

Spotkanie Międzylaboratoryjnej Grupy ds. Porównań Krajowych Atomowych Wzorców Czasu i Częstotliwości

W dniu 20 kwietnia 2010 r. w siedzibie Głównego Urzędu Miar odbyło się 25. Spotkanie Międzylaboratoryjnej Grupy ds. Porównań Krajowych Atomowych Wzorców Czasu i Częstotliwości. Spotkanie, o otwartym charakterze seminaryjnym i odbywające się dwukrotnie w ciągu roku, zgromadziło tym razem grono 38. osób z krajowych laboratoriów i instytucji bezpośrednio lub pośrednio zainteresowanych współczesnymi aspektami metrologii czasu i częstotliwości. Między innymi obecni byli przedstawiciele Centrum Badań Kosmicznych PAN, Akademii Górniczo-Hutniczej, Wojskowej Akademii Technicznej, Politechniki Rzeszowskiej, Uniwersytetu Zielonogórskiego, Uniwersytetu Warszawskiego, Telekomunikacji Polskiej, Instytutu Łączności, Centralnego Wojskowego Ośrodka Metrologii, a także Ministerstwa Gospodarki i Międzynarodowego Biura Miar (BIPM) w Paryżu we Francji. Wygłoszono dwanaście referatów, spośród których jeden miał charakter ogólny i dotyczył historii spotkań oraz współpracy krajowej i regionalnej (z Litwą i Łotwą) w dziedzinie czasu i częstotliwości, dwa dotyczyły transferu czasu z wykorzystaniem satelitów nawigacyjnych systemu GLONASS, cztery dotyczyły zastosowania światłowodów do precyzyjnego transferu czasu i częstotliwości, pozostałe dotyczyły: prognozowania państwowej skali czasu z wykorzystaniem sieci neuronowych, pomiaru jakości sygnałów zegarowych oraz problematyki serwerów czasu (serwerów NTP) w kontekście zachowania spójności pomiarowej i wiarygodności dystrybuowanej przez nie informacji o czasie.

Po otwarciu spotkania przez Wiceprezesa Głównego Urzędu Miar [Włodzimierza Popiołka](#) w pierwszym wystąpieniu [dr Albin Czubla](#) przypomniał 14-letnią już historię spotkań i związanej z nimi współpracy obejmującej nie tylko laboratoria i instytucje posiadające zegary atomowe i biorące udział w tworzeniu niezależnej Polskiej Atomowej Skali Czasu TA(PL), ale również i szereg innych instytucji o charakterze typowo naukowym czy także komercyjnym. Istotna jest cykliczność spotkań, które za każdym razem gromadzą ok. 30 osób i służą prezentacji trendów światowych i europejskich w dziedzinie metrologii czasu i częstotliwości, prezentacji własnych dokonań, wymianie doświadczeń, merytorycznej dyskusji i poszerzaniu wiedzy w tym zakresie.

[Dr Włodzimierz Lewandowski](#) (BIPM, Sekcja Czasu, Częstotliwości i Grawimetrii), ze względu na swoje zaangażowanie w pracach nad reformą polskiej metrologii, w swoim wystąpieniu poruszył tematykę obecnych prac legislacyjnych realizowanych w tym zakresie w Ministerstwie Gospodarki i Sejmie (Grupa Konsultacyjna MG, posiedzenia połączonych Komisji Sejmowych Edukacji, Nauki i Młodzieży oraz Gospodarki, planowany dezyderat). Bardzo pozytywnie odniósł się do początków polskiej metrologii w 1916 roku i do dorobku dr. Zdzisława Rauszera, który zaproponował powołanie w 1918 roku Królewskiego Instytutu Metrologicznego, Urzędu Miar i Komisji Miar Legalnych (instytucji o charakterze doradczym), co jednak nie zostało pozytywnie przyjęte przez jedną z komisji opiniujących projekt, obawiającej się przejęcia przez Instytut Metrologiczny prac metrologicznych wykonywanych do tamtej pory na uczelniach.

W zasadniczej części swojego wystąpienia, dr W. Lewandowski mówił na temat wprowadzenia systemu GLONASS do obliczeń TAI i UTC. Dużą rolę w tym zakresie odegrało

Centrum Badań Kosmicznych, które opracowało odbiorniki TTS-3 i TTS-4 do transferu czasu z wykorzystaniem sygnałów z systemów nawigacji satelitarnej zarówno GPS, jak i GLONASS. Niepewności uzyskiwane z porównań metodą GNSS Common-View i All-in-View w przypadku użycia sygnałów systemu GLONASS są zbliżone do niepewności uzyskiwanych przy użyciu systemu GPS. Dokładne pomiary porównawcze wykazały, że aby zachować spójność pomiędzy wynikami uzyskiwanymi za pośrednictwem systemów GPS i GLONASS, wymagana jest zasadnicza korekta stałej kalibracyjnej dla odbiorników systemu GLONASS.

Dr Jerzy Nawrocki (CBK PAN, Obserwatorium Astrogeodynamiczne w Borowcu k.Poznania) omówił właściwości odbiorników do transferu czasu TTS-4, podkreślając, że bardzo dobre wyniki uzyskuje się przy zastosowaniu anten typu choke-ring – anten z pierścieniami ekranującymi dostęp do anteny sygnałów odbitych od otoczenia, a wykorzystanie kodu P3 pozwala wyeliminować wpływ jonosfery dla dużych odległości. W zakresie zastosowania światłowodów do precyzyjnego transferu czasu i częstotliwości, dr J. Nawrocki przedstawił informację o prezentowanych na 24. Europejskim Forum Czasu i Częstotliwości referatach na ten temat. Prace w tym zakresie prezentowała Francja (ultra stabilna dystrybucja częstotliwości), Niemcy (dalekosiężny transfer częstotliwości na odległości 900 km, dystrybucja częstotliwości referencyjnej do wielu lokalizacji), Szwecja (jednokierunkowa transmisja częstotliwości z poprawioną dokładnością), Niemcy i Japonia (światłowodowy transfer czasu na potrzeby porównań zegarów) oraz Czechy i Austria (transfer czasu poprzez światłowód).

Dr Łukasz Śliwczyński (AGH, Katedra Elektroniki) przedstawił zaproponowaną przez AGH ideę i realizację stabilizacji propagacji czasu w łączy światłowodowym na potrzeby precyzyjnej dystrybucji czasu i częstotliwości. Zastosowanie cyfrowej pętli DLL (*Digital Locked Loop*), sprzężonej za pomocą specjalnie opracowanych przez autorów prezentowanego rozwiązania układów scalonych zawierających elektroniczną linię opóźniającą, pozwoliło w konsekwencji na uzyskanie stabilności opóźnienia fazy transmitowanego sygnału na poziomie szacunkowo kilkunastu pikosekund przy linii długości 20 km i zakresie zmian temperatury 25 K. Na podstawie pomiarów wykonanych w GUM za pomocą komparatora częstotliwości wzorcowych A7-MX, parametry tego układu zostały pozytywnie zweryfikowane, potwierdzając możliwość transferu częstotliwości ze względną stabilnością częstotliwości nawet 1×10^{-16} lub lepszą.

W uzupełnieniu informacji dotyczących zagadnienia transferu czasu i częstotliwości poprzez światłowód, mgr inż. Łukasz Buczek (AGH, Katedra Elektroniki) przedstawił metodykę precyzyjnej stabilizacji długości fali lasera półprzewodnikowego na poziomie poniżej 0,2 pm, co przy transmisji dwukierunkowej w światłowodzie o długości 100 km odpowiada stabilizacji na poziomie poniżej 0,5 ps. Uzyskuje się to poprzez zastosowanie stabilizacji termicznej wraz z etalonem optycznym.

Prof. Wiesław Miczulski (UZ, Instytut Metrologii Elektrycznej) zaprezentował najnowsze wyniki prac UZ, prowadzonych we współpracy z GUM, nad zastosowaniem sieci neuronowych do prognozowania państwowej skali czasu. Przyjęcie modelu prognozowania odchyłeń od trendu liniowego dla poszczególnych zegarów pozwoliło uzyskać błędy prognozy nie przekraczające 5 ns dla horyzontu czasowego 15 dni. Obecne prace są na etapie optymalizacji wyboru architektury i parametrów sieci neuronowej. Przewiduje się implementację tych rozwiązań w GUM do sterowania skalą czasu UTC(PL).

Mgr inż. Krzysztof Różyc (WAT, Wydział Elektroniki) przedstawił wyniki najnowszych prac WAT, w zakresie implementacji do opracowanych przez WAT przyrządów po-

miarowych opcji wyznaczania parametrów jakości sygnałów zegarowych. Dynamiczne wyliczanie tych parametrów i monitorowanie ich wartości w czasie ma duże znaczenie dla zastosowań telekomunikacyjnych przy badaniu synchronizacji sieci.

Na koniec zostały zaprezentowane referaty dotyczące serwerów czasu. Pracownicy Elpromy Elektroniki ([Grzegorz Daniluk](#) i [Krzysztof Borgulski](#)) przedstawili wyniki prac nad stabilizacją pracy grupy serwerów czasu tworzących sieć korporacyjną i wyposażonych w zróżnicowane wzorcowe źródła czasu, nad audytem czasu z poziomu serwera NTP z użyciem technik szyfrowania symetrycznego i asymetrycznego oraz nad pobieraniem informacji o czasie przez serwer NTP bezpośrednio z zegara cezowego typu 5071A. Prace te są odpowiedzią na aktualnie rosnące krajowe i ogólnoswiatowe zapotrzebowanie na wiarygodną informację o czasie.

Szyfrowanej transmisji NTP poświęcony był referat [Jacka Igalsona](#) (Telekomunikacja Polska, Orange Lab), który pokazał, że można w prosty sposób w serwerach NTP zaimplementować mechanizmy szyfrowania symetrycznego i asymetrycznego oraz zweryfikować, czy rzeczywiście transmitowane pakiety NTP są podpisane cyfrowo i dokonana została pozytywna ich identyfikacja i autentykacja.

Ostatni referat był poświęcony przewidywanym rozważanym rozwiązaniom prawnym i technicznym dotyczącym weryfikacji zgodności czasu, używanego w systemach do znakowania czasem, z czasem urzędowym i czasem UTC(PL). Dr A. Czubła przedstawił wyciąg z zapisów projektu ustawy o podpisie elektronicznym odnoszących się do wymagań w stosunku do czasu wykorzystywanego w systemach do znakowania czasem oraz zaprezentował wstępnie rozważane do przyjęcia zapisy techniczne uściślające tę kwestię w projektowanym rozporządzeniu do tej ustawy. Dzięki wsparciu ze strony Ministerstwa Gospodarki ([Marcin Fijałkowski](#) – Departament Gospodarki Elektronicznej), rozwinęła się szeroka dyskusja bardzo pomocna w dalszych pracach przygotowawczych do prac legislacyjnych w tym zakresie.

W celu uzyskania szerszych informacji na temat zagadnień poruszanych podczas 25. Spotkania Międzylaboratoryjnej Grupy ds. Porównań Krajowych Atomowych Wzorców Czasu i Częstotliwości można nawiązać kontakt z autorami wygłoszonych referatów lub z pracownikami Laboratorium Czasu i Częstotliwości Zakładu Elektrycznego Głównego Urzędu Miar (e-mail: timegum@gum.gov.pl, tel. 22 581 91 56).

Dr Albin Czubła

Kierownik Laboratorium Czasu i Częstotliwości GUM