

[Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)
[.net](#)
[Innowacje](#)
[Nauka](#)
[Technologie](#)



[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się

Naukowy styl życia

Nauka i biznes

- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Informacje](#)

Najdokładniejsze systemy satelitarne transferu czasu

Nie zawsze zegar atomowy działa lepiej niż tani zegar kwarcowy. Błędy satelitarne transferu czasu, który ma na celu jak najdokładniejszą synchronizację zegarów

znajdujących się daleko od siebie, mogą wynikać z innych przyczyn, niż dotąd sądzono - wykazali wrocławscy naukowcy.

Z badań przeprowadzonych na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu wynika, że zegary znajdujące się na różnych kontynentach można synchronizować z dokładnością jednej miliardowej sekundy, ale nawet tańsze zegary atomowe mogą być dokładniejsze niż masery wodorowe, jeśli te nie są sterowane we właściwy sposób.

Szczegóły badań przeprowadzonych na autorskim oprogramowaniu wrocławskich doktorantów i naukowców opublikowano w GPS Solutions (<https://doi.org/10.1007/s10291-023-01394-9>) - wyjaśnia w rozmowie z PAP prof. Krzysztof Sośnica.

TRANSFER CZASU UMOŻLIWIA SYNCHRONIZACJĘ ZEGARÓW

Transfer czasu to określenie na synchronizację zegarów, które znajdują się nie tylko na różnych kontynentach, ale również w przestrzeni kosmicznej. „Bardzo dokładna synchronizacja zegarów jest wymagana np. przy obserwacjach międzyplanetarnych i pomiarach satelitarnych opartych o prędkość światła. Transfer czasu jest wykorzystywany przy zdalnym sterowaniu różnymi urządzeniami, sieciach telefonii komórkowej, w monitoringu pojazdów, a nawet transakcji bankowych” - wylicza badacz z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Jest kilka metod transferu czasu. Przy mniejszych odległościach między zegarami synchronizacja może się odbywać poprzez światłowody. Na dużych odległościach najdokładniejszą metodą jest jednak transfer satelitarny oparty o systemy GPS, GLONASS i Galileo. „Od jego doskonalenia zależy powodzenie przyszłych misji satelitarnych. Obecnie budowany jest system nawigacji dla Księżyca, plany zbudowania stałej bazy na Księżycu w okolicach bieguna południowego czy też bazy Gateway, która ma wokół niego orbitować. Nieodłącznie wiąże się to z transmisją danych, pozycjonowaniem i koniecznością zapewnienia dostępu do internetu już nie tylko na Ziemi, ale również na Księżycu” - podaje przykłady naukowiec.

Eksperti potrzebują dokładności rzędu nanosekund, inaczej przyrządy generują błędy na poziomie metrów. Dotąd sądzono, że błędy w systemach satelitarnych są związane głównie z okresowością. Problem ten prof. Sośnica wyjaśnia na przykładzie satelitów GPS, które orbitują wokół Ziemi z interwałem 12 godzin, więc cyklicznie widziane są przez obserwatora na Ziemi w tym samym miejscu na niebie. Te cykle mogą powodować powtarzające się błędy - na przykład sygnał może regularnie odbijać się od tych samych budynków.

A JEDNAK BŁĘDY POWSTAJĄ PO STRONIE ODBIORCY

Dokładne badania naukowców z UPWr pokazały, że to nie takie proste. Błędy są bowiem powtarzalne także w zegarach, których czas oparty jest o system Galileo. Satelity Galileo obiegają Ziemię 17 razy co 10 dni. Błędów obserwowanych w tych zegarach nie da się zatem wyjaśnić powtarzalnością 12 godzin, jak to ma miejsce w systemie GPS. Polscy naukowcy wykazali w swoim artykule, że błędy w badanych zegarach są zbliżone we wszystkich systemach satelitarnych. A zatem błędy te nie leżą po stronie powtarzalności układu satelitów, tylko po stronie odbiorników.

„Pokazaliśmy, w jaki sposób i które zegary atomowe zapewniają najwyższą stabilność. Wyjątkowo wysoką stabilność zapewniają masery wodorowe w Niemczech, Belgii, Kanadzie. Jednak nie chodzi o rodzaj zegarów, bo nie wszystkie masery są tak stabilne. Kluczem do dokładności jest sposób, w jaki operatorzy dostosowują zegar atomowy do warunków zewnętrznych: zegar musi mieć zabezpieczenia termiczne i przed polem elektromagnetycznym, aby zapewnić międzykontynentalny

i wewnątrzkontynentalny transfer czasu najwyższej jakości” – tłumaczy PAP prof. Sośnica. Jak dodaje, stabilność zegara atomowego oznacza, że zegar najlepiej realizuje to, co jest definicją sekundy. Wiele podstawowych jednostek fizycznych opiera się na pomiarze czasu, ale definicja musi mieć wymiar rzeczowy – i to właśnie zegary atomowe podają, ile wynosi długość sekundy.

ZEGAR ATOMOWY DZIAŁA JAK KAŻDY INNY

Każdy zegar, aby działać, potrzebuje jakiegoś zjawiska okresowego, czyli powtarzającego się cyklicznie. Dla ludzi naturalnym zjawiskiem okresowym jest cykliczność Słońca albo Księżyca. Jednak aby mierzyć czas dokładnie, potrzebujemy zjawiska znacznie częstszego. Zegary atomowe wykorzystują drgania atomów, bowiem przejścia między poziomami energetycznymi są cykliczne. Wśród zegarów atomowych można wyróżnić zegary rubidowe, cezowe oraz najdokładniejsze – masery wodorowe oraz zegary optyczne. Maser wodorowy to w dużym uproszczeniu rodzaj lasera, z tym, że działa w zakresie mikrofal, a nie wykorzystuje optycznej fali elektromagnetycznej, jak laser.

„Masery wodorowe nadają się doskonale do transferu czasu, gdyż zapewniają bardzo wysoką stabilność w zakresie częstotliwości. Ale są w stanie utrzymać długość sekundy w krótszych okresach, natomiast w dłuższych już pojawiają się błędy i muszą być korygowane. Inne zegary atomowe np. cezowe zapewniają stabilność długookresową. Definicja sekundy opiera się właśnie o okres oscylacji atomów cezu” – tłumaczy prof. Sośnica.

Na świecie działa sieć zegarów atomowych. Ich pomiary są uśredniane. Ustalony w ten sposób czas nazywa się uniwersalnym czasem koordynowanym. Czas uniwersalny uwzględnia również pewne korekty względem czasu atomowego, żeby go dostosować do faktycznego obrotu Ziemi wokół własnej osi. W Polsce, podobnie jak w wielu krajach, czas uniwersalny koordynowany stanowi podstawę tworzenia czasu urzędowego. Nasz czas zimowy jest przesunięty o jedną godzinę w stosunku do czasu uniwersalnego koordynowanego, zaś czas letni – o dwie godziny.

OBSERWACJE SATELITARNE ZALEŻĄ OD TRANSFERU CZASU

Polscy naukowcy koncentrują swoje badania na obserwacjach satelitarnych. Jak wyjaśnia prof. Sośnica, satelity mogą działać dzięki zegarom atomowym na ich pokładzie. Różnice pomiaru czasu wysłanego przez satelitę i odebranego mnoży się przez prędkość światła. Pomiar czasu w pozycjonowaniu globalnych systemów nawigacji satelitarnej (GNSS) odgrywa kluczową rolę, gdyż błąd zegara rzędu 1 ns przekłada się na błąd wyznaczenia odległości pomiędzy satelitą i odbiornikiem równy 30 cm. Gdy zegar atomowy na pokładzie satelity ulegnie awarii, taki satelita musi zostać wyłączony.

Grupa naukowców z UPWr wyznaczyła poprawki zegarów odbiorników na podstawie danych GPS, GLONASS i Galileo dla stacji rozmieszczonych na różnych kontynentach oraz przedstawiła charakterystykę różnych zegarów atomowych oraz dokładności transferu czasu wewnątrz- i międzykontynentalnego. Na tych samych kontynentach można odbierać sygnały z tych samych satelitów GPS czy Galileo. Na różnych kontynentach te same satelity już nie są widoczne. Dlatego transfer czasu pomiędzy kontynentami jest szczególnie trudny. Dzięki poprawkom z Europejskiej Agencji Kosmicznej korygującym zegary satelitów oraz bardzo wysokiej stabilności utrzymywanej przez zegary atomowe na pokładach satelitów GPS i Galileo, najwyższa wydajność transferu czasu jest możliwa na bardzo dużych odległościach.

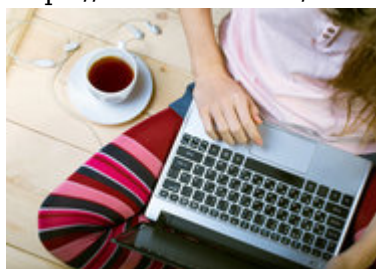
Transfer czasu oparty o system Galileo okazał się nawet dokładniejszy niż w systemie GPS. Natomiast transfer czasu z wykorzystaniem systemu rosyjskiego GLONASS jest od 6 do 8 razy gorszy niż systemów europejskich i amerykańskich. Marcin Mikoś, Kamil Kaźmierski i Krzysztof Sośnica udowodnili, że nie zawsze zegar atomowy działa lepiej niż tani zegar kwarcowy.

Najstabilniejsze zegary kwarcowe posiadają zbliżoną charakterystykę do najmniej dokładnych maserów wodorowych. Zegary atomowe są na tyle wrażliwymi instrumentami, że wymagają odpowiedniego sterowania, aby mogły skutecznie działać.

Badania zostały przeprowadzone na oprogramowaniu GNSS-WARP (Wrocław Algorithms for Real-Time Positioning). Jest to oprogramowanie od początku powstałe i rozwijane we Wrocławiu przez pracowników i doktorantów Instytutu Geodezji i Geoinformatyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Źródło: pap.pl

<https://laboratoria.net/aktualnosci/31745.html>



01-06-2026

[Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał](#)

Sam czas spędzony przed ekranem nie jest najlepszą miarą ryzyka.



01-06-2026

[Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę](#)

Dotyczy działań komunikacyjnych, edukacyjnych oraz popularyzatorskich.



01-06-2026

10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026

Między 24 a 28 czerwca zmierzą się z ponad 150 ekipami z 28 krajów.



01-06-2026

Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne

W 2023 r. z tego powodu cierpiało prawie 1,2 mld ludzi na świecie.



01-06-2026

AGH uruchomiła laboratorium

Ze źródłem promieniowania RTG dorównującym synchrotrono.



01-06-2026

UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki

Uczelnie zapowiedziały rozwój kształcenia praktycznego i cyfrowego.



01-06-2026

[W poniedziałek rozpocznie się rekrutacja na Uniwersytet Jagielloński](#)

Najstarsza uczelnia w kraju ma w ofercie 13 nowych kierunków studiów.



01-06-2026

[3 proc. PKB na naukę to nie jest radykalny postulat](#)

To nie jest radykalny cel, ale uniwersalny postulat, który bardzo by Polsce pomógł.

Informacje dnia: [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne](#) [AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne](#) [AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne](#) [AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#)

Partnerzy