

17th SYMPOSIUM ON HYDROACOUSTICS

Jurata May 23-26, 2000



SYMULACJA SYGNAŁÓW I ZAKŁÓCEŃ HYDROAKUSTYCZNYCH W KOMPUTEROWYCH TRENAŻERACH SONARÓW

The hydroacoustic signal and noise generation in computer sonar's training simulators

Aleksandra Raganowicz, Lech Kilian
Katedra Akustyki Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki
Gdańskiej, ul. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk,
e-mail: ragola@eti.pg.gda.pl

In training simulators of older sonars, made in analog technology, noise, reverberation and echo signals were generated and processed by complicated, analog circuits in forms close to real signals. In simulators of new sonar's generation, with computer processing and displaying, the generation of dynamic sonar images, included full signal processing realized by real sonar, is possible directly by personal computer. In this paper some methods of echo signals, reverberations, and noise computer generation for made training simulator of ahead and side looking sonars are presented as well, as changes of sonar's settings simulation and some regards about construction of simulators and simple communication with computer "teacher's" station. Two examples of real and simulated displays (for ahead and side looking sonars) are shown.

WPROWADZENIE

Systemy hydroakustyczne, a w szczególności hydrolokacyjne posiadają wyraźną specyfikę. Specyfika ta wynika z właściwości kanału transmisyjnego (ugięć tras propagacji dźwięku, znacznych, na ogół, poziomów zakłóceń szumowych i rewerberacyjnych), złożonych warunków powstawania sygnałów echa od różnych celów a także ze stosowanych sposobów obróbki sygnałów (ZRW, filtracja antyrewerberacyjna) i ich zobrazowywania (A, B, panoramiczne, lupy elektroniczne, markery, procedury klasyfikacyjne, komunikacja z innymi systemami okrętowymi).

Istnieją także istotne różnice pomiędzy zasadą prowadzenia sondażu – różne efekty uzyskuje się przy obserwacji sonarami z antenami podkilkowymi, opuszczanymi, holowanymi, wreszcie sonarami czołowymi i bocznymi.

Wszystkie te aspekty powodują, że szkolenie i trening operatorów systemów hydrolokacyjnych są długotrwałe i kosztowne, zwłaszcza gdy są prowadzone w rzeczywistych warunkach morskich. Stąd wynika szczególna potrzeba konstruowania

systemów szkolno – treningowych, symulujących możliwie wiernie pracę sonarów w rzeczywistych warunkach.

1. SPOSOBY SYMULACJI EFEKTÓW SONDAŻU

W trenażerach sonarów wykonywanych w technice analogowej symulację rzeczywistych warunków sondażu realizowano jako mieszanie (z regulowanymi wagami) szumu filtrowanego w paśmie odbiornika, rewerberacji objętościowych, rewerberacji powierzchniowych (występujących z pewnym opóźnieniem względem momentów startu transmisji, czyli - w rzeczywistych sonarach - emisji sygnałów sondujących) oraz odpowiednio opóźnianych sygnałów echa. W systemach wielowiązkowych zakłócenia rozmieszczano we wszystkich wiązkach, echa – w wybranych.

Ze względu na ograniczenia technologiczne stosowano proste przybliżenia rzeczywistych sygnałów: rewerberacje generowano jako gasnące sygnały sinusoidalne, echa – jako impulsy o czasie trwania odpowiadającym sygnałom sondującym i malejącej z czasem amplitudzie. Po przejściu tak uformowanych sygnałów przez układy zasięgowej regulacji wzmocnienia o różnych charakterystykach uzyskiwano odpowiednie efekty w układach zobrazowania.

Mimo stosowanych uproszczeń takie trenażery były bardzo rozbudowane układowo, zwłaszcza w przypadkach, gdy w układach elektromechanicznych symulowano efekty związane ze zmiennymi geometrycznymi warunkami sondażu – zmianą głębokości akwenu, kąta pochylecia i obrotu wiązki czy zmianą zasięgu. Stosowano je zatem głównie dla szkolenia operatorów sonarów militarnych (stanowiły często dodatek do „prawdziwych” stacji hydrolokacyjnych, przez co można było wykorzystywać niektóre układy tych stacji i dzięki temu potaniać konstrukcję), zaś w niektórych, precyzyjnych sonarach cywilnych podobne układy stosowano do kalibracji torów odbiorczych.

Wprowadzenie techniki komputerowej poszerza i upraszcza znacznie technologiczne możliwości wytwarzania symulowanych sygnałów w formach bardziej zbliżonych do rzeczywistych sygnałów i zakłóceń.

W sonarach wyposażonych w komputerowe zespoły zobrazowania i wprowadzania nastaw zasada symulacji efektów sondażu może być jednakże odmienna i nie musi wymagać wytwarzania symulowanych sygnałów echa i zakłóceń przetwarzanych następnie w torze odbiorczym. Wszelkie symulacje można bowiem przenieść w obręb komputera obsługującego wprowadzanie nastaw sonaru i zobrazowywanie efektów sondażu na ekranie swego monitora lub w obręb kilku komputerów, jeżeli zobrazowanie następuje na kilku monitorach. Tego rodzaju postępowanie może być nazwane jako bezpośrednia symulacja efektów sondażu.

2. BEZPOŚREDNIA SYMULACJA OBRAZÓW DNA, WYKRYTYCH CELÓW I ZAKŁÓCEŃ

Przy bezpośredniej symulacji podstawą tworzenia oprogramowania jest możliwie wierne, dynamiczne odtworzenie rzeczywistych obrazów efektów sondażu uzyskiwanych podczas eksploatacji sonaru, łącznie z efektami wynikającymi ze zmian nastaw parametrów w rodzaju zasięgu, mocy i czasu trwania impulsów sondujących, wzmocnienia toru odbiorczego, charakterystyk ZRW, filtrów, itd. oraz łącznie z konsekwencjami komunikowania się z zewnętrznymi systemami (np. nawigacyjnym, dowodzenia).

Dla wielowiązkowych sonarów czołowych przy ukośnej obserwacji toni wytwarzanie obrazów sondowanej przestrzeni dzieli się na dwie fazy – przed i po dotarciu sygnału sondującego do dna. W pierwszej fazie należy wytwarzać obraz zaszumionych rewerberacji objętościowych uzupełnianych słabymi echemi z bocznych listków wiązek. Właściwe efekty

daje tu generacja funkcji typu: $A(1 + \sin y \cdot \sin x)$, gdzie A jest stałą uzupełnioną składnikiem przypadkowym imitującym szum, y jest funkcją odległości modyfikowaną w kolejnych transmisjach, zaś x wiąże się z poziomym umiejscowieniem na ekranie i jest funkcją numeru wiązki i kąta obrotu anteny, także modyfikowaną w kolejnych transmisjach. W drugiej fazie generowany jest silny, gasnący ze wzrostem zasięgu sygnał, uzupełniony przebiegiem przypadkowym, przedstawiający rewerberacje denne. Generacja przebiegu oznaczającego cel jest warunkowana tym, czy ze sprawdzanych w każdej z transmisji warunków geometrycznych sondażu (nakierowanie i parametry wiązek) cel znajduje się w jednej z wiązek anteny.

W sonarach bocznych, wykorzystywanych na ogół do ukośnej obserwacji dna, aby uzyskiwać dwuwymiarowy, quasi ciągły obraz rewerberacji dennych, stanowiących tło zobrazowania (a niekiedy, np. w zastosowaniach kartograficznych, pożądane informacje), należy wiązać przebiegi symulujące przekrój powierzchni dna w pojedynczej transmisji z, poniekąd regularnymi, zmianami rzeźby dna z transmisji na transmisję. Odpowiednie efekty uzyskuje się modelując pożądaną dno sumą kilku interferujących ze sobą funkcji typu $\sin x/x$ o różnych tempach zmian, uzupełnianych przebiegiem przypadkowym, „uplastyczniającym” uzyskiwane obrazy z transmisji na transmisję następuje przesuwanie punktów startu tych funkcji, co powoduje imitację monotonicznych zmian rzeźby dna. W zadanych momentach do tak uformowanych przebiegów dodaje się „półkulę” – półokręgi narastające a następnie malejące z transmisji na transmisję, symulujące obrazy celów.

Dodatkowym problemem jest rysowanie „cieni akustycznych” na obrazie dna, charakterystycznych dla sondażu bocznego i ważnych, bo umożliwiających szacowanie wysokości rzeźby i wykrytych obiektów. Wytwarzanie cienia polega na sprawdzaniu, czy amplituda przebiegu imitującego kształt dna nie przewyższa wartości przyjmowanej przez proste oznaczające promienie propagacji dźwięku na kolejnych kierunkach. Jeśli tak jest, zeruje się amplitudę eksponowanego przebiegu do momentu, gdy nastąpi następne zrównanie wartości promienia i kształtu dna (do następnego zbocza lub płaskiego fragmentu).

3. SYMULACJA EFEKTÓW ZMIAN NASTAW SONARÓW

Symulacja efektów zmian nastaw polega na nakładaniu na generowane obrazy matematycznych odpowiedników zjawisk fizycznych związanych z wprowadzanymi zmianami.

Najprostszymi przykładami mogą tu być mnożenie generowanych funkcji przez stałe wagi o wartości odpowiadającej ustawianym wzmocnieniom toru odbiorczego sonaru lub poziomemu źródła, mnożenie przez funkcje typu $n \cdot \log r$ przy różnych zasięgowych regulacjach wzmocnienia, czy zagęszczanie w czasie próbek przy zwiększaniu zasięgu. Prawie równie prosta operacja dotyczy wydłużania impulsu sondującego, oznacza ona bowiem uśrednianie większej liczby próbek generowanych przebiegów.

Trudniejszą operacją jest, przykładowo, symulacja zmian szerokości wiązki, odnosi się ona bowiem do zmian kształtu funkcji w obu wymiarach ekranu łącznie z uśrednianiem. Włączenie filtru antyrewerberacyjnego, wycinającego dolne składowe widma obwiedni rzeczywistego sygnału (różniczkującego przebieg), może być prościej symulowane przez zmniejszanie wagi sygnału imitującego rewerberacje.

Najtrudniejsze operacje związane są ze zmianami geometrii sondażu, np. zmianą głębokości akwenu czy pochylenia wiązki, oznaczają bowiem konieczność wprowadzania nieliniowych korekt geometrii ekranu.

4. STRUKTURA TRENAŻERÓW

Opisane wyżej symulacje można wykonywać na komercyjnym komputerze, pod warunkiem, że zobrazowanie symulowanego sonaru następuje na jednym ekranie. Symulacja podwójnych lub wieloekranowych zobrazowań jest trudniejsza, dochodzi bowiem problem komunikacji między komputerami, w rzeczywistych sonarach realizowany przez pojemne i szybkie magistrale, np. typu VME. Problem ten można jednak rozwiązać generując we wszystkich komputerach te same obrazy, do których synchronizacji i określania parametrów wystarczą proste łącza RS.

Te same łącza wystarczają także do stworzenia pętli dwustronnej komunikacji, w której może pracować kilka stanowisk treningowych, połączonych ze stanowiskiem „nauczyciela” stawiającego zadania trenującym (np. wyznaczającego trasę i prędkość sondażu, rozstawienie przeznaczonych do wykrycia celów, wprowadzającego mniej lub bardziej istotne awarie sonarów itp.), sprawdzającego efekty postępowania trenujących oraz wysyłającego i odbierającego komunikaty pochodzące w rzeczywistych warunkach z systemu nawigacyjnego lub systemu dowodzenia. Komunikacja w takiej pętli, której odcinki są automatycznie zwierane w razie unieruchomienia któregoś ze stanowisk, umożliwia łatwą multiplikację liczby trenerów obsługiwanych w sieci i wybór liczby stanowisk jednocześnie czynnych.

Stanowiska trenujących powinny pod względem ergonomicznym możliwie w pełni odpowiadać stanowiskom operatorów rzeczywistych sonarów i dlatego, jeśli te sonary są wyposażane w wyspecjalizowane klawiatury, ich odpowiedniki stosuje się w trenerach jako łatwo wymienne, instalowane w zależności od typu aktualnie symulowanej stacji, pulpity operatorów.

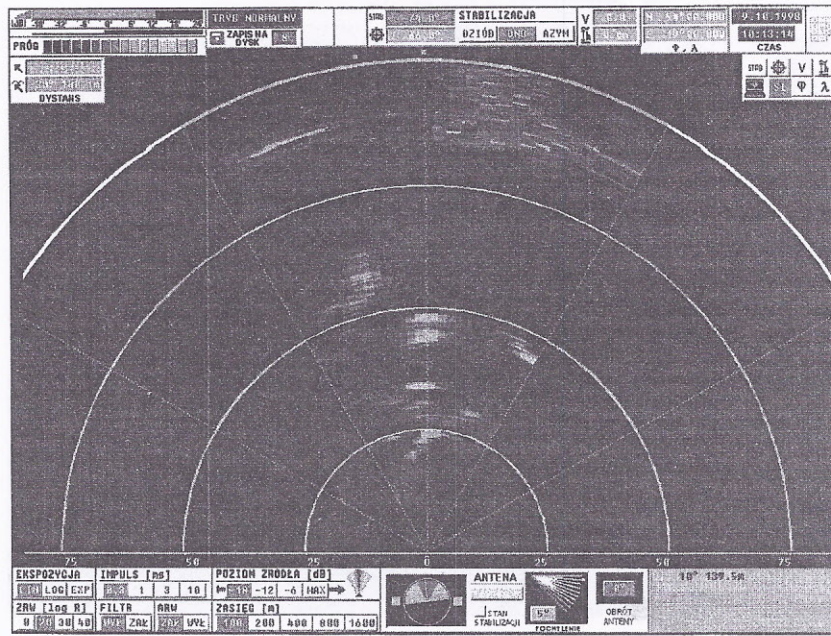
5. PODSUMOWANIE

Problem komputerowego wytworzenia dynamicznych zobrazowań efektów sondażu jest niejako podobny do stworzenia oprogramowania gry komputerowej w rodzaju wyścigów samochodowych lub „gwiazdnych wojen”, lecz ze znacznie większą liczbą koniecznych do uwzględnienia zmiennych parametrów. Dlatego, by nakłady na stworzenie takiego oprogramowania zamknąć w rozsądnych ramach, należy stosować odpowiednio zoptymalizowane, uniwersalne procedury a także w możliwie największym stopniu wykorzystywać oprogramowanie symulowanych sonarów. Przede wszystkim odnosi się to do stosowania możliwie niezmiennego oprogramowania grafiki oryginalnych zobrazowań.

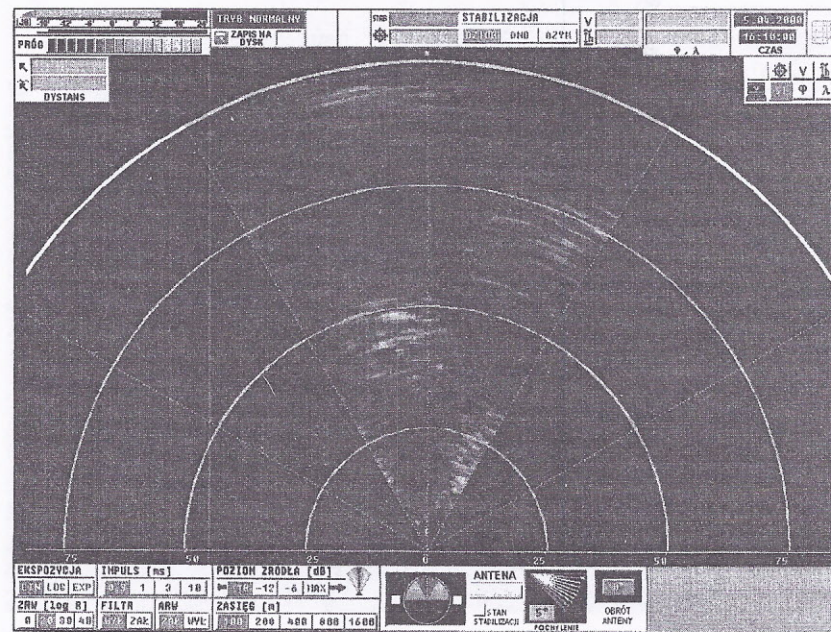
Ważną, przynoszącą spektakularne efekty, funkcją trenerów jest możliwość ekspozycji przywoływanych z pamięci zarejestrowanych statycznych i dynamicznych zobrazowań uzyskanych z rzeczywistych sonarów podczas ich eksploatacji. Zobrazowania takie, porównane z efektami symulacji pozwalają najlepiej ocenić jej jakość.

Poniżej przedstawiono właśnie przykłady zobrazowania na ekranach monitorów sonaru czołowego i bocznego uzyskane podczas rzeczywistej eksploatacji oraz przykłady obrazów symulowanych, wytworzonych dla zbliżonej sytuacji geometrycznej sondaży i przy podobnych nastawach.

a)

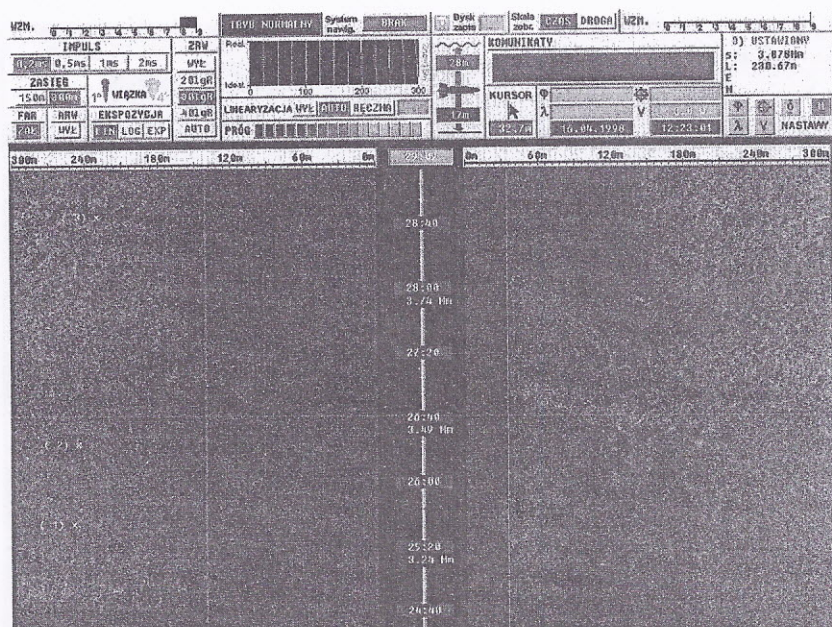


b)

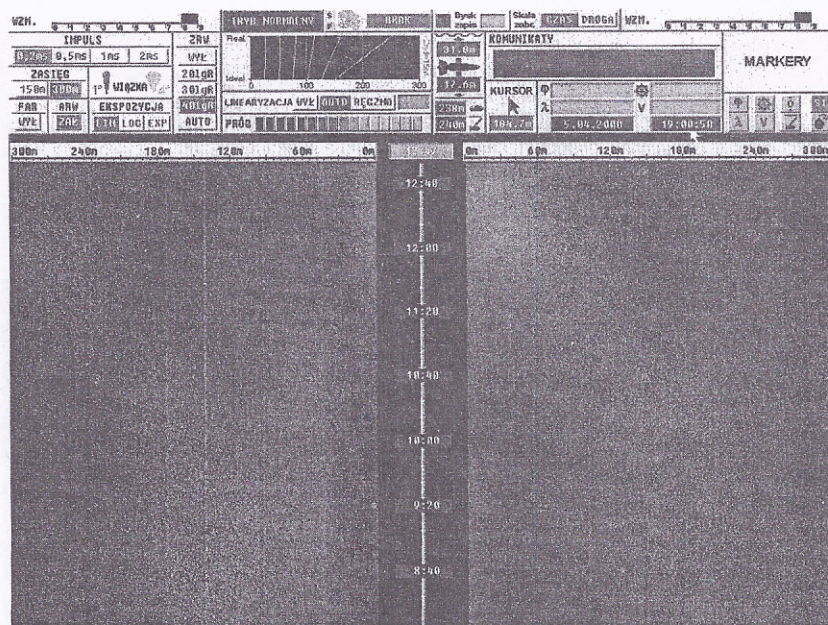


Rys.1. Przykład zobrazowania rzeczywistego (a) i symulowanego (b) sonaru czołowego
 Fig. 1. Example of real (a) and simulated (b) display of ahead looking sonar

a)



b)



Rys.2. Przykład zobrazowania rzeczywistego (a) i symulowanego (b) sonaru bocznego
 Fig. 2. Example of real (a) and simulated (b) display of side looking sonar