

Jarosław FIGWER, Krzysztof CZYŻ, Paweł CZYŻ
Politechnika Śląska, Instytut Automatyki

ZDALNIE STEROWANE LABORATORIUM AKTYWNEGO TŁUMIENIA HAŁASU¹

Streszczenie. W artykule zaprezentowano zdalnie sterowane laboratorium aktywnego tłumienia hałasu. Sterowanie doświadczeniami przeprowadzanymi w tym laboratorium dokonywane jest poprzez sieć Internet. Ogranicza to szkodliwe oddziaływanie hałasu na osoby przeprowadzające doświadczenia. Istnienie zdalnego dostępu do laboratorium umożliwiło efektywne współdzielenie sprzętu pomiędzy zajęcia dydaktyczne i badania naukowe.

Słowa kluczowe: aktywne tłumie hałasu, cyfrowe przetwarzanie sygnałów, sterowanie adaptacyjne, zdalne nauczanie.

REMOTELY CONTROLLED ACTIVE NOISE CONTROL LABORATORY

Summary. The paper presents a remotely controlled active noise control laboratory. The laboratory is controlled using Internet network. This allowed to reduce harmful influence of noise on users during laboratory experiments. The remote access to laboratory enabled effective sharing of its equipment among students and researchers.

Keywords: active noise control, adaptive control, digital signal processing, distance learning.

1. Wprowadzenie

Istotą aktywnego tłumienia hałasu (ATH) jest wytłumienie niepożądanego fali akustycznej (hałasu) za pomocą innej fali akustycznej generowanej z wykorzystaniem urządzeń elektro-

¹ Niniejsza praca była częściowo finansowana przez Komitet Badań Naukowych.

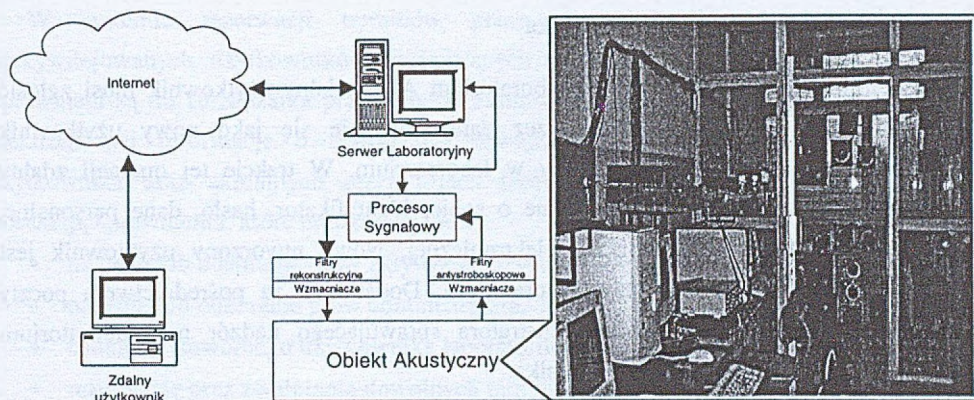
akustycznych [3]. Rozwiązanie takie stosuje się, gdy pasywne metody redukcji hałasu (za pomocą izolacji akustycznej od źródła hałasu) nie dają się zastosować, są zbyt drogie lub mało efektywne. Ma ono szczególne znaczenie przy tłumieniu hałasów niskoczęstotliwościowych, dla których grubość izolacji akustycznej jest odwrotnie proporcjonalna do maksymalnej częstotliwości tłumionego hałasu. Metody ATH mogą być również uzupełnieniem metod pasywnych.

W latach 1994-2003 z funduszy Komitetu Badań Naukowych wykonano w Instytucie Automatyki Politechniki Śląskiej cztery stanowiska laboratoryjne systemów ATH [1]: aktywnego personalnego ochronnika słuchu, falowodu akustycznego, aktywnego zagłówką fotela i uniwersalne stanowisko do tworzenia lokalnych przestrzennych stref ciszy. W artykule zaprezentowano podstawowe idee zdalnego sterowania stanowiskami laboratoryjnymi systemów ATH na przykładzie zdalnego sterowania uniwersalnym stanowiskiem do tworzenia lokalnych przestrzennych stref ciszy.

2. Zdalnie sterowane laboratorium ATH

W laboratorium systemów ATH wydzielono specjalne zamknięte pomieszczenie o objętości 23 m², w którym badane są algorytmy tworzenia przestrzennych lokalnych stref ciszy. Stanowisko to wyposażone jest w niezbędne elementy elektroniczne realizujące pomiar, przetwarzanie, archiwizację oraz wizualizację odpowiednich sygnałów akustycznych. We wnętrzu pomieszczenia umieszczono wiele mikrofonów i głośników wykorzystywanych do generowania hałasu oraz do jego tłumienia. Zadaniem układu sterowania zbudowanego na bazie procesora sygnałowego Texas Instruments TMS320C31 [6] jest wytworzenie strefy ciszy wokół wyróżnionych mikrofonów zwanych mikrofonami błędu. Sygnały sterowania generowane przez procesor sygnałowy przed wzmocnieniem i pobudzeniem głośników sterujących są formowane przez filtry rekonstruujące. Natomiast sygnały z mikrofonów przed przetworzeniem przez kartę procesora sygnałowego są wzmacniane oraz filtrowane przez filtry antystroboskopowe. Ogólny schemat laboratorium przedstawiono na rys. 1.

Zdalny dostęp do laboratorium ATH realizowany jest poprzez sieć Internet przy użyciu dowolnej przeglądarki internetowej z zainstalowanym pakietem języka Java firmy SUN. Jedyńm dodatkowo wymaganym oprogramowaniem, które instalowane jest na komputerze zdalnego użytkownika laboratorium, jest ogólnie dostępny program Winamp firmy Nullsoft (<http://www.winamp.com>). Umożliwia on dostęp do transmitowanego na bieżąco strumienia dźwięku z laboratorium ATH. Takie rozwiązanie zdalnego dostępu do laboratorium nie wymaga instalowania dodatkowego komercyjnego oprogramowania pozwalającego na zdalne zarządzanie serwem laboratoryjnym z poziomu komputerów zdalnych użytkowników.



Rys. 1. Zdalnie sterowane laboratorium aktywnego tłumienia hałasu
 Fig. 1. Remotely controlled active noise control laboratory

Kontrola dostępu do laboratorium, uwierzytelnianie użytkowników oraz rezerwacja terminów pracy w laboratorium odbywa się poprzez witrynę internetową umieszczoną na serwerze laboratoryjnym. Serwer ten zapewnia również dostęp do lokalnych zasobów dyskowych, obsługuje transmisję na bieżąco strumienia sygnału audio z laboratorium oraz komunikację z układem sterowania. Na potrzeby laboratorium zaimplementowano podstawowe algorytmy wykorzystywane w systemach ATH, między innymi adaptacyjny algorytm LMS oraz FXLMS [4]. Użytkownicy mogą również projektować i uruchamiać własne algorytmy sterowania.

3. Dostęp do zasobów laboratoryjnych

Strukturę oprogramowania pozwalającego na udostępnianie zasobów laboratoryjnych oraz kontrolę dostępu do laboratorium ATH przedstawiono na rys. 2. Z poziomu witryny internetowej umieszczonej na serwerze laboratoryjnym zdalny użytkownik ma między innymi możliwość:

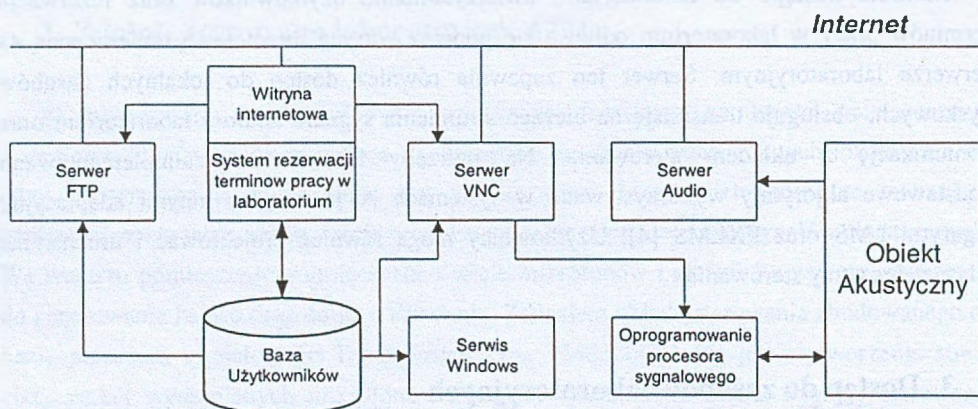
- rejestracji się jako nowy użytkownik laboratorium,
- rezerwacji terminów pracy w laboratorium,
- zdalnego dostępu do zasobów laboratorium.

Poprzez witrynę internetową udostępniana jest również dokumentacja laboratoryjna wraz z propozycją zestawu ćwiczeń laboratoryjnych ilustrujących podstawowe zagadnienia aktywnego tłumienia hałasu.

3.1. Rejestracja nowego użytkownika

Przed przystąpieniem do pracy w laboratorium ATH zdalny użytkownik musi zgłosić chęć korzystania z laboratorium poprzez zarejestrowanie się jako nowy użytkownik w systemie rezerwującym terminy pracy w laboratorium. W trakcie tej operacji zdalny użytkownik wprowadza podstawowe dane o sobie: identyfikator, hasło, dane personalne, dane o miejscu pracy, adres poczty elektronicznej. Nowo utworzony użytkownik jest wpisywany do bazy użytkowników laboratorium. Dodatkowo za pośrednictwem poczty elektronicznej wysyłana jest do administratora sprawującego nadzór nad laboratorium informacja o rejestracji nowego użytkownika.

Nowo utworzony użytkownik posiada status nieaktywnego. Nie ma on prawa dostępu do laboratorium ATH aż do czasu zmiany jego statusu na użytkownika aktywnego. Operacja ta dokonywana jest przez administratora laboratorium.



Rys. 2. Struktura oprogramowania zdalnie sterowanego laboratorium ATH
Fig. 2. Software structure of remotely controlled ANC laboratory

3.2. Rezerwacja terminów pracy w laboratorium

Każdy użytkownik posiadający atrybut aktywnego użytkownika ma możliwość rezerwacji terminów pracy w laboratorium. Rezerwacje te dokonywane są na harmonogramie zajęć laboratoryjnych z dokładnością do pół godziny. Harmonogram ten zawiera informacje o terminach, w których laboratorium jest dostępne dla zdalnych użytkowników, jak i informacje o rezerwacjach dokonanych przez innych użytkowników laboratorium. System rezerwacji posiada opcję zwolnienia wcześniej zarezerwowanego terminu pracy oraz opcję usunięcia przez zdalnego użytkownika swoich danych z systemu.

W systemie rezerwacji terminów pracy w laboratorium wyróżniono grupę uprzywilejowanych użytkowników posiadających atrybut administratora. Administratorzy uprawnieni są do zarządzania pracą laboratorium. Otrzymują oni za pośrednictwem poczty elektronicznej informacje o utworzeniu nowego użytkownika, usunięciu istniejącego użytkownika oraz aktualnych rezerwacjach terminów pracy w laboratorium. Ponadto posiadają uprawnienia, które umożliwiają im:

- nadanie lub odebranie praw aktywnego użytkownika,
- nadanie lub odebranie praw administratora,
- usunięcie dowolnego użytkownika laboratorium,
- rezerwację oraz zwalnianie dowolnych terminów pracy w laboratorium.

Moduł zarządzania rezerwacją terminów pracy w laboratorium został zaimplementowany jako aplet języka Java, który wykonywany jest na maszynie klienta. Aplet ten łączy się z relacyjną bazą użytkowników znajdującą się na serwerze laboratoryjnym. W bazie tej dokonywane są wszelkie operacje związane z rezerwacją terminów pracy w laboratorium.

3.3. Zdalny dostęp do serwera laboratoryjnego

Kontrolę dostępu do serwera laboratoryjnego, na którym zainstalowane jest oprogramowanie niezbędne do prowadzenia badań, jak i zajęć dydaktycznych, oparto na systemie zabezpieczeń systemu operacyjnego Windows 2000. Prawa dostępu do zasobów systemu oraz uruchamianych aplikacji zostały w znaczący sposób ograniczone. Przygotowano oprogramowanie pozwalające na synchronizację hasła użytkownika systemu Windows z hasłem używanym przez użytkownika w systemie rezerwacji terminów pracy w laboratorium. Uruchomiono specjalny serwis systemu Windows, którego zadaniem jest informowanie z wyprzedzeniem użytkownika o upływie czasu zarezerwowanego na bieżącą sesję w laboratorium. Po upływie zarezerwowanego czasu serwis wylogowuje zdalnego użytkownika i przygotowuje laboratorium dla kolejnego użytkownika.

Istotą zdalnie sterowanego laboratorium ATH jest możliwość zdalnej pracy na serwerze laboratoryjnym. Zdalny dostęp do serwera laboratoryjnego oparto na pakiecie oprogramowania RealVNC (Virtual Network Computing, <http://www.realvnc.com/>). Pozwala on na zdalną obserwację pulpitu komputera udostępniającego tę usługę, jak i interakcję z nim. Dostęp do serwera laboratoryjnego możliwy jest z dowolnego komputera podłączonego do sieci Internet, na którym zainstalowano przeglądarką internetową posiadającą wirtualną maszynę Javy. RealVNC jest zestawem narzędzi całkowicie niezależnym od platformy sprzętowej, na której pracuje zdalny użytkownik. Sewer tej usługi przekazuje na odległość bufor ramki i wyświetla jego zawartość w przeglądarce zdalnego użytkownika. Wszystkie operacje zdalnego użytkownika przeprowadzane z wykorzystaniem myszki lub klawiatury w

obszarze aktywnym jego przeglądarki są przekazywane poprzez sieć do serwera VNC. Operacje te są przetwarzane przez serwer (wykonywane są wszelkie operacje związane z obsługą urządzeń wejścia i wyjścia), a następnie do zdalnego użytkownika powracają jedynie widoczne zmiany pulpitu. Dostęp do serwera VNC jest zabezpieczony hasłem, które jest synchronizowane z hasłem zdalnego użytkownika rezerwującego dany termin pracy w laboratorium.

Rozwiązanie bazujące na serwerze VNC zostało wybrane ze względu na swoją uniwersalność. Rozważane były także inne rozwiązania, między innymi bazujące na usłudze Windows Terminal Services. Jednakże, ze względu na konieczność instalacji oprogramowania na komputerze zdalnego użytkownika, rozwiązanie oparte na tej usłudze było nie do przyjęcia.

W laboratorium ATH przeprowadzane są doświadczenia związane z dźwiękiem. Konieczne więc jest zapewnienie zdalnemu użytkownikowi możliwości podsłuchu dźwięków z laboratorium. Do tego celu wykorzystano pakiet oprogramowania SHOUTcast (<http://www.shoutcast.com/>). Służy on do przekazu strumienia audio poprzez sieć Internet. Pakiet ten wykorzystuje kodowanie sygnału dźwiękowego w standardzie MPEG 1 Layer 3 (MP3). Zapewnia on bardzo małe opóźnienie czasowe podczas transmisji dźwięku. Stosowanie w laboratorium dźwięków niskoczęstotliwościowych wydatnie zmniejsza ilość transmitowanych danych. Oprogramowanie niezbędne do odtwarzania transmitowanego przez pakiet SHOUTcast strumienia audio dostępne jest dla wielu platform programowo-sprzętowych.

Źródłem sygnału audio transmitowanego z laboratorium jest sygnał otrzymywany bezpośrednio z mikrofonów błędu działającego układu ATH. Pozwala to zdalnemu użytkownikowi na weryfikację otrzymywanego w laboratorium poziomu tłumienia hałasu.

W celu ułatwienia komunikacji zdalnego użytkownika z kartą procesora sygnałowego stworzona została aplikacja, której zadaniem jest ładowanie odpowiedniego oprogramowania sterującego pracą procesora sygnałowego. Aplikacja ta powstała na bazie biblioteki procedur [5] firmy dSpace dla karty DS1102 procesora sygnałowego TMS320C31. Korzystając z tej aplikacji zdalny użytkownik ma możliwość: przeprowadzenia identyfikacji modeli niezbędnych do zaprojektowania układu ATH, wyboru struktury algorytmu ATH, wyboru zakłócenia, które ma być tłumione oraz rejestracji wybranych parametrów układu ATH w trakcie jego pracy. Interfejs graficzny aplikacji umożliwia sterowanie pracą układu ATH, obserwowanie na bieżąco aktualnego poziomu tłumienia hałasu oraz przebiegów czasowych sygnałów: sterującego, odniesienia oraz błędu. Uzyskane w trakcie pracy w laboratorium wyniki mogą być zapisane na dysku lokalnym serwera laboratoryjnego lub wysłane bezpośrednio do użytkownika za pośrednictwem poczty elektronicznej.

Ostatnim elementem oprogramowania obsługującego laboratorium ATH jest serwer FTP. Pozwala on zdalnym użytkownikom na dostęp do ich katalogu domowego umieszczonego na serwerze laboratoryjnym, pobranie plików utworzonych podczas pracy w laboratorium oraz przesłanie do serwera laboratoryjnego plików przygotowanych na własnym komputerze. Podobnie jak poprzednio, hasła dostępu do zasobów laboratoryjnych za pomocą serwera FTP są tworzone automatycznie na podstawie informacji z bazy użytkowników.

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono zdalnie sterowane laboratorium systemów aktywnego tłumienia hałasu, które mieści się w Instytucie Automatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Zdalne sterowanie doświadczeniami przeprowadzanymi w tym laboratorium dokonywane jest poprzez sieć Internet. Dzięki zdalnemu dostępowi do laboratorium istnieje możliwość efektywnego wykorzystywania zasobów laboratoryjnych zarówno w zajęciach dydaktycznych [4], jak i pracach badawczych. Rozwiązanie to poprawiło komfort pracy w laboratorium, ograniczyło szkodliwe oddziaływanie hałasu na osoby przeprowadzające doświadczenia w laboratorium oraz zwiększyło bezpieczeństwo sprzętu laboratoryjnego. Ograniczeniem prezentowanego zdalnie sterowanego laboratorium jest brak możliwości zdalnej rekonfiguracji położenia mikrofonów i głośników w pomieszczeniu laboratoryjnym.

Zdalnie sterowane laboratorium systemów aktywnego tłumienia hałasu jest udostępniane innym ośrodkom naukowym zajmującym się problematyką aktywnego tłumienia hałasu. Pozwala to na efektywną wymianę doświadczeń. Odwołanie do laboratorium możliwe jest spod następującego adresu internetowego: <http://lablink.ia.polsl.gliwice.pl>.

LITERATURA

1. Figwer J., Ogonowski Z., Pawełczyk M.: Stanowiska laboratoryjne do badań algorytmów aktywnego tłumienia hałasu. Materiały XLIX Otwartego Seminarium z Akustyki OSA'2002, 2002, s. 169-174.
2. Kuo S. M., Morgan D. R.: Active Noise Control Systems. Algorithms and DSP Implementations. J. Wiley & Sons, Inc., New York 1996.
3. Nelson P. A., Elliott S. J.: Active Control of Sound. Academic Press, London 1992.
4. Ogonowski Z.: Network based learning of active noise control. International Conference on Engineering Education, Manchester 2002.

5. DS1102 Software Environment. dSPACE digital signal processing and control engineering GmbH, 1996.
6. TMS320C3x User's Guide. Texas Instruments, 1997.

Recenzent: Dr inż. Henryk Małysiak

Wpłynęło do Redakcji 31 marca 2003 r.

Abstract

The paper presents a remotely controlled Active Noise Control (ANC) laboratory with a focus on creation of local zones of quiet in a reverberant enclosure. The ANC laboratory is located at the Institute of Automatic Control, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland. The ANC laboratory is well equipped with high quality low frequency loud-speakers, measurement microphones, high-end power amplifiers and digital signal processors. The main goal of establishing remote network-based access to and control of the ANC laboratory was to share its equipment among students and researchers. The remote access to the ANC laboratory allowed to reduce harmful influence of noise on its users during laboratory experiments. The paper describes how the remote access to the ANC laboratory using Internet was realized. Accessible tools were analyzed. Concepts of access control and data transfer security based on Windows 2000 operating system were discussed. Remote users of the ANC laboratory may perform experiments according to prepared instructions or they can prepare and load their own DSP applications. Acoustics signals from the ANC laboratory are broadcasted *on-line* by Internet. Implementation of this using SHOUTcast audio server was described. The only thing that cannot be done remotely is ANC laboratory hardware reconfiguration.

Adresy

Jarosław FIGWER: Politechnika Śląska, Instytut Automatyki, ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice, Polska, ifigwer@ia.polsl.gliwice.pl.

Krzysztof CZYŻ: Politechnika Śląska, Instytut Automatyki, ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice, Polska, kczyz@ia.polsl.gliwice.pl.

Paweł CZYŻ: Politechnika Śląska, 44-100 Gliwice, Polska, pczyz@zeus.polsl.gliwice.pl.