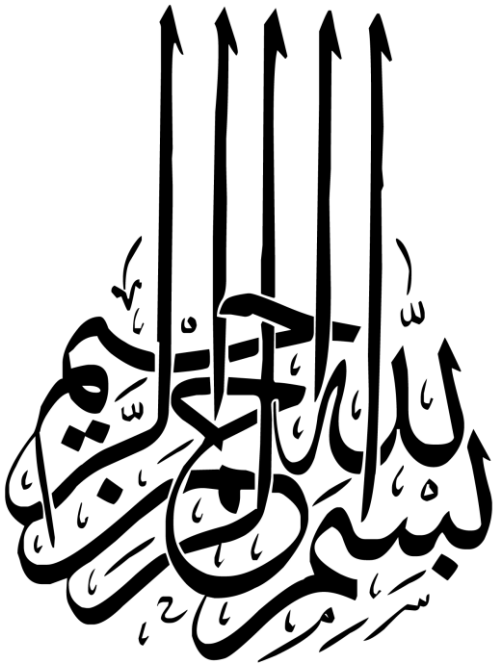
بسم الله الرحمن الرحيم

التنبؤ بالحركة والموقع النهائي
لأجهزة استشعار تحت الماء

معد الرسالة
عبدالرزاق ناجي عبدالرزاق جمجوم

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في العلوم
(الهندسة الميكانيكية)

المشرف على الرسالة
د. رمزي عثمان
د. خالد هزاع المعطاني

كلية الهندسة
جامعة الملك عبدالعزيز
جدة – المملكة العربية السعودية
ربيع الأول ١٤٤٢هـ – نوفمبر ٢٠٢٠

التنبؤ بالحركة والموقع النهائي لأجهزة استشعار تحت الماء

عبدالرزاق ناجي عبدالرزاق جمجوم

المستخلص

في هذا العمل، سنقوم بمحاكاة حركة جهاز استشعار واحد تحت الماء وذلك من خلال معرفة سرعة تيار البحر والتنبؤ بموقع جهاز الاستشعار وسرعته خلال إطار زمني معين باستخدام النهج العددي لحل معادلات غير خطية تفاضلية جزئية معتمدة على الوقت وتطوير ترميز (كـود) برمجة لحل المعادلات رقميا.

يستخدم جهاز الاستشعار تحت الماء لجمع البيانات للعديد من الأسباب العلمية والعملية، كل البيانات التي يتم جمعها من جهاز الاستشعار دون تحديد موقع الجهاز والوقت ستقلل من قيمة المعلومات، خلال محاكاة حركة جهاز الاستشعارعدديًا سيكون له قيمة وتأثير كبير على صناعة أجهزة الاستشعار تحت الماء حيث سيؤدي ذلك إلى تقليل استهلاك أجهزة الاستشعار للطاقة وبالتالي صناعة أجهزة الاستشعار بأحجام أصغر وأيضا ستتطلب أجهزة الاستشعار تغطية أقل للشبكة.

ستدرس هذه الأطروحة حركية جهاز الاستشعار تحت الماء والذي سينتج عنه مجموعة من المعادلات التفاضلية الجزئية غير الخطية المعتمدة على الوقت والتي يمكن حلها تحليليًا ، كما تم تطوير محاكاة برمجة الكمبيوتر لحل المعادلات والتنبؤ بحركة المستشعر تحت الماء.

سيناريوهات مختلفة يتم أخذها في الاعتبار في هذا العمل مثل محاكاة نتيجة اختلاف لكثافة حهاز الاستشعار والتأثير على موضعها النهائي. أيضًا ستشمل النتائج محاكاة سرعة جهاز الاستشعار ومقارنته بسرعة تيار البحر.

يقتصر هذا العمل على التنبؤ بالحركة لجهاز استشعار واحد تحت الماء ونتائج البحث ستغطي فقط الجانب الميكانيكي وأما موضوع اتصال الشبكات ومجال التغطية فهو خارج النطاق هذا العمل.

التنبؤ بالحركة والموقع النهائي لأجهزة استشعار تحت الماء

عبدالرزاق ناجي عبدالرزاق جمجوم

الملخص

المقدمة

تستخدم أجهزة الاستشعار تحت الماء على نطاق واسع هذه الأيام للعديد من التطبيقات المتعلقة بعالم ماتحت الماء. تعد احتياجات واستخدام أجهزة الاستشعار تحت الماء أكثر أهمية كل يوم بسبب حساسية التطبيقات التي تتطلب استخدام أجهزة استشعار تحت الماء. يتم استخدامها في العلوم البيئية لجمع البيانات في ما يخص مراقبة التلوث أو التحذير من تسونامي أو دراسة الحياة تحت الماء. كما أنها مهمة للمرافئ والمراقبة العسكرية [١ ، ٢].

العديد من العوامل تتحكم في دقة وجودة قراءة أجهزة الاستشعار والبيانات المجمعة مثل تغطية شبكة واي فاي (WIFI) والمحركات وعمر البطارية وموقع المستشعر. تُستخدم أنظمة تحديد المواقع GPS لتحديد موقع جهاز الاستشعار بدقة وعادةً ما تزيد هذه الأنظمة من استهلاك الطاقة ويفضل تقليل عدد قراءة موقع الجهاز لترشيد استهلاك الطاقة وإطالة عمر جهاز الاستشعار [٢].

إحدى المهام الرئيسية لجهاز الاستشعار تحت الماء هي تحديد الموقع نظرًا لأن جميع المعلومات الأخرى دون تحديد موقع الجهاز والوقت ستفقد البيانات المجمعة قيمتها [٣].

مراجعة الأدبيات

تعاملت العديد من الأعمال مع شبكات أجهزة الاستشعار تحت الماء من زوايا مختلفة وتحدثت في الغالب عن تغطية الشبكة أو تحديات تطبيق أجهزة الاستشعار تحت الماء بسبب البيئة القاسية تحت الماء. أحد التحديات الرئيسية هو تنقل أجهزة الاستشعار [٤].

على وجه الخصوص، تمت معالجة تحليل الإنتشار لأنماط مختلفة في المرجع [١]. كما تم تحديد الحد الأدنى المطلوب من أجهزة الاستشعار لأفضل تغطية شبكة لأجهزة الاستشعار. علاوة على ذلك، تم تقدير عدد أجهزة الاستشعار الإضافية للتعويض في حالة العطل.

في المرجع [٢]، قام المؤلفون بتفصيل التحديات الرئيسية لتطبيق جهاز الاستشعار تحت الماء وبعض هذه التحديات مرتبطة بطريقة ما بهذا العمل وهي عدم وجود مراقبة طوال الوقت، عدم تكوين نظام عبر الإنترنت، عدم اكتشاف الأعطال، سعة تخزين محدودة للبيانات، احتمالية مرتفعة للخطأ، التأخر في الاتصال، محدودية طاقة البطارية، التكلفة العالية وعدم القدرة على تتبع المسار.

ذكر إيرول [٣] أن تحديد الموقع هو أحد المهام الرئيسية والصعبة في شبكات أجهزة الاستشعار تحت الماء لأن بيانات جهاز الاستشعار بدون تحديد المكان والزمان لا توفر الكثير من المعلومات. إنه أمر صعب لأن إشارة تحديد المواقع GPS لا تنتقل عبر الماء. بالإضافة إلى ذلك، لا يمكن استخدام الموجات الصوتية بسبب التأخير الكبير واحتمالة الخطأ العالية.

تم استخدام نهج مختلف في [٥]. وبالتحديد، اقترحوا استخدام المجال الكهربائي للأسماك الكهربائية (أسماك الرعاش) لاستشعار الهدف المحيط لأن الأسماك الكهربائية لديها القدرة على توليد مجال كهربائي منخفض التردد بشكل فعال لتحديد موقع الكائن المحيط في ظلام تام من خلال استشعار التغيير في المجال الكهربائي.

في المرجع [٦]، تنبأ بالحركة عن طريق مقترح بروتوكول إعادة توجيه البيانات لشبكات أجهزة الاستشعار تحت الماء من أجل التعامل مع صعوبة الاتصال ونقل البيانات تحت الماء.

شبكة تحديد موقع أجهزة الاستشعار تحت الماء تعد أمرًا صعبًا للغاية خاصة في حالة وجود نطاق واسع من أجهزة الاستشعار المضمنة لذلك في [٧]، اقترح المؤلفون مخططًا للاستفادة من أنماط التنقل التي يمكن التنبؤ بها للأجسام تحت الماء، كما أطلقوا عليها؛ مخطط تحديد الموقع القابل للقياس مع توقع الحركة (SLMP)، لشبكات الاستشعار تحت الماء حيث يتم تنفيذ تحديد الموقع بطريقة هرمية.

في الآونة الأخيرة، بوعبدالله في [٩] اخذت في الاعتبار نموذجًا واقعيًا للحركة يمكن أن يعكس الحركة لأجهزة الاستشعار المتناثرة عشوائيًا والعائمة بحرية خلال التيارات البحرية.

اقترحت المقالة [١٠] تقنية موفرة للطاقة لتحديد البيانات التي تم جمعها بواسطة جهاز الاستشعار والموقع الجغرافي، وقد قدموا آلية لجمع البيانات بينما كان شاغلهم الرئيسي هو كفاءة الطاقة.

لقد كان تحديد الموقع أحد التحديات الأساسية لشبكات أجهزة الاستشعار الصوتية تحت الماء كما وصفها ايرول-كانتارسي في [١١] فقاموا بمقارنة بروتوكولات تحديد المواقع وناقشوا مبادئ التصميم الخاصة بهم، والاعتمادات المعمارية، والمزايا والعيوب وقاموا بتصنيف البروتوكولات في فئتين، مخططات تحديد الموقع الموزعة والمركزية، بناءاً على مكان تحديد موقع جهاز الاستشعار، ثم قاموا بتقسيمها إلى فئتين فرعيتين.

في [١٢]، ناقشوا الشبكات التي تمثل تحديًا لجهاز الاستشعار تحت الماء وتقنيات معالجة الفراغ في شبكات أجهزة الاستشعار تحت الماء وصنفوها إلى فئتين رئيسيتين التقنيات القائمة على الموقع والعمق وقدموا مزايا وعيوب كل تقنية جنبًا إلى جنب مع مقارنة هذه التقنيات.

اتفق معظم الباحثين على أهمية تحديد موقع أجهزة الاستشعار تحت الماء والتحدي الذي يمثله، خاصة مع عدم وجود بيئة تحت الماء لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS). تم تصميم معظم مخططات تحديد الموقع على أساس أن جهاز الاستشعار تحت الماء مجهز كعقدة ربط تساعد في تحديد موضع المستشعر. لكن جيو وليو اقترحوا في [١٣] خوارزمية تحديد موقع بدون عقدة ربط.

نظرًا لمحدودية البطارية والذاكرة لتطبيقات أجهزة الاستشعار تحت الماء وبسبب القيود المفروضة على استخدام موجات الراديو وقنوات الاتصال الأخرى تحت الماء، لذلك يعتقد المؤلفون في [١٤] أن كفاءة الطاقة أصبحت حاجة لتقنية أجهزة الاستشعار تحت الماء. في هذه الورقة، قارنوا ثلاثة بروتوكولات توجيه رئيسية تعتمد على الموقع، واستخدموا برنامج MATLAB للمحاكاة.

اقترح العديد من الباحثين الآخرين مخطط مختلف لتحديد الموقع. في المقال [١٥]، طريقة تكرارية جديدة قوية تعتمد على المربعات الصغرى مقترحة لتحديد الموقع. انتهى المقال بالعديد من المساهمات بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر، تحسين دقة تحديد الموقع مع مزامنة الوقت. قارنوا الطريقة المقترحة مع طرق تحديد الموقع والمزامنة الأخرى وأظهرت النتائج أن الطريقة المقترحة تتفوق على الطرق المقارنة.

وبالمثل في [١٦]، اقترح المؤلفون نهجًا مختلفًا لتحديد موقع أجهزة الاستشعار تحت الماء. تقدر الطريقة المقترحة المسافات من عقد الربط إلى عقد أجهزة الاستشعار. تظهر نتائج المحاكاة لهذه الورقة أن طريقة تحديد الموقع المقترحة تتفوق على العديد من خوارزميات تحديد الموقع الأخرى.

ومع ذلك وعلى أفضل علم للمؤلف، فإن هذا العمل هو الأول من نوعه والذي يدرس حركة أجهزة الاستشعار تحت الماء باستخدام معادلات قائمة على أساس فيزيائي للوصول إلى حل عددي تقريبي لتوقع حركة أجهزة الاستشعار تحت الماء ودراسة تأثير خوارزميات التكامل على دقة موقع الجهاز المتوقع.

في هذا البحث هدفنا هو إيجاد نموذج تحليلي لتنقل أجهزة الاستشعار تحت الماء. سيؤدي هذا بشكل أساسي إلى إنشاء مجموعة من المعادلات غير الخطية تفاضلية جزئيا معتمدة على الوقت. ثم استخدام برامج الحوسبة الرقمية لحل المجموعة المعادلات التفاضلية جزئيا باستخدام خوارزميات غير خطية.

المنهج البحثي

في هذا البحث سنقوم بالتنبؤ بمسار جهاز استشعار تحت الماء باستخدام المعادلة الحركية لجسم غارق. سيتم تحديد موضع غرق الجسم بثلاثة إحداثيات تعتمد على الوقت، ومنها نوجد معادلة السرعة والتسارع لجهاز الاستشعار.

سيتم الأخذ في الاعتبار أربع قوى تؤثر على جهاز الاستشعار وإيجاد المعادلات التي تكون النظام الديناميكي ثم تحويل النظام إلى نظام معادلات خطية يمكن حله تحليليًا.

وبالنسبة إلى تحديد عمق جهاز الاستشعار (الموقع في الاتجاه z) ونظرًا لأن موقع جهاز الاستشعار في هذه الحالة يتأثر بكثافة جهاز الاستشعار وكثافة الماء، لذلك سيتم إيجاد الحل باستخدام معادلة خطية تربط بين كثافة جهاز الاستشعار وكثافة الماء.

نتائج الدراسة

كان الهدف من هذه الدراسة هو محاكاة أجهزة الاستشعار تحت الماء عدديا وذلك بتحديد موقع جهاز الاستشعار، سرعة تيار الماء وكثافة ماء البحر وتم إيجاد معادلات النظام الديناميكي. ومن هنا قمنا بعمل نموذج MATLAB لحل معادلات النظام الديناميكي وتحديد موقع جهاز الاستشعار وسرعته خلال فترة زمنية محددة.

كما تم تحديد سناريوهات مختلفة ودراستها وذلك للتأكد من دقة النموذج الناتج من هذا البحث. كذلك أخذنا في الاعتبار دراسة تأثير كثافة جهاز الاستشعار وكثافة الماء على موقع جهاز الاستشعار خلال فترة زمنية محددة. وأخيرا قامت الدراسة بمقارنة سرعة جهاز الاستشعار مع سرعة تيار الماء خلال فترة زمنية محددة.

PREDICTION OF THE MOTION AND FINAL POSITION OF UNDERWATER SENSORS

By Abdulrzaq Naji Abdulrzaq Jamjoom

A thesis submitted for the requirements of the degree of Master of Science [Mechanical Engineering]

Supervised By
Dr. Ramzi Othman
Dr. Khalid H. Almitani

FACULTY OF ENGINEERING
KING ABDUL AZIZ UNIVERSITY
JEDDAH – SAUDI ARABIA
RABI AL-AWWAL 1442H – NOVEMBER 2020G

ACKNOWLEDGEMENT

I am grateful to Allah for the good health, wellbeing and blessings that helped me to complete my master program.

I would like to acknowledge my master thesis advisor, Dr. Ramzi Othman for his dedicated time, continues learning and knowledge shared with me which without I could not reach to this stage. I appreciate his patient, understanding and keep pushing me to get the best out of myself. I learned a lot of him on the academic and personal level and it was my pleasure working with such a great researcher and education lover.

I also appreciate Dr. Khalid Almitani for encouraging me to never quiet and overdeliver and for the full support during my studies on the educational and administrative aspects.

I would like to thank the professors who helped me and inspired me during my master degree studies specially to Dr. Mohammed El-Taher for his great education guidance and thanks are given to Prof. Mustafa Hamed for his support.

During the period of master program, I faced many challenging on the personal life and career level and I am thankful for my family, friends, work associates and many other people around me for their understanding of my situation and priorities and for their great help to push me and encourage me to never give up.

My last and biggest thanks to my mother Sohad Fadhol Shaath and my father Naji Abdulrzaq Jamjoom for their prayers and wishes which are the secret of my life success. I am wordless to express their endless support, guidance, motivation, facilitators and patience with me. Without them, it is difficult for me to move forward with my life.

PREDICTION OF THE MOTION AND FINAL POSITION OF UNDERWATER SENSORS

Abdulrzaq Naji Jamjoom

ABSTRACT

In this work, we will simulate the motion of a single underwater sensor knowing the current velocity to predict its location and velocity during certain time frame using a numerical approach of non-linear time-dependent partial differential equations and develop numerical computer programming code to solve the equations.

The underwater sensor are used to collect data for many scientific and practical reasons all the sensor collected data without specifying the sensor location and time will be missing lowers valuable information and by simulating the sensor motion numerically will have many values and impact on the underwater sensor industries as this will lead to less power consumption sensors with smaller size and less network coverage required.

This thesis will study the kinetics of the underwater sensor which will resulted to a set of non-linear time-dependent partial differential equations that can be solved analytically and computer programming simulation is developed to solve the equations and predict the motion of underwater sensor.

Different scenarios considered in the work such as simulating the result for different sensor's density and the effect on it's final position. Also, the result will include the sensor velocity simulation and comparison with the sea current velocity.

This work is limited to the motion prediction of single underwater sensor and the result is only for mechanical aspect of the problem, the networks connectivity or coverage is out-of-scope.