

Verbesserung der Detektion von Tauchern durch die Nutzung von Zieleigenschaften

Dietmar Stiller

WTD 71, Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik,
Berliner Straße 115, 24340 Eckernförde, Deutschland, Email: dietmarstiller@bundeswehr.org

Einleitung

Schiffe der Marine können in Häfen und auf Reede, insbesondere in Einsätzen, einer asymmetrischen Bedrohung aus dem Unterwasserbereich ausgesetzt sein. Diese Bedrohung von Schiffen oder Einrichtungen kann zum Beispiel durch Taucher (mit und ohne Schwimmhilfe), durch AUVs (Autonomous Underwater Vehicle) oder auch durch Mini-Uboote erfolgen. Die Bedrohung, die am schwierigsten zu orten ist, geht vom Taucher aus, da er sich am langsamsten fortbewegt, selbst kaum Geräusche erzeugt und eine kleine Rückstreuung besitzt. Die Rückstreuung eines Objektes wird bei der Aktivortung Zielmaß genannt.

Als Sensor für die hier betrachteten Detektionsversuche wurde ein aktives hochfrequentes Sonar in einer Hafenumgebung verwendet. Um Ziele mit sehr kleinem Zielmaß detektieren zu können, werden Sonare mit hoher Auflösung benötigt. Die Entfernungsauflösung wird durch eine hohe Bandbreite des Sonars vergrößert. Eine möglichst gute Richtungsauflösung wird durch eine hohe Anzahl an Antennenelementen erreicht. Zur Detektion unter Wasser werden auch passive akustische Verfahren eingesetzt, die allerdings bei Tauchern mit einem geschlossenem Atemgerät nur sehr geringe Reichweiten erreichen.

Da die Bedrohung im Hafen und auf Reede permanent besteht, ist eine durchgehende Überwachung erforderlich. Durch die extremen Flachwasserbedingungen im Hafen und auf Reede treten bei der aktiven Ortung sehr viele Falschalarme auf. Zudem ist die Reichweite stark von den variablen Umgebungsbedingungen abhängig und entzieht sich damit teilweise der Beeinflussung durch das Systemdesign [1]. An das Gesamtsystem werden sehr hohe Anforderungen bezüglich einer möglichst geringen Falschalarmrate gestellt, weil das Ziel in einer weitgehend automatisierten Überwachung liegt. Auch unter der Verwendung fortschrittlicher Tracking-Algorithmen [2] ist die resultierende Anzahl an Falschtracks recht hoch. Ein Lösungsansatz ist die Verwendung von Zieleigenschaften innerhalb des Tracking-Verfahrens zur Verringerung der Anzahl an Falschtracks.

Signalverarbeitung

Um bei hoher Bandbreite ausreichend Sendeenergie abstrahlen zu können, werden häufig Pulse mit guten Autokorrelationseigenschaften verwendet, insbesondere Sweeps. Bei diesen Pulsen wird die Frequenz während der Pulsdauer verändert. Daraus resultiert empfangsseitig mit der Matched Filterung eine hohe radiale Auflösung, die für die Extraktion von Merkmalen zur Klassifikation

notwendig ist. Ebenfalls ist eine hohe azimutale Auflösung erforderlich. Diese wird durch die Verwendung von vielen Antennenelementen mit einer entsprechenden Richtungsbildung erzeugt. Die Signalverarbeitungskette ist in Abbildung 1 dargestellt.

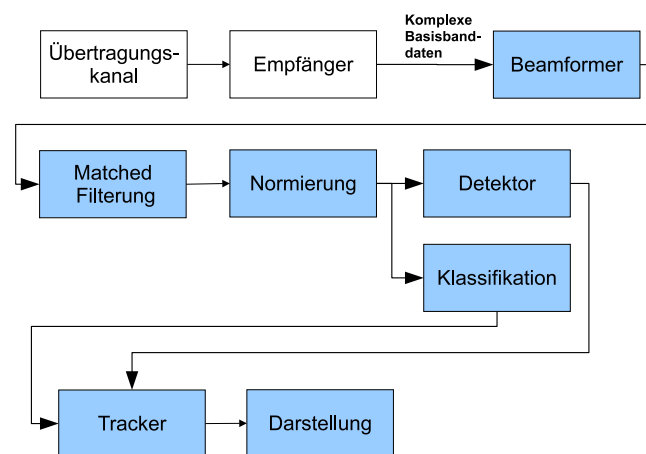


Abbildung 1: Blockschaftbild der Signalverarbeitungskette.

Die Normierung der Empfangssignale ist zur Verringerung der hohen Dynamik über die unterschiedlichen Entfernungsbereiche notwendig. Als Detektor dient eine Schwellwertentscheidung. Es werden nun allerdings nicht nur die Ortsdaten des potentiellen Ziels $y_i(r, \phi)$ verwendet, die eine Teilmenge aller Messwerte zu einem Zeitpunkt Y^k sind, sondern die Zieldaten werden um Radialgeschwindigkeit, Signalstärke des Echos und Ausdehnung des Echos erweitert. Auch die Extraktion komplexerer Klassifikationsmerkmale ist denkbar. Die hier vorgestellte Untersuchung beschränkt sich auf den Einfluss der einfachen Merkmale. Die Messungen von Orts- und Zielinformation dienen als Eingangsparameter für das Tracking [2, 3], das sich in die beiden Schritte Prädiktion und Filterung aufteilen lässt. Diese werden für jeden Zustandsvektor z mit der Menge aller bis dahin vorliegenden Messwerte Y^k geschätzt:

$$\text{Prädiktion: } p(z_{k-1}|Y^{k-1}) \xrightarrow{\text{Zieldynamik}} p(\tilde{z}_{k-1}|Y^{k-1})$$

$$\text{Filterung: } p(\tilde{z}_{k-1}|Y^{k-1}) \xrightarrow{\text{Sensormodell}} p(z_k|Y^k)$$

Beim Multi-Hypothesen-Tracking wird prinzipiell die Zuordnung zwischen allen Kontakten einer Lotperiode (Messungen) zugelassen. Signalstärke und Echoausdehnung werden bei der Berechnung des Gewichts der resultierenden Tracks berücksichtigt.

Die Daten zu den extrahierten Merkmalen lassen das Ausschließen von potentiellen Zielen auf Basis des

Klassifikationsergebnisses allein nicht zu. Innerhalb des Tracking-Verfahrens werden die auf einem Einzelecho basierenden Klassifikationsinformationen in Trackinformation transformiert und sind dann als Unterscheidungskriterium nutzbar.

Zieleigenschaften

Als Zieleigenschaften werden hier aus den normierten Empfangsdaten die Geschwindigkeit, die Signalstärke und die Ausdehnung des Echos betrachtet. Die Stärke des Echos ist durch die maximale Rückstreuung innerhalb des betrachteten Gebiets vorgegeben. Die Ausdehnung des Echos wird mit Hilfe einer Bild-Segmentierung ermittelt. Dabei werden zusammenhängende Gebiete nach dem "region-growing" Verfahren erstellt [4]. Beispielhaft ist das Echo eines Pings aus einem Ortungsexperiment in Abbildung 2 dargestellt. Zur Verdeutlichung des Effekts sind deutlich mehr Beams berechnet worden als dies im Echtzeitbetrieb der Fall wäre, daher unterscheidet sich die Anzahl der Pixel in diesem Beispiel von der relevanten Anzahl bei den Ergebnissen im nächsten Abschnitt. Die Verwendung der Zieleigenschaften im Tracking erfolgt in ähnlicher Systematik wie in [5] beschrieben, wenngleich hier zusätzlich auch die Ausdehnung des Echos berücksichtigt wird.

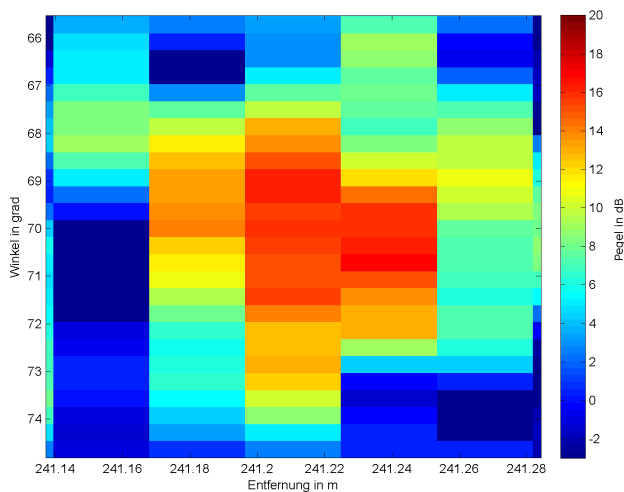


Abbildung 2: Beispiel für die Ausdehnung und Stärke eines Echos aus der Aktivortung.

In diesem Beispiel wird bei einer Schwelle von 13 dB ein Gebiet mit einer Ausdehnung von 24 Pixeln erzeugt und die maximale Signalstärke beträgt 17 dB.

Ergebnisse

Auf Basis der Verwendung dieser Zieleigenschaften wurden Trackingergebnisse aus Daten eines Hafenexperiments erzeugt. Als Kriterium dient dabei die Track- bzw. Falschtrackrate nach den Definitionen wie in [6]. Als Beispiel ist der aus den akustischen Messungen gebildete Track eines Tauchers in Abbildung 3 dargestellt. Den größten Einfluss auf das Ergebnis des Trackings hat dabei die Verwendung der gemessenen Zielgeschwindigkeit. So wird bei drei Viertel der Kontakte des dargestellten

Tracks die Zielgeschwindigkeit direkt gemessen und nicht nur aufgrund der Zustandsschätzung aus den Messungen der Ortskoordinaten geschätzt.

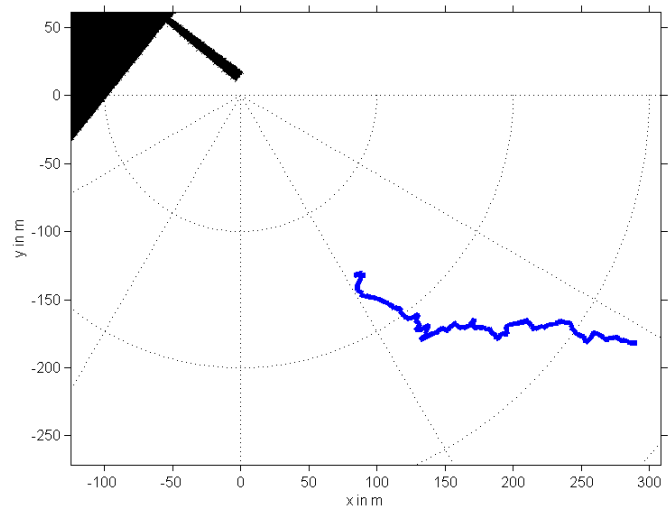


Abbildung 3: Zielspur eines Tauchers generiert aus den akustischen Daten des Sonars. Das Sonar befindet sich im Ursprung des Koordinatensystems.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Verwendung von Zieleigenschaften führt zu einer Verringerung der Falschtrackrate bei vergleichbarer Trackdetectionsrate. Für einen automatisierten Betrieb ist die Verringerung der Falschtrackrate von Vorteil, da eine fälschliche Alarmierung seltener stattfindet. Eine Vermeidung von Trackabbrüchen in Bereichen, in denen keine Radialgeschwindigkeit gemessen werden kann, ist das Ziel weiterer Untersuchungen, ebenso wie die Analyse weiterer geeigneter Merkmale zur Klassifizierung.

Literatur

- [1] Urick, J.: Principles of Underwater Sound, 3d ed., McGraw-Hill, New York, 1983.
- [2] Blackman, S., Popoli, R.: Design and Analysis of Modern Tracking Systems, Artech House, Boston, 1999.
- [3] Stiller, D.: Detektion und Tracking von Tauchern, DAGA, 2011.
- [4] Haralick, R., Shapiro, L.: Image segmentation techniques, Computer Vision, Graphics and Image Process., vol. 29, pp. 100-132, 1985.
- [5] van Keuk, G., Multihypothesis Tracking using Incoherent Signal-Strength Information, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 32, No. 3, 1996.
- [6] Coraluppi, S., Grimmet, D., de Theije, P.: Benchmark Evaluation of Multistatic Sonar Trackers, Proceedings of the 9th International Conference on Information Fusion. Florence, Italy, July 2006.