

Z precyzją do miliardowych części sekundy

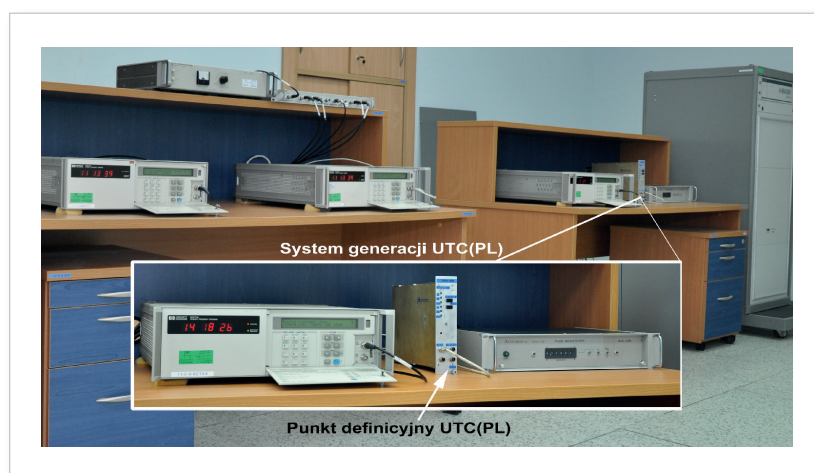
Albin Czubla

Przeczytaj, jak jest ustalany czas urzędowy w Polsce.

Pomiary czasu pomiędzy zegarami atomowymi realizowane są obecnie z precyzją do miliardowych części sekundy, a żeby zegar atomowy pomylił się o 1 s, trzeba by czekać teoretycznie przynajmniej 2-3 miliony lat. Teoretycznie, ponieważ żaden zegar nie ma szans na tak długą pracę, bo i tak wcześniej zużyją się jego elementy. Typowy, dostępny komercyjnie na rynku, tej klasy zegar atomowy ma czas życia ok. 9-12 lat, a jego cena to równowartość średniej wielkości mieszkania w Warszawie. Takich zegarów atomowych w Polsce jest kilkanaście, z czego 4 w Laboratorium Czasu i Częstotliwości Głównego Urzędu Miar (GUM) w stanowisku państwowego wzorca jednostek miar czasu i częstotliwości, a na całym świecie jest ich kilkaset. Są utrzymywane w ciągłej pracy, non-stop porównywane, a jak się zużyją, to są przywracane ponownie do pracy lub wymieniane na nowe.

Po co taka wysoka dokładność i po co aż tyle zegarów? Na pewno nie po to, aby punktualnie rozpocząć pracę, lekcję, wykład, czy umówić się na spotkanie – tu wystarczy dokładność co do minuty. Systemy bankowe, giełdowe, czy inne ważne dla naszego bezpieczeństwa systemy teleinformatyczne, są już bardziej wymagające – niezbędna jest dokładność co do sekundy. Czas uszczelnia tego typu systemy, nie pozwala na dokonywanie nieautoryzowanych operacji niepowiązanych z czasem zalogowania i wylogowania się danego użytkownika. Dalej są już sieci i usługi telekomunikacyjne i teleinformatyczne – równoległe zestawianie i utrzymywanie tysięcy połączeń telefonicznych, transferu danych komputerowych, transmisji audio i video, coraz szybsze łącza internetowe, telewizja cyfrowa. Tu jest potrzebna synchronizacja z dokładnością do pojedynczych mikrosekund, czyli milionowych części sekundy. Brak synchronizacji oznacza błędy w transmisji, zakłócenia, zrywanie połączeń, konieczność powtórnego przesyłu danych, zmniejszenie przepustowości. Na koniec pozostają systemy

nawigacji satelitarnej, które bez nanosekundowej precyzji zegarów atomowych w ciągu doby (światło w czasie 1 nanosekundy, czyli jednej miliardowej części sekundy, przebywa drogę ok. 30 cm), by nas prowadziły wyłącznie na manowce. Jedna nanosekunda błędu zegara w laboratorium na powierzchni Ziemi, to już ok. 10 nanosekund błędu zegarów na satelitach systemów GNSS (Global Navigation Satellite System, jak np. GPS, GLONASS, GALILEO), a 10 nanosekund w przeliczeniu na odległość odpowiada błędowi położenia ok. 3 m. Jeśli jeszcze dodamy niedoskonałości w odbiorze i transmisji sygnałów z satelitów, to mamy jeszcze mniejszą dokładność i trudno sobie dziś wyobrazić bezpieczną podróż samochodem z automatycznym kierowcą sterowanym tylko sygnałem GNSS. Znacznie lepiej jest, gdy mamy możliwość wydłużenia obserwacji satelitów GNSS, jak w pomiarach geodezyjnych. Wówczas można wyznaczyć położenie punktu na powierzchni Ziemi z dokładnością do pojedynczych milimetrów. Całość uzupełnia bardzo szeroka gama mniej i bardziej zaawansowanych użytkowników różnorodnych przyrządów i systemów pomiarowych, wymagających wiarygodnego pomiaru przedziału czasu czy dokładnych sygnałów częstotliwości. Dotyczy to zarówno pomiarów na najwyższym poziomie dokładności, jak w przypadku wyznaczania częstotliwości promieniowania laserowego dla potrzeb pomiarów długości czy odtwarzania wzor-



cowego napięcia elektrycznego stałego w oparciu o efekt Josephsona, jak i na niższym poziomie dokładności, np. dla potrzeb pomiarów lepkości, prędkości, w pracy zegarmistrza, czy przy realizacji procedur pobierania próbek.

Duża liczba zegarów gwarantuje ciągłość odmierzania czasu, zwiększa rzetelność generowanych przez nie sygnałów, ponieważ żaden, nawet najlepszy, zegar atomowy nie jest idealny i nie ma dwóch identycznych, synchronicznie odmierzających czas i generujących wzorcowe sygnały częstotliwości zegarów. Wiarygodność metrologiczna zegara atomowego jest potwierdzona przez ciągły udział w międzynarodowych porównaniach kluczowych, czyli w tworzeniu międzynarodowych atomowych skal czasu TAI i UTC. W tych porównaniach biorą udział wszystkie zegary atomowe Laboratorium Czasu i Częstotliwości GUM, a także za pośrednictwem GUM również zegary atomowe Centrum Badań Kosmicznych PAN – służące do prowadzenia obserwacji astrogeodynamicznych i rozwijania systemów transferu czasu, Telekomunikacji Polskiej S.A. – służące potrzebom synchronizacji i utrzymania sieci telekomunikacyjnej, Instytutu Łączności – służące potrzebom łączności, rozwijania algorytmów skal czasu i wzorcowaniom oraz ośrodków metrologii wojskowej – służące utrzymaniu i rozwijaniu technologii wojskowych.

W ten sposób, z zachowaniem spójności pomiarowej z międzynarodowym systemem miar na najwyższym poziomie, możliwa jest realizacja podstawowej funkcji Laboratorium Czasu i Częstotliwości GUM, czyli utrzymywanie państwowego wzorca w tym zakresie i przekazywanie jednostek miar czasu i częstotliwości do wzorców i przyrządów pomiarowych niższego rzędu poprzez ich wzorcowanie. W konsekwencji, na stanowisku państwowego wzorca wyznaczana jest skala czasu UTC(PL) – lokalna realizacja skali czasu uniwersalnego koordynowanego UTC, a przez dodanie do UTC(PL) 1 godziny w okresie zwykłym, a 2 godzin w okresie obowiązywania czasu letniego, uzyskiwany jest oficjalny czas urzędowy w Polsce. Informację o czasie urzędowym dystrybuowana jest automatycznie za pomocą wyspecjalizowanych systemów, które są sterowane sygnałami UTC(PL) i sygnałami pomocniczymi z zegarów atomowych. Dla potrzeb użytkowników wymagających wysokiego poziomu bez-



pieczeństwa transmisji (giełda, systemy bankowe, centra znakowania czasem) uruchomiony jest ogólnodostępny modemowy system dystrybucji czasu urzędowego, który poprzez telefoniczny numer dostępowy pozwala na połączenie się z systemem i odbiór informacji o czasie i znacznika, którego ta informacja dotyczy. Dla znacznie szerszego grona użytkowników uruchomione zostały serwery czasu urzędowego (tempus1.gum.gov.pl i tempus2.gum.gov.pl), które podłączone są non-stop do sieci Internet i, będąc sterowane sygnałami z zegarów atomowych, umożliwiają synchronizację czasu w systemach komputerowych i informatycznych za pośrednictwem protokołu NTP i SNTP. A jeszcze szerszemu gronu użytkowników służą urządzenia do generacji

akustycznych sygnałów czasu dla Polskiego Radia, według których nadal niektórzy użytkownicy ciągle regulują zegarki. Z kolei bardzo wąskiemu, ale ważnemu, gronu użytkowników służą zaawansowane systemy do zdalnego transferu czasu z wykorzystaniem technik satelitarnych i światłowodowych, które pozwalają na przekazywanie precyzyjnej informacji o czasie i częstotliwości do innych ośrodków metrologii czasu i częstotliwości w Polsce i na świecie, z precyzją do pojedynczych nanosekund, umożliwiając uzyskanie spójności z międzynarodowym systemem miar. Dodatkowo z Laboratorium Czasu i Częstotliwości GUM przekazywane są bezpośrednio wzorcowe sygnały częstotliwości do innych laboratoriów GUM, gdzie utrzymywane są państwowe wzorce napięcia elektrycznego stałego oraz długości, dzięki czemu jest możliwa realizacja tych wzorców na najwyższym światowym poziomie.

Powyższe działania Laboratorium Czasu i Częstotliwości GUM, uzupełnione o wykonywanie wzorcowań i ekspertyz wzorców i przyrządów pomiarowych z dziedziny czasu i częstotliwości zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025 oraz Porozumieniem CIPM MRA, prowadzenie szkoleń metrologicznych, udzielanie konsultacji oraz prowadzenie prac badawczo-rozwojowych w zakresie rozwoju państwowego wzorca jednostek miar czasu i częstotliwości, zapewniają, że pomiary czasu i częstotliwości w Polsce mają rzetelne odniesienie. Wszystko to w trosce o nasze bezpieczeństwo, konkurencyjność gospodarki oraz rozwój nauki i powiązanych dziedzin pomiarowych.