

論文審査の結果の要旨

氏名 前田 文孝

同君は、沿岸施設の水域の安全・安心を実現するための水中セキュリティソーナーシステムの開発において、水中音響雑音の多い浅海域の劣悪な環境下で水中広域遠方監視を可能とする新しい自動目標検出・追尾処理(ADT)の開発と、実運用環境下でのデータ計測並びに信号処理手法の研究開発を通して優れた研究成果を収めてきた。これに伴い、「水中セキュリティソーナーシステムを用いた水中常時監視の研究」と題する研究論文を纏めた。

従来、浅海域の水中監視は、雑音源が多く存在し、海底・海面からの残響影響が大きく、水中侵入目標であるダイバー等の音響反射強度が小さいため、その信号の発見が困難とされてきた。また、その時間的特徴の変化や目標信号強度の変動も激しく、目標の検出や追尾が困難であった。

このような難しい条件下で監視要員が水中監視を行うには、監視エリアにおけるソーナー信号の特性を熟知し、目標信号と雑音・残響等の不要情報の判別や、的確に目標の有無を判断する、特殊なソーナー信号分析技能・知識や目標追尾に関する高度な推定・判断能力が必要であり、長時間連続して監視を行う事は困難であった。そこで自動ターゲット検出追尾法(ADT)に高度なソーナー信号解析・信号処理技術、的確な目標追尾アルゴリズムを開発実装し、従来熟練の監視要員でもできなかった水中監視を常時 ADT が代行し、特殊技能を有しない一般の監視要員がオペレーション、監視を行える事が望まれていた。

この研究開発にあたり、まず監視ソーナーを用いて様々な実運用環境下でダイバー侵入に関するデータ取得試験を行い、実海域での監視データを解析して沿岸域の背景及び目標信号の振る舞いを調査した。実用的な水中常時監視のためには、雑音・残響だけでなく、海中固定物の反射エコーの時間的・空間的な揺らぎが移動体のように検出され、固定物すらも誤警報となる事を確認し、これら不要情報のみを判別・除去する手法が重要である事を示した。

この解決のために、信号強度の揺らぎの影響を受けにくいインターフェロメトリ手法を用いて雑音・残響・海中固定物のエコー信号といった不要情報と、移動体の信号の位相差情報に関する違いから、これらの不要情報のみを効果的に除去し、目標信号を検出する手法を提案し、開発した。提案手法は、監視方向に反射体が存在すると、生成されるスプリットビームの位相差が信号の到来時間(距離レンジ)に対して反射体の形状に応じた位相差の時間特性を示す事に着目し、海中固定物等の比較的大きな反射体はこの特性が直線で近似できるとして回帰直線分析を行い、不要情報はその回帰直線が時間的にほぼ一定であり、移動体はその場所を通過した時だけ回帰直線が変動する事を応用して移動体と不要情報を分離し、不要情報のみを除去する「位相差時間空間分散フィルタ」を開発した。開発した解析処理法を用いて実際の運用試験データに適用する事で、従来

の目標検出のための信号処理手法に比べ、更に 91~96%の誤警報を除去する事ができ、移動する目標のみを効果的に検出する事が可能となった。

また、目標の信号強度については姿勢の変化により信号の反射強度が大きく変動し、しばしば検出が困難になる問題があった。レーダーなどの分野では従来 2 段階閾値検出による追尾航跡の断片化を補償する手法が知られているが、沿岸の浅海域における水中常時監視においてこの手法を用いるには変動幅を見積もる事が難しく、適切な閾値の設定に問題があった。また、第 2 検出閾値でも検出できない目標に対して追尾持続が難しく、水中常時監視のための手法としては検討課題が多かった。

この課題を解決するために「適応 2 段階閾値検出法」を開発し、第 2 検出閾値を目標の検出信号強度の変化に合わせて適応更新させる事で目標信号の変動に合せ目標検出の安定化を図った。また第 2 検出閾値でも検出できない場合に、過去の目標追尾の結果から航跡の追尾続行を判定する「航跡信頼度判定法」を開発し、追尾中の航跡に対して、過去の追尾結果やその実績から、目標として再確定、或いは目標が消滅し追尾航跡を棄却する判断を、目標追尾におけるデータ相関尤度を用いて評価し、自動判定を実現した。

これらの信号処理技術や判断アルゴリズムを搭載した新しい ADT を用いて港湾域運用試験データに適用し、ADT の性能を評価した。この結果、ダイバーの追尾開始時間について従来手法で 70 秒かかっていたものが 10 秒後には追尾を開始し、航跡の追尾持続性についても従来手法が 100 秒程度しか追尾出来ない場合でも提案手法はダイバーを途切れる事なく追尾できた。更に、誤警報や追尾の断片化により生じる不要な航跡の発生数を 84%以上抑制し、監視要員に対して、信頼性の高い目標航跡情報を表示する事ができるようになった。

また、これらの開発した手法は、2008 年の洞爺湖サミットにおいて水中監視ソーナーによる水中警備を実施し、また、国外メーカーと 2009 年より ADT の共同研究をスタートさせ、将来的にこれらの技術が広く応用される事が期待される。

よって本論文は博士（環境学）の学位請求論文として合格と認められる。