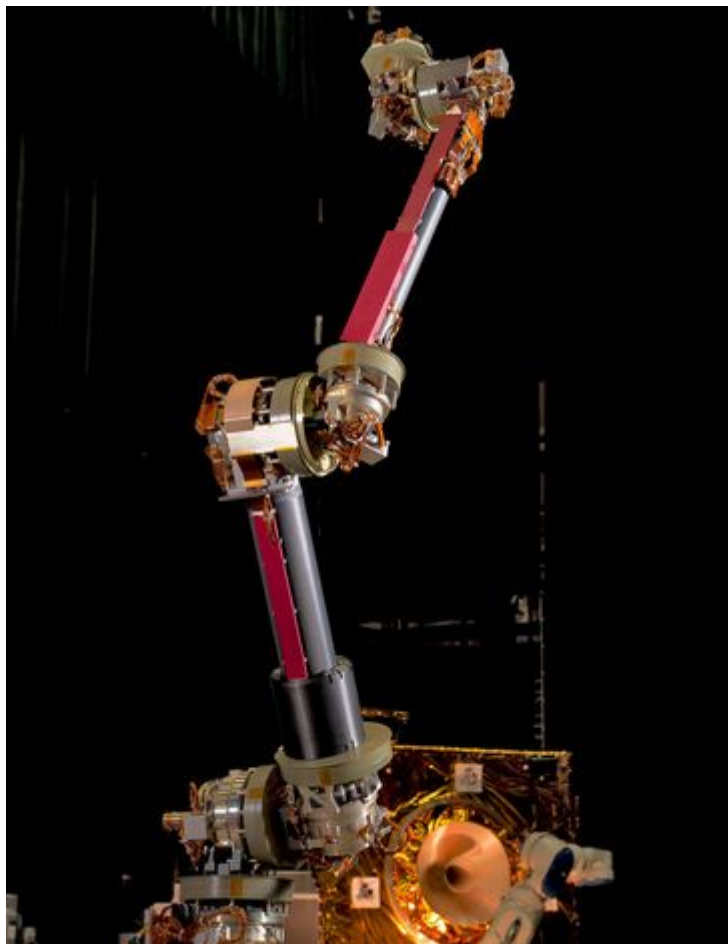
Sam Raven wyposażony jest we wrażliwe sensory, które aktywnie działają w momencie znacznego zbliżenia pojazdów, mających się połączyć w kosmosie. Mechanizm umożliwiający temu modułowi spoglądanie przez cały czas w kierunku przybliżającego się statku, wykorzystuje tzw. *gimbal*, używany np. do stabilizowania kamer podwieszanych do dronów.



Moduł zawierający instrument Raven. Fot. NASA's Goddard Space Flight Center/Chris Gunn

NASA słusznie zauważa, że wypracowanie sposobów relatywnej nawigacji i autonomicznego, bezpiecznego łączenia satelitów jest warunkiem niezbędnym rozwoju koncepcji orbitalnych misji serwisowych. Rezultaty misji Ravena przybliżą inżynierów do wypracowania elastycznych i możliwie tanich rozwiązań, które można by adoptować do serwisowania satelitów najróżniejszych rodzajów, poruszających się po rozmaitych trajektoriach. Należy w tym momencie zaznaczyć, że znakomita większość satelitów, które obecnie są w kosmosie, nie została zaprojektowana z myślą o ich serwisowaniu czy uzupełnianiu im paliwa. Urządzenia te nie mają więc nawet znaków graficznych, które ułatwiałyby bezpieczne zbliżenie się do nich czy podłączenie satelity serwisowego.

W 2020 r. NASA planuje przeprowadzić misję Restore-L. W ramach jej realizacji w przestrzeń kosmiczną zostanie wysłane urządzenie serwisowe, które spotka się z jednym z satelitów rządowych USA. Celem owej misji serwisowej będzie satelita obserwacyjny Landsat 7, krążący od 1999 r. po niskiej polarnej orbicie okołozemskiej. Pojazd serwisowy uzupełni Landsatowi paliwo i odpowiednio zmieni pozycję satelity obserwacyjnego, demonstrując, że przeprowadzenie tego rodzaju misji serwisowej jest możliwe. Jeśli plan się powiedzie, okres aktywności Landsata 7 na orbicie zostanie wydłużony. W takim wypadku NASA zamierza podzielić się technologiami wykorzystanymi przy okazji Restore-L z sektorem prywatnym, żeby stymulować komercyjną działalność firm w dziedzinie serwisowania satelitów w kosmosie.

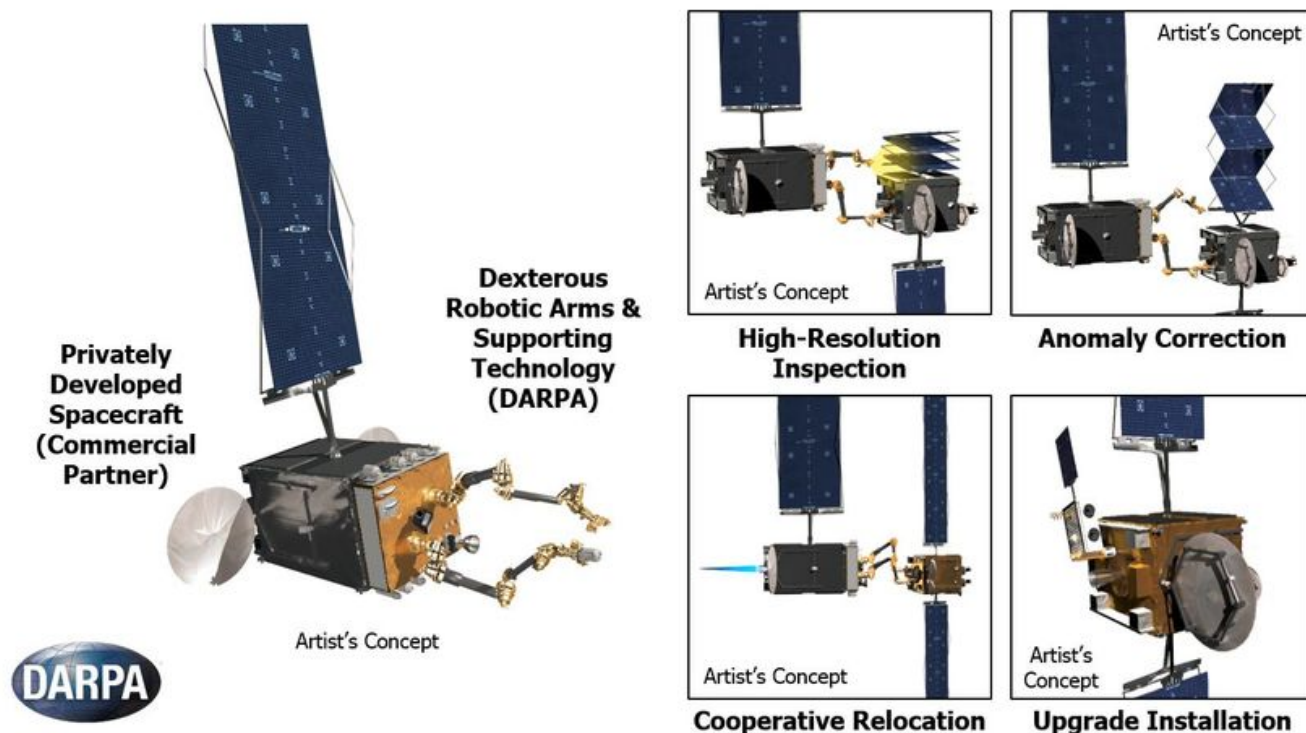


Inżynierski projekt ramienia robotycznego, jakie zostanie użyte w misji Restore-L. Fot. NASA/Chris Gunn

Współpraca DARPA z SSL oraz alternatywna wizja Orbital ATK

Amerykańska federalna Agencja Zaawansowanych Projektów Badawczych w Obszarze Obronności (DARPA) stawia sobie znacznie ambitniejszy cel – serwisowanie satelitów obecnych na orbicie geosynchronicznej, czyli tych krążących w odległości ok. 35 tys. km od Ziemi. Demonstracyjna misja w tym zakresie będzie realizowana na zasadach partnerstwa publiczno-prywatnego, a [na miejsce komercyjnego partnera agencji została w tym roku wyłoniona firma Space Systems Loral \(SSL\)](#). Oba podmioty, realizując program Robotic Servicing of Geosynchronous Satellites (RSGS) zbudują przeznaczony do serwisowania satelitów na GEO pojazd *robotic servicing vehicle* (RSV). Będzie on miał zdolność m. in. dotankowania, przeprowadzenia inspekcji, skorygowania trajektorii satelity czy nawet dołożenia do niego nowych podzespołów.

Umowa zakłada konkretny podział obowiązków pomiędzy DARPA i SSL. Ta pierwsza ma zapewnić budowę modułu robotycznego, przygotować niezbędny do tej części software, oraz przede wszystkim zapewnić wyniesienie RSV w przestrzeń kosmiczną. Space Systems Loral skonstruuje natomiast statek kosmiczny i zadba o integrację całego urządzenia, a także zagwarantuje infrastrukturę operacyjną oraz zespół niezbędny do kontroli misji.



Artystyczna wizja działania RSV. Ilustracja: darpa.mil

Jeśli demonstracyjna konserwacja rządowego satelity USA na GEO z użyciem RSV się powiedzie, firma SSL będzie mogła wykorzystać znajdujący się już na tej dalekiej orbicie pojazd do odpłatnych napraw dalszych satelitów - zarówno wojskowych jak i komercyjnych. Wysoki przedstawiciel przedsiębiorstwa zadeklarował, że statek będzie zbudowany w taki sposób, że będzie mógł jednorazowo zabrać ze sobą zapas paliwa potrzebny do zatankowania nawet 50-ciu satelitów.

W zamian za to, że pojazd serwisowy znajdzie się w dyspozycji SSL, rząd USA otrzyma zniżkę na naprawę kolejnych swoich satelitów za pomocą RSV, a także dostanie, w celach badawczych, dane pochodzące z następnych misji naprawczych tego urządzenia przy satelitach prywatnych. Zastosowanie w tym przypadku formuły partnerstwa publiczno-prywatnego pozwoli zaoszczędzić pieniądze podatników, gdyż fundusze na rozwój projektu RSGS będą w znacznej części pochodzić z budżetu prywatnej firmy. Jednocześnie, wypracowana wspólnie z DARPA technologia, będzie mogła szybciej i łatwiej przeniknąć do komercyjnych podmiotów przemysłu kosmicznego.

Nad swoją koncepcją narzędzia serwisowego dla satelitów na orbicie geosynchronicznej pracuje usilnie również firma Orbital ATK, która [uwikłała się przy tej okazji w spór prawny z DARPA](#).

Czytaj też: [Ciąg dalszy amerykańskiej batalii sądowej o serwisowanie satelitów](#).

Niemniej [statki Orbital ATK, które będą tego rodzaju zadania realizować, powstaną pod nazwą Mission Extension Vehicle \(MEV\)](#). Będą one montowane w głównej fabryce koncernu Orbital ATK w Dulles, w Virginii. Pierwszy sprzęt z serii - MEV-1, który poleci w przestrzeń kosmiczną pod koniec 2018 r., będzie świadczył usługi na rzecz rozlokowanych na orbicie geostacjonarnej satelitów operatora telekomunikacyjnego Intelsat.

Należy zaznaczyć, że MEV nie ma on możliwości dotankowania satelity. Może jedynie korygować jego orientację względem ziemi, zmniejszyć do zera inklinację jego orbity (czyli umieścić satelitę w płaszczyźnie ziemskiego równika), albo przesunąć satelitę nad inny kontynent. Pozwala też przeprowadzić wizualną inspekcję serwisowanego urządzenia.

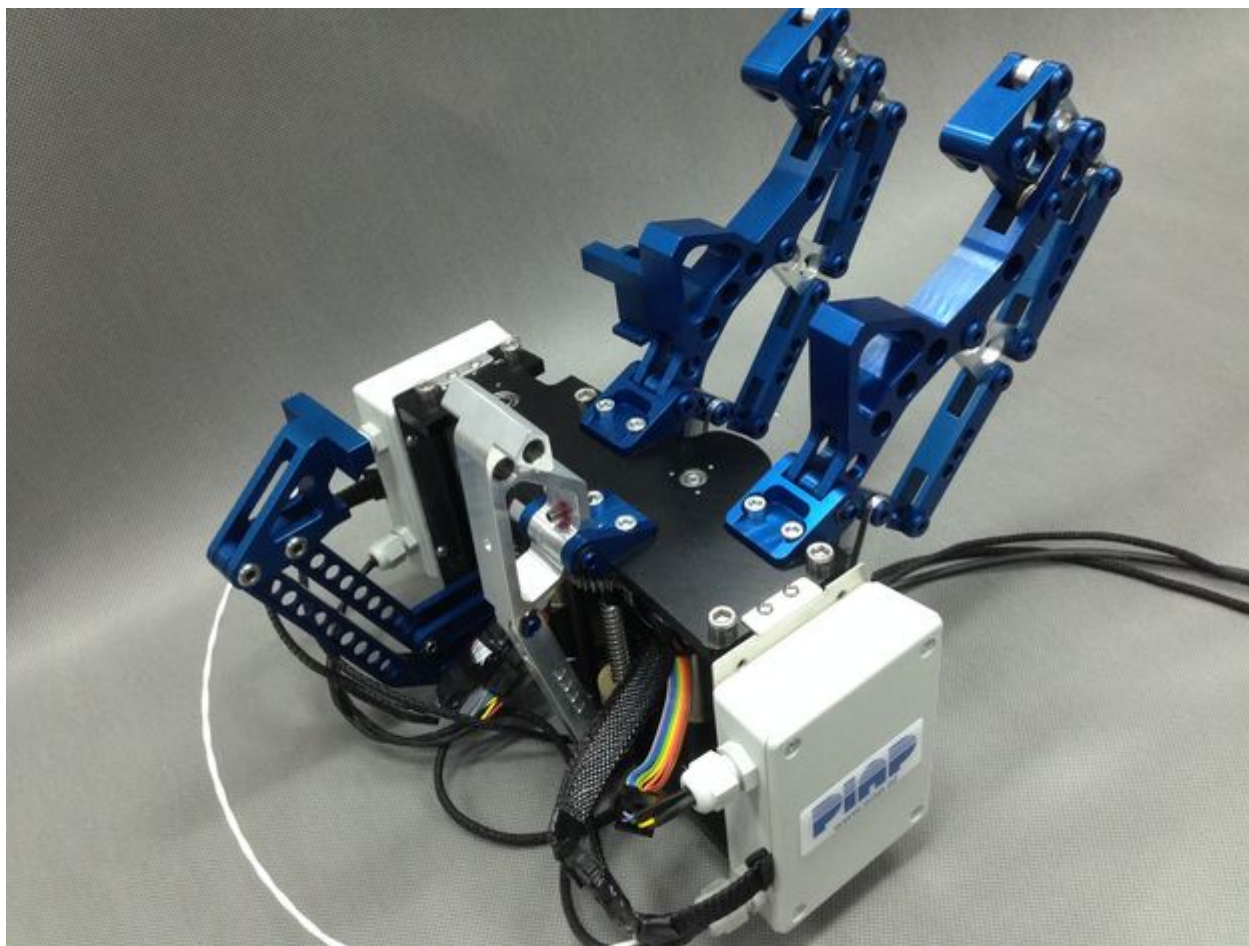
MEV dysponuje napędem elektrycznym o małym ciągu, ale mogącym pracować niezwykle długo, jak również tradycyjnym napędem chemicznym na hydrazynę, przeznaczonym do wykonywania bardziej zdecydowanych manewrów. W momencie spotkania z serwisowym satelitą MEV zbliża się do niego na odległość 1 m i specjalnym chwytakiem łapie go np. za dyszę nieużywanego już silnika, który posłużył niegdyś satelicie do osiągnięcia orbity docelowej. Po połączeniu MEV przejmuje kontrolę nad położeniem i ruchem satelity.

Pojedynczy MEV będzie w trakcie swojej misji łączył się z wieloma satelitami. Jego szacunkowy czas działania na orbicie wynosi 15 lat.

Nieśmiałe działania europejskie

W 2012 r. niemiecka agencja kosmiczna DLR ogłosiła podjęcie misji DEOS (Deutsche Orbitale Servicing Mission). Zadanie miało polegać na wysłaniu na LEO, na wysokość 550 km, dwóch satelitów: „klienta” i „serwisanta”. „Klient” miał odegrać rolę urządzenia wymagającego interwencji. „Serwisant” miał go przechwycić i poddać niezbędnym działaniom serwisowym, włączając tankowanie. Misja zakładała również doprowadzenie do kontrolowanej deorbitacji bezużytecznego satelity. Start DEOS miał nastąpić w 2018 r., a głównym kontrahentem fazy definiowania misji została firma EADS Astrium. Niestety, wkrótce po przejściu tego stadium, z projektu *Deutsche Orbitale Servicing Mission* zrezygnowano.

Światelkiem nadziei w tej kwestii dla Starego Kontynentu może być podjęta przez Europejską Agencję Kosmiczną inicjatywa na rzecz walki z kosmicznymi śmieciami *Clean Space*. Flagową częścią *Clean Space* jest misja e.Deorbit. W 2023 na niską orbitę okołoziemską zostanie wysłany satelita serwisowy, który przechwyci i usunie znacznych rozmiarów niesprawnego satelitę obserwacyjnego Envisat. Kilka miesięcy temu w Centrum Badań i Rozwoju Technologii Kosmicznych ESA (ESTEC) w Noordwijk, [zakończyły się testy skonstruowanego przez polski Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów \(PIAP\) chwytaka](#), który może posłużyć do przechwycenia Envisata na orbicie.



Chwytnik robotyczny PIAP zaprojektowany na potrzeby misji ESA e.Deorbit. Fot. PIAP

Wkrótce, tego rodzaju robotyczne narzędzie może być wykorzystywane nie tylko w zadaniach związanych z usuwaniem kosmicznych śmieci, ale także przy typowo serwisowych misjach do satelitów krążących po orbicie.

Przy okazji rozmowy o technologii chwytaka dla misji e.Deorbit warto wspomnieć, że wkrótce będzie ona miała zastosowanie w dużo ciekawszych obszarach rynku, do których należy serwisowanie satelitów na orbicie, uzupełnianie paliwa, a także różne metody wydłużania czasu ich działania. Będzie to nowy segment rynku, do wejścia na który PIAP już teraz się przygotowuje.

Mateusz Wolski, Kierownik Biura Projektów Kluczowych, PIAP

Trudne pytania i problemy

Zastanawiając się nad sensem misji serwisowych do satelitów w przestrzeni kosmicznej, trzeba rozważyć kilka podstawowych zagadnień. Najbardziej kluczowy wydaje się ekonomiczny aspekt tego typu przedsięwzięć:

- *Czy serwisowanie satelitów na orbicie może się opłacać?*

Powyższe pytanie jest bardzo uzasadnione, bo choć prognozy w kwestii spadku cen są optymistyczne, to póki co wyniesienie każdego kilograma w kosmos wiąże się z dużymi kosztami. Wspomniane na początku misje naprawcze z udziałem wahadłowców USA cechowały się tym, że naprawa satelitów takich jak SMM czy Syncom IV-3, nie była jedynym, podstawowym zadaniem załóg wyekspediowanych na orbitę promów. Wyjątek stanowi tu oczywiście ratowanie Kosmicznego Teleskopu Hubble'a, co, biorąc pod uwagę ile danych naukowych przyniosło ludzkości to obserwatorium astronomiczne, z pewnością warte było poświęcenia znacznych funduszy na naprawę legendarnego instrumentu.

Trzeba też pamiętać, że naprawcze loty wahadłowców były lotami załogowymi. Natomiast w obecnym modelu dąży się zdecydowanie do realizacji takich zadań wyłącznie z wykorzystaniem aparatury robotycznej. Jest to nie tylko tańsze, ale wymaga znacznie niższych standardów bezpieczeństwa niż w przypadku angażowania astronautów. Ponadto, wspomniane misje serwisowe promów kosmicznych USA dotyczyły obiektów na LEO, zaś DARPA czy Orbital ATK chcą teraz realizować te zadania znacznie dalej – na orbicie geostacjonarnej.

- *Czy satelita serwisowy powinien odwiedzać jeden konkretny obiekt, czy wiele?*

Odpowiedź na to pytania wydaje się oczywista. Co prawda wyekspediowanie satelity serwisowego do naprawy czy zatankowania jednego, skonkretyzowanego obiektu na orbicie może być dużo łatwiejsze, to jednak ekonomiczna konieczność nakazuje, by jeden pojazd naprawczy obsługiwał wiele satelitów – np. należących do konstelacji telekomunikacyjnych, zarządzanych przez giganty takie jak wspomniany Intelsat czy SES.

W takim wypadku musimy zapewnić pojazdowi serwisowemu odpowiedni zapas paliwa, by mógł dotrzeć do wielu celów na tej samej orbicie – na przykład geostacjonarnej, lub nawet poruszać się pomiędzy zupełnie różnymi trajektoriami. Rozwiązaniem tego zagadnienia może być zastosowanie odpowiedniego silnika jonowego, który przy bardzo dużej efektywności, pozwoli na długofalowe funkcjonowanie urządzenia.

Nie ulega natomiast wątpliwości, że pojazd serwisowy powinien mieć możliwie uniwersalne zastosowanie – umożliwiać dokładny ogląd, konserwację, naprawę satelity, jego dotankowanie, repozycjonowanie czy nawet zamontowanie na nim nowych podzespołów. To ostatnie znakomicie nawiązuje z resztą do następnego pytania:

- *Czy warto serwisować satelity, które działają w przestarzałej technologii?*

Zetknięcie się z taką sytuacją jest jak najbardziej realne, jeśli będziemy np. rozważali konserwację satelity wystrzelonego dziesięć lat wcześniej, z okresem działania planowanym na półtora dekady. Misja naprawcza do przestarzałego urządzenia będzie mieć sens wtedy, kiedy mamy szansę nadać takiemu satelicie nowych funkcjonalności, poprzez montaż dowiezionych części czy podzespołów. Przekonująco mówił o tym podczas odbywającej się we wrześniu 2016 r. w Long Beach konferencji AIAA (American Institute of Aeronautics and Astronautics) Space 2016 Gordon Roeseler, z programu RSGS DARPA. Podczas panelu poświęconego *on-orbit servicing* Roeseler argumentował, że możliwość modyfikowania składników własnej floty da operatorowi sieci satelitarnej istotną przewagę rynkową.

Podczas tego samego panelu na AIAA Space 2016 Steve Oldham, starszy wiceprezes ds. strategicznego rozwoju biznesu w SSL tłumaczył, że na drodze do pełnego wdrożenia *on-orbit servicing* istnieje pięć zasadniczych barier: techniczna, architektoniczna, polityczna, ubezpieczeniowa, kosztowa. Wszystkie one są do pokonania. Przykładowo, barierę polityczną, czy też prawną, może pomóc sfinansować wprowadzenie regulacji dotyczących serwisowania satelitów na orbicie, o co, pod

postaci Consortium For Execution of Rendezvous and Servicing Operations (CONFERS) zabiega DARPA.

Zalety

Jeśli technologie pozwalające uzupełniać paliwo i serwisować satelity orbitujące wokół Ziemi wejdą do powszechnego użytku, będzie to oznaczać duży przełom. Przede wszystkim operatorzy satelitów zyskają potężne narzędzie do efektywnego zarządzania własnymi zasobami, oraz szansę zaoszczędzenia znacznych pieniędzy na wysłaniu w kosmos kolejnych urządzeń. Zamiast wysyłać tam nowe, będzie można przedłużać żywotność satelitów już umieszczonych na odpowiednich trajektoriach.

Wspominany już Steve Oldham twierdzi wręcz, że przyszłe satelity powinno się wyposażać w gniazda, działające podobnie jak porty USB w komputerach osobistych – uniwersalne, takie, do których można będzie podłączyć nawet systemy, które nie były jeszcze znane w momencie produkcji satelity. To da operatorom konstelacji satelitów możliwość szybszego i łatwiejszego podążania za potrzebami rynku – dostosowywania własnej floty do zmieniających się potrzeb użytkowników. Jednocześnie, zdaniem Oldhama, możliwość rekonfiguracji własnego satelity sprawi, że podmiot, który nim zarządza będzie podejmował strategiczne decyzje odnośnie funkcjonalności swojego urządzenia już nie na 15 lat, ale np. zaledwie na 5 lat. W trakcie okresu użytkowania będzie mógł bowiem znacząco zmienić profil działalności własnego satelity, czy przesunąć go na inną pozycję na orbicie. Wszystko to przyniesie w efekcie dużą elastyczność w działaniu, na jaką będą mogli sobie pozwolić operatorzy satelitarni.

Rozwój *on-orbit servicing* niesie za sobą znakomitą szansę na krok do przodu w wielu innych aspektach podboju kosmosu – choćby w przywoływanej już kwestii uprzątnięcia kosmicznych śmieci. Budowa pojazdów serwisowych przyniesie postępy na polu autonomicznej nawigacji relatywnej (między pojazdami), konstrukcji ramion robotycznych czy sposobów przekazywania paliwa. Można sobie wyobrazić powstanie w przyszłości swego rodzaju orbitalnych stacji paliwowych, gdzie pojazdy kosmiczne mogłyby „tankować” przed udaniem się w dalsze rejony Układu Słonecznego. Takie myślenie pozostaje w zgodzie z [planami Elona Muska, dotyczącymi wysłania ludzi na Marsa przy użyciu Interplanetary Transport System \(ITS\)](#).

Od serwisowania satelitów niedaleka już droga do składania nowych satelitów na orbicie, z gotowych, dostarczonych tam części. Takie rozwiązanie daje naprawdę duże możliwości, wyzwalając producentów od ograniczeń co do objętości i masy satelity – wszak mając możliwość jego integracji już w kosmosie, nie trzeba go w całości przewozić jedną rakieta nośną.

Można śmiało stwierdzić, że w przypadku *on-orbit servicing* plusy przeważają nad minusami. Dedykowane temu rozwiązania dają operatorom satelitów szansę na duże oszczędności i elastyczność w prowadzeniu biznesu w zgodzie z trendami rynkowymi. Zastosowanie pojazdów serwisowych może być bardzo szerokie, włączając w to ich bezcenne zaangażowanie w usuwanie z okołoziemskiej orbity krążących tam w dużej liczbie odpadów. Możliwość wpływania na kondycję satelity umieszczonego w kosmosie być może skłoni też firmy ubezpieczeniowe, by nieco niżej wyceniać polisy dla ładunków wysyłanych na orbitę, co w dłuższej perspektywie powinno korzystnie wpłynąć na rozwój satelitarnego rynku. *On-orbit servicing* niesie za sobą realną perspektywę oszczędności dla wielu podmiotów – tak jeśli chodzi o pieniądze, jak i o czas. Eksperti, którzy uczestniczyli we wspomnianym panelu podczas AIAA Space 2016 byli zgodni, że rozwój i wdrożenie technologii serwisowania satelitów na orbicie to kwestia krótkiego horyzontu czasowego.