

M. Kozłowska

## MOŻLIWOŚCI MONITOROWANIA RUCHU OBIEKTÓW PODWODNYCH W HYDROGRAFII MORSKIEJ

*Pozycjonowanie, a w konsekwencji monitorowanie ruchu obiektów na powierzchni Ziemi obecnie nie stanowi większego problemu. Dzięki satelitarnym systemom pozycjonowania GPS mamy współcześnie możliwość śledzenia ruchu obiektów naziemnych (np. samochodów) i nawodnych (np. statków i okrętów). Niestety, systemów tych nie można wykorzystywać w przypadku ruchu obiektów poruszających się pod powierzchnią wody. Istotną trudnością jest tutaj specyfika i zmienność środowiska wodnego, zarówno akwenów śródlądowych, jak i morskich. Pojawia się zatem problem monitorowania i określania pozycji obiektów podwodnych.*

### **Wykorzystanie systemów nawigacji podwodnej**

Systemy te stanowią doskonałe narzędzie pomocne w pracach podwodnych takich jak:

- budowa podwodnych rurociągów,
- układanie kabli,
- poszukiwanie i eksploracja bogactw naturalnych.

Innym ich zastosowaniem bardzo specyficznym i pomocnym w Marynarce Wojennej jest poszukiwanie i identyfikacja wraków oraz min dennych.

### **Zastosowanie systemów nawigacji podwodnej.**

Prace prowadzone w okolicy dna morskiego często wymagają precyzyjnego określenia położenia obiektów podwodnych oraz używanych do tego rodzaju prac środków. Uzasadnione jest tutaj zastosowanie systemów nawigacji podwodnej, które mogą być używane do pozycjonowania i współpracy z takimi urządzeniami jak pojazdy podwodne AUV oraz z pojazdami do walki minowej. Innym zastosowaniem może być bieżące monitorowanie położenia sonarów holowanych o zmiennej głębokości zanurzenia takich jak Mk. 3 Psonar, sonaru bocznego oraz magnetometru. Możliwa jest także praca z pojazdami typu ROV m.in. z pojazdem będącym na wyposażeniu AMW tj. ROV Super Achille.

### **Zasada działania**

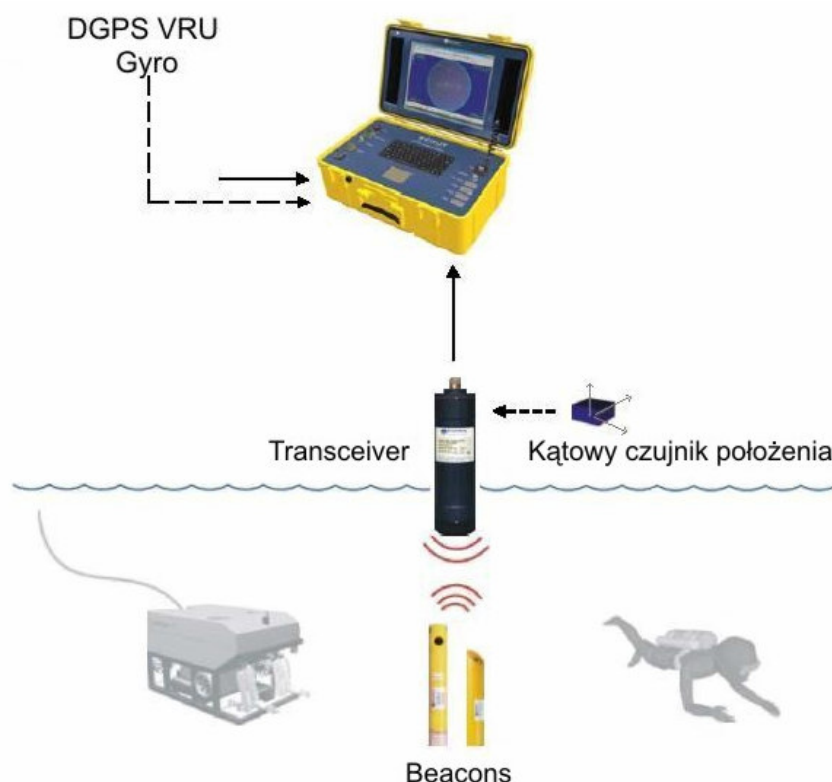
W pracy systemów nawigacji podwodnej możemy zasadniczo wyróżnić trzy warianty pracy:

- USBL -Ultra Short Base Line – system z bardzo krótką linią bazy,
- SBL - Short Base Line – system z krótką linią bazy,
- LBL - Long Base Line –system z długą linią bazy.

### USBL - Ultra Short Base Line

Doskonałym przykładem systemu pracującym w oparciu o ultra krótką linię bazy jest system SCOUT firmy Sonardyne. W skład systemu Scout USBL wchodzi zasadniczo 4 elementy:

- transceiver akustyczny – zamontowany na jednostce z możliwością opuszczenia go na pewną głębokość pod kadłubem jednostki.
- transponder akustyczny (beacon) – umieszczany na obiekcie podwodnym, którego pozycje chcemy znać,
- powierzchniowa jednostka interfejsu (SIU – Surface Interface Unit) lub powierzchniowa jednostka sterująca (SCU - Surface Command Unit) – są to elementy znajdujące się ponad linią wody – nie zanurzalne ,
- komputer z oprogramowaniem Scout USBL.



Rys. 1. Konfiguracja systemu Scout USBL. [Opracowanie własne na podstawie „Instrukcji Scout USBL”]. (obecnie w Zakładzie Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych AMW trwają prace nad adaptacją systemu Scout do współpracy z ROV Super Achilles – USBL Scout stanowi wyposażenie ZTNiPP AMW, wynik tych prac będzie przedmiotem oddzielnej publikacji – przyp. Redakcji)

Pozycjonowanie z wykorzystaniem ultra krótkiej linii bazy polega na pomiarze odległości pomiędzy transceiverem a transponderem oraz określaniu kierunku, z którego pochodzi sygnał. Transceiver wysyła wyzwalający sygnał akustyczny o wysokiej częstotliwości a następnie odbiera odpowiedź z transpondera. Transceiver zbudowany jest z wielu przetworników nadawczo-odbiorczych umieszczonych w dolnej części głowicy. Sygnał akustyczny dociera do poszczególnych jego elementów w różnym czasie. Odstępów czasowe stanowią podstawę do określenia kierunku źródła sygnału. Punktem odniesienia dla obliczenia kierunku pochodzenia sygnału źródłowego jest głowica transceivera, tak więc, w przypadku gdy głowica jest obracana lub pochylona, pozycja beacona zmienia się. Do kompensacji tego efektu głowica transceivera posiada kątowy czujnik położenia określający wartości pochyleń i azymut transceivera. W ten sposób otrzymujemy przewidywaną pozycję względem jednostki – statkowego punktu odniesienia. Pozycja statku określana jest

za pomocą GPS lub wersji różnicowej DGPS. Dokładność określania pozycji obiektów podwodnych zależy zatem będzie między innymi od dokładności pozycji obiektu nawodnego.

Transponder odpowiada sygnałem akustycznym na wyzwolenie pochodzące od transceivera. Odpowiedź jest wysyłana po dokładnie określonym, stałym czasie. Na podstawie różnicy czasu pomiędzy wyzwoleniem a sygnałem zwrotnym można określić odległość do transpondera. Scout USBL jest kompatybilny z rodziną transponderów HF firmy Sonardyne. Te niewielkich rozmiarów beacony mogą być opuszczane na maksymalną głębokość 500 m.

Transponder może być również wykorzystywany do kalibracji systemu poprzez umieszczenie go na dnie ośrodka wodnego.

Unikalnym w swojej klasie systemem jest GAPS firmy iXSea., nie ze względu na zasadę działania a na zastosowane rozwiązania technologiczne. Po raz pierwszy zastosowano w jednym urządzeniu system nawigacji inercyjnej, GPS oraz nadajnik akustyczny. Dzięki takiemu rozwiązaniu system jest w pełni mobilny i stwarza możliwość montowania go nie tylko pod dnem kadłuba jednostki, ale prawie na każdym urządzeniu. W dolnej części znajdują się 4 hydrofony a integralną całość tworzy system wielofunkcyjny zapewniający zarówno pozycjonowanie pod wodą (USBL) jak i na powierzchni akwenu wodnego (GPS). System ten zapewnia bieżącą i częstą aktualizację danych o pozycji celów podwodnych i nawodnych bez względu na głębokość. GAPS umożliwia również śledzenie kilku, różnego typu podwodnych obiektów jednocześnie takich jak ROV, AUV czy sonar holowany. System ten dodatkowo jest kompatybilny z większością dostępnych, standardowych beaconów. Producenci zapewniają równie dużą dokładność pozycji (0,2%) oraz namiaru.

Trackpoint 3P jest przykładem systemu, którego zasada działania oparta jest o ultra krótką linię bazy, przeznaczonym do użytkowania na płytkich wodach. Niestety głębokość nie jest jedynym ograniczeniem. Trackpoint pozwala śledzić do 4 obiektów podwodnych jednocześnie. Całość systemu tworzą hydrofony, kabel łączeniowy oraz stanowisko operatora. System ten zapewnia zobrazowanie bieżącej pozycji śledzonego obiektu w odniesieniu do wybranego przez siebie punktu. Dzięki swoim niewielkim rozmiarom i wadze doskonale sprawdza się na małych łodziach.

Tabela. 1.

Zestawienie porównawcze podstawowych parametrów systemów Scout, HiPAP i GAPS [Opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych od producenta]

Parametr	Scout	HiPAP	GAPS
Zasięg działania [m]	1- 500	1-3000	1-4000
Obszar akustycznego oddziaływania pod jednostką [ ° ]	+/-90	+/- 60	200
Częstotliwość pracy [kHz]	35 - 50	21 - 27	20 - 30
Dokładność pomiaru odległości	-	< 20 cm	20 cm
Dokładność pomiaru kąta [ ° ]		0 dB S/N: 0,40 10 dB S/N: 0,23 20 dB S/N: 0,18	0,12
Dopuszczalna temperatura działania[ °C ]	0 do +50	-	-5 do +50

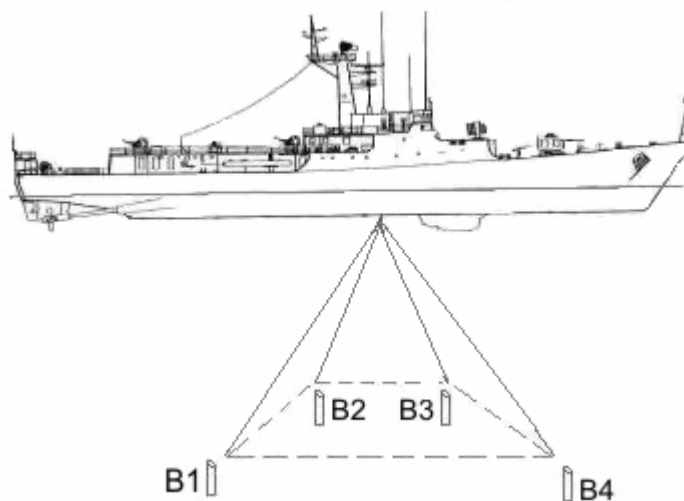
### LBL - Long Base Line

Zasada działania przy długiej linii bazy (LBL) jest bardziej złożona, bowiem odniesieniem są linie bazy pomiędzy transponderami umieszczonymi na dnie akwenu wodnego. Mamy tu do czynienia z kilkoma przekaźnikami, których rozstawienie tworzy obszar ograniczający zakres poruszania się obiektu, którego pozycje mamy określić.

Przykładem systemu działającego jako LBL jest HiPAP firmy SIMRAD. Zamontowanie przetwornika na dnie jednostki pływającej umożliwia jednocześnie jego opuszczenie kilka metrów poniżej kadłuba jednostki. Ma to wpływ na zmniejszenie zakłóceń spowodowanych przez pędniki jednostki pływającej, na której został zamontowany transceiver. Moduł nadawczy zawierają nadajnik, przedwzmacniacze oraz niezbędną do wytworzenia sygnału elektronikę.

Wiązka jest przetwarzana cyfrowo i w postaci skupionej wysyłana do innych transponderów lub urządzeń odzewowych. Taka postać wiązki pozwala na częściową eliminację zakłóceń z innych kierunków, co ma niewątpliwy wpływ na korzystniejszy stosunek sygnału do zakłóceń. Dzięki takiemu rozwiązaniu możemy mieć pewność, co do dokładności pomiarów kątów, większej odległości a także wytłumienia negatywnych efektów odbić akustycznych. System HiPAP w sposób dynamiczny kontroluje wiązkę, co pozwala na przemieszczanie transpondera, na jednostce zaś może występować nurzanie, kołysanie i myszkowanie. Za poprawność kierunku wiązki w poziomie odpowiadają dane uzyskiwane z kompasu.

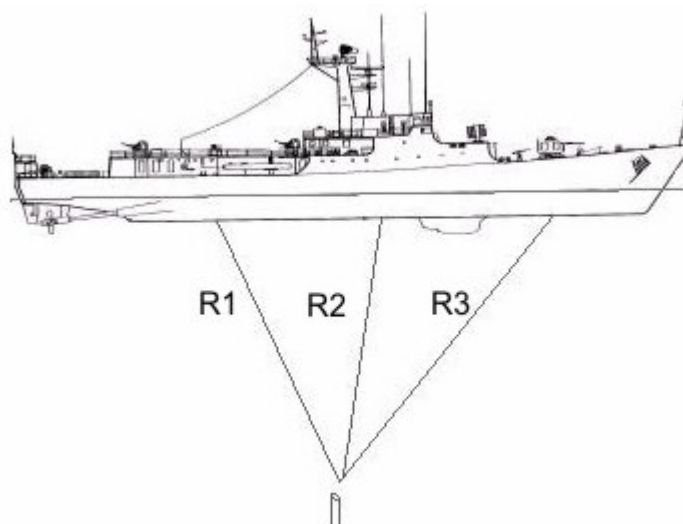
Całość systemu dopełnia stanowisko operatora, które może kontrolować pojedyncze jak i podwójne systemy HiPAP. W skład stanowiska wchodzi APC (Acoustic Positioning Computer) - komputer z oprogramowaniem, klawiatura oraz kolorowy wyświetlacz. Dopuszczalne jest występowanie kilku stanowisk operatora. Wymaga to jednak podłączenia w układzie Slave/Master, gdzie jedno stanowisko pełni funkcję stacji głównej (Master Station), a pozostałe pracują jako stacje podległe (Slave).



Rys. 2. Zasada działania LBL [Opracowanie własne].

### SBL – Short Base Line

Kalkulacja pozycji prowadzona jest w oparciu o pomiar odległości, pomiary pionowych i poziomych kątów, prowadzonych przy użyciu minimum trzech nadajników montowanych pod kadłubem jednostki. Linie bazowe w odróżnieniu od LBL znajdują się pomiędzy przetwornikami na jednostce. Transponder, podobnie jak w poprzednich systemach, jest pozycjonowany względem jednostki. System zapewnia możliwość określenia trójwymiarowej pozycji (namiar, odległość, głębokość zanurzenia) transpondera względem jednostki.



Rys. 3. Zasada działania SBL [Opracowanie własne].

### Podsumowanie

Dzięki zastosowaniu systemów nawigacji podwodnej mamy możliwość pozycjonowania i monitorowania wykorzystywanych hydroakustycznych środków pomiarowych (sonar holowany), pojazdów podwodnych (ROV, AUV) a także określania z większą precyzją pozycji obiektów znajdujących się na dnie (wraki, miny denne itp.).

Użycie takich systemów może się przyczyniać także do zwiększenia poziomu dokładności i efektywności pracy hydrograficznych holowanych środków pomiarowych np. sonaru typu „towfish”. W pracach takich rzeczą niezwykle ważną jest wiedza na temat tego, jak usytuowane są przetworniki sonaru względem założonej linii profilu pomiarowego oraz to, w jakiej odległości od tej linii znajduje się sam korpus sonaru. Wszystko to bowiem ma wpływ nie tylko na szerokość rzeczywistej badanej strefy dna względem założonej, ale także na możliwość samego wykrycia obiektu podwodnego i ewentualnie określenia jego pozycji na dnie. Dla pełnego zilustrowania tego zagadnienia wystarczy wspomnieć o wpływie prądów morskich na prace hydrograficzne lub poszukiwawczo-ratownicze prowadzone z wykorzystaniem sonaru holowanego.

W przypadku, gdy w badanym akwenu nie występuje prąd morski pozycje sonaru holowanego oraz obszar przez niego przeszukiwany jest możliwy do określenia między innymi na podstawie wiedzy na temat zakresu pomiarowego, głębokości zanurzenia sonaru oraz długości wyluzowanej kabloliny. Problem pojawia się, gdy mamy do czynienia z prądem morskim, którego kierunek działania nie pokrywa się z kierunkiem założonych profili pomiarowych. Wówczas zarówno pozycja sonaru jak i rzeczywisty obszar przez niego przeszukiwany mogą być zupełnie różne od zakładanych – w skutek czego, pozycja poszukiwanego przez nas obiektu może być błędna lub poszukiwany przez nas obiekt może w ogóle nie zostać znaleziony.

Analizując dostępne opracowania naukowe oraz informacje pochodzące ze środowisk zajmujących się pracami na morzu można stwierdzić, że następuje stały wzrost liczby wykorzystywanych środków pomiarowych w strefie podpowierzchniowej morza. Środki te są wykorzystywane nie tylko w przemyśle i gospodarce morskiej, ale także w instytucjach hydrograficznych oraz obronnych.

Monitorowanie ruchu urządzeń i przyrządów pomiarowych za pomocą systemów nawigacji podwodnej pozwala zapobiec przypadkowym uszkodzeniom bądź zaginięciu sprzętu. Przyczynia się także do wzrostu dokładności pozycjonowania, a tym samym wiarygodności uzyskiwanych danych pomiarowych. Istotną zaletą ich jest również to, że umożliwiają one monitorowanie i dość precyzyjne określanie pozycji jednocześnie kilku obiektów czy urządzeń pracujących pod powierzchnią wody w tym samym czasie i akwenu.

### **Wykaz literatury**

1. „Instrukcja obsługi systemu Scout USBL”, Sonardyne 2005
- 2.[www.1] [http://eiva.inforce.dk/sw309\\_fr\\_content.asp?storeid=28378](http://eiva.inforce.dk/sw309_fr_content.asp?storeid=28378) (10.10.2006)
- 3.[www.2] <http://www.offshore-technology.com/contractors/hydrographic/ixsea/> (12.10.2006)
- 4.[www.3] <http://www.sonardyne.co.uk/Products/MarkingRelocation/systems/scout.html> (12.10.2006)
- 5.[www.4] <http://www.ore.com/pages/navigationProducts.htm> (18.10.2006)

*Recenzent: kmdr por. dr Dariusz Grabiec, Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni*

*Autor:*

*pchor. Magdalena Kozłowska, Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni,  
e-mail: [madziula\\_k1@wp.pl](mailto:madziula_k1@wp.pl)*

Artykuł sponsorowany przez PTMiTH. Materiał jest fragmentem pracy dyplomowej magisterskiej autorki.