

## المُلخَص

ان أنظمة تحديد المواقع العالمية (GPS) التي أساسها القمر الصناعي خلقت عصر جديد للملاحة والمُسح وعلم قياسات الأرض. ان الملاحة الدقيقة للطائرات والسفن، وتحديد الموقع الدقيق الساكن والمتحرك باستخدام الخطوط الأساسية (baselines) من بضعة أمتار إلى آلاف الكيلومترات، تعتبر من بين التطبيقات العديدة لأنظمة تحديد المواقع العالمية. بالإضافة إلى تحديد الموقع والسرعة، فإن الـ (GPS) يُمكن أيضاً أن يُستعمل لحساب اتجاه المركبة. لذا يمكن، إلى حد ما، ان يحل محل بعض متحسسات الاتجاه المتطورة والغالية مثل أنظمة الملاحة المعتمدة على القصور الذاتي (INS).

في هذا العمل، تم استخدام عدة مستلمات الـ (GPS) لتطوير نظام تحديد الاتجاه. ان مستلمة الـ (GPS) تستخدم مقياسين، المدى الكاذب (pseudorange) وناقل الطور (carrier phase). ان الأخير يملك دقة عالية لذا يُستخدم لإعطاء اتجاه دقيق. ولكن توجد مشكلة في قياسات الـ carrier phase وهي وجود عدد صحيح غامض يجب ان يحل أولاً. بدون معرفة هذا العدد، فإن الـ carrier phase يبقى بلا معنى. لذا فإن تقنية تحديد الاتجاه المستندة على الـ carrier phase تتضمن خطوتين، حل غموض العدد الصحيح ومن ثم احتساب الاتجاه.

في هذا البحث، تم استخدام عدة طرق مختلفة بالاعتماد على مبدأ الطرح الثنائي لناقل الطور (carrier phase double difference). الطريقة الاولى كانت النقطة الوحيدة Single point التي تعتمد على الترييبعات الصغرى (Least square) والتي طُوِّرت لتستخدم الـ quaternion. كذلك تم استخدام دالة كلفة جديدة التي تستند على الـ quaternion. حينئذ تم اشتقاق خوارزميتين لإيجاد الـ quaternion المثالي، Newton-Raphson و Eigenproblem. بالإضافة الى ذلك، تم تصميم مرشح Kalman لإحتساب زوايا Euler.

ولحل غموض العدد الصحيح، تم تطوير خوارزمية لا تعتمد على الاتجاه. تتضمن هذه الخوارزمية أولاً عملية بحث أنية ضمن الاعداد الصحيحة باستخدام متباينة هندسية لتقليل مجال البحث بشكل ملحوظ. بعد ذلك يتم استعمال دالة خسارة (loss function) لفحص الاعداد الصحيحة المرشحة من عملية البحث لكي يتم تحديد العدد الصحيح المثالي.

أخيراً، تم استعمال حزمة الـ Matlab 7.0 لتصميم برنامج ينفذ نظام تحديد الاتجاه المعتمد على الـ GPS. هذا البرنامج يستعمل بيانات مُسجلة من تجربة كانت قد أجريت في جامعة Calgary في كندا. اظهرت النتائج ان طريقة Single-point اكثر دقة وتقترب تصاعدياً من

الحل الصحيح . في حين ان طريقتي Newton-Raphson و Eigenproblem ربما تباعد عن  
الحل الصحيح عندما تكون نقطة البداية بعيدة.  
كذلك فان مرشح Kalman قد اعطى نتائج مشابهة لنتائج الـ Single-point بسبب صغر  
اخطاء القياسات ولكن مرشح Kalman اكثر متانة بالنسبة لنقطة البداية.

---

## Abstract

The satellite-based Global Positioning Systems (GPS) creates a new era for navigation, surveying and geodesy. Precise airborne and shipboard navigation and precise static and kinematic positioning over baselines from a few meters up to thousands of kilometers are just a few among numerous applications of GPS. In addition to providing position and velocity information, the GPS system can also be used to estimate the attitude parameters of the platform. It has the potential of replacing, to some extent, some sophisticated and expensive attitude sensors such as Inertial Navigation Systems (INS).

In this work, the use of multi-GPS receiver to estimate the parameters of attitude (orientation) of a platform is developed.

The GPS receiver has two measurements; pseudorange and carrier phase. The latter is highly accurate (sub centimeter-level). Therefore, it is used to give precise attitude parameters. But the carrier phase has one problem; an initial integer ambiguity must be resolved first. Without resolution of this integer, the carrier phase is meaningless. Therefore, the attitude determination technique based on the carrier phase observable of the GPS involves two steps; integer ambiguity resolution and attitude estimation.

Here, different methods are used based on the carrier phase double difference interferometric model. The Single-point method that is based on the least square approach is developed using the quaternion representation. In addition, a quaternion-based cost function is used. Two algorithms for finding the optimal quaternion are derived; Newton-Raphson and Eigenproblem algorithms. Also, the linearized Kalman filter is designed to estimate Euler angles.

In order to resolve the integer ambiguity, an attitude-independent

integer search to significantly reduce the search space using a geometric inequality. Then, a batch-type loss function is used to check the remaining integers in order to determine the optimal integer.

Finally, a software was designed using **Matlab v.7.0** package to implement the GPS-based attitude estimation system. This software uses a recorded data from an experiment that has been conducted in the **University of Calgary in Canada**. The results show that the Single-point method is more accurate (with RMS 0.137, 0.079 and 0.197 degree in yaw, pitch and roll respectively), and it convergences exponentially to the correct solution. The Newton-Raphson and Eigenproblem may diverge when the initial quaternion is far.

Also, the linearized Kalman filter gave a result which is similar to the result from the Single-point algorithm because the measurements have small errors. But the Kalman filter is more robust relative to the initial condition.