

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ GPS/IMU*

Е.М. Медведев («ГеоЛИДАР»)

В 1986 г. окончил МЭИ. С 1986 по 1997 г. работал инженером, старшим инженером, ведущим инженером, начальником сектора ГосНИИ Авиационных систем. С 1997 по 2002 г. — руководитель группы дистанционного зондирования, руководитель группы научно-исследовательских работ ЗАО «Оптэн Лимитед». С 2002 г. работает в Компании «Геокосмос» директором по научной работе. С июля 2005 г. — генеральный директор компании «ГеоЛИДАР». Кандидат технических наук.

А теперь настало время перейти к обсуждению наиболее интересных вопросов: «А как же все-таки работают такие системы, и как они могут обеспечить настолько высокий уровень точности?» По традиции начнем с опровержения заблуждений, главным из которых, применительно к теме обсуждения, является следующее: глобальные навигационные спутниковые системы GPS, а в равной степени и ГЛОНАСС позволяют определять только положение, но не ориентацию в геодезическом пространстве. Из этого делается убийственный вывод — один приемник GPS принципиально ничем не может помочь инерциальной системе в повышении точности определения параметров угловой ориентации, просто потому что он определяет координаты, а не углы.

Подобные доводы выглядят разумными только на первый взгляд, в действительности все происходит наоборот. В первой половине XX века инерциальные

системы активно применялись для целей навигации, но никто был не в состоянии предложить эффективного метода парирования собственных неустранимых погрешностей инерциальной системы, к которым, как известно, относятся следующие:

- шумы;
- дрейф («уход»);
- масштабные ошибки (scale factor misalignments).

Именно появление в конце XX века систем спутниковой навигации позволило создать алгоритмы, которые эффективно оценивают значение всех составляющих погрешностей инерциальной системы (в том числе в режиме реального времени) и, следовательно, добиться высокого уровня определения параметров угловой ориентации в современных комплексах GPS/IMU, которые приводились ранее.

Не хотелось бы также оставить без должного отпора заявления о том, что средствами GPS нельзя измерить никакие угловые параметры с приемлемой точностью. Такие несолидные заявления опровергаются опытом геодезической и аэросъемочной деятельности многих компаний. На практике три приемника GPS, работающих в фазовом режиме, при благоприятных обстоятельствах обеспечивают точность определения угловых параметров (опять же, в том числе и в режиме реального времени) на уровне лучше 1 мрад. Желая ознакомиться с этим вопросом более подробно, можно порекомендовать статью

«Методика высокоточного RTK-позиционирования морских судов» (см. Геопрофи. — 2005. — № 3. — С. 8–10).

Однако на практике реализация такого подхода сдерживается рядом причин, главными из которых являются следующие:

- габариты комплекса, реализующего такой подход измерений, оказываются значительными, что может составлять серьезную проблему (рис. 1);

- выдаваемые данные чрезвычайно критичны к качеству принимаемого GPS-сигнала.

Эти обстоятельства и предопределили недолгую судьбу подобных устройств. В настоящее время они полностью вытеснены приборами, работа которых построена на интегрировании данных GPS и IMU. Структурная схема навигационного комплекса GPS/IMU представлена на рис. 2.

Навигационный комплекс GPS/IMU включает следующие основные компоненты:

- двухчастотный (L1/L2) приемник GPS с опцией слежения за фазой несущей;

- встроенный бортовой вычислитель, который реализует функции контроллера обратной связи и аппаратного или программного фильтра Калмана;

- инерциальную систему (IMU).

Используя эти компоненты, навигационный комплекс обеспечивает получение интегрированного навигационного решения для траектории и ориентации носителя.



Рис. 1

Аэросъемочный комплекс FLI-MAP компании FUGRO с двумя разнесенными GPS-антеннами

* Продолжение. Начало в № 3, 4-2005.

Основными принципами, используемыми при получении интегрированного навигационного решения, являются следующие.

1) Инерциальная система поставляет данные в специализированный навигационный вычислитель, который вырабатывает данные по положению, скорости и ориентации. Существенным является тот факт, что инерциальная система является жестко связанной с корпусом носителя, точнее с рамой, на которую крепиться то или иное аэрозъемное средство.

2) Приемник GPS используется для корректирования инерциальной навигационной системы путем оценки погрешностей, а также для инициализации интеграционного процесса. При отсутствии GPS-обеспечения, инерциальная навигационная система остается без GPS-коррекции.

3) Используется замкнутая система контроля погрешностей, обеспечивающая оптимальное управление.

Основная алгоритмическая нагрузка возложена на специализированный бортовой вычислитель, который в режиме реального времени получает решение уравнений движения Ньютона, описывающих положение, скорость и ориентацию сенсора IMU в системе координат WGS-84 с учетом вращения Земли в физическом пространстве. Вычисления выполняются на основе данных, получаемых с помощью гироскопов и акселерометров, которые являются механически жестко связанными с корпусом носителя. По этой причине определяемые значения координат, скоростей и углов ориентации для сенсора IMU могут быть аналитически трансформированы в любую другую точку носителя, в частности, в точку центра сканирующего зеркала локатора. Для корректного перехода необходимо знать параметры взаимного положения и ориентации точки центра сканирования и сенсора IMU.

Работа в дифференциальном GPS-режиме также может обеспечивать формирование навигационного решения в режиме реального времени. Однако для

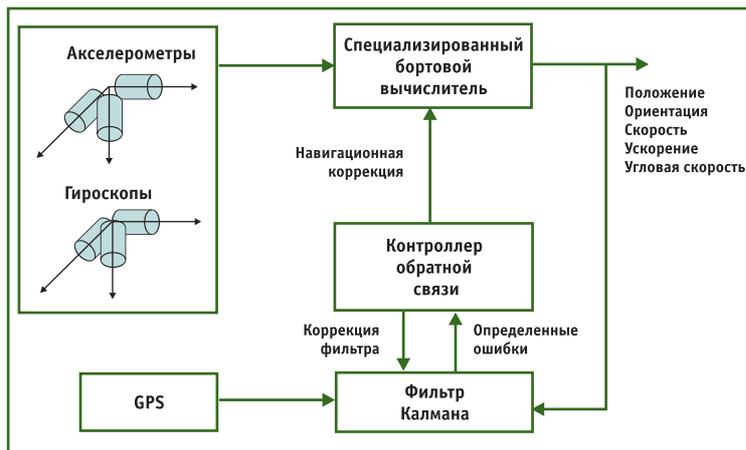


Рис. 2
Структурная схема навигационного комплекса GPS/IMU

этого необходимо использовать режим реального времени (RTK), который крайне трудно реализовать в условиях съемки с использованием летательных аппаратов. На практике реализация дифференциального GPS режима чаще предполагает съемку с использованием одной или нескольких референсных (базовых) GPS-станций, по данным которых в процессе наземной постобработки выполняется дифференциальная коррекция траектории носителя, зарегистрированная бортовым приемником GPS. Именно эта траектория используется при реализации алгоритма определения полного навигационного решения.

Режим полномасштабной наземной постобработки GPS и инерциальных данных является дальнейшим развитием дифференциального GPS-режима. Он может быть реализован только в камеральных условиях. В этом режиме для определения траектории носителя используются как данные GPS после процедуры дифференциальной коррекции, так и инерциальные данные, поставляемые гироскопами и акселерометрами.

При описании принципов функционирования бортового навигационного комплекса необходимо выделять два уровня информационного обмена внутри комплекса.

1) Базисный информационный уровень составляют данные,

непосредственно вырабатываемые входящими в комплекс приемником GPS и инерциальной системой. Следует отметить, что функционирование этих устройств на физическом уровне происходит независимо. Информация, получаемая на этом уровне, используется двойко. Во-первых, на основе этой информации выполняется инициализация системы, а во-вторых, она подвергается алгоритмической обработке на следующем информационном уровне.

2) На уровне генерации навигационного решения с помощью аппаратных средств либо аналогичных программных процедур вырабатывается законченное навигационное решение, включающее координаты траектории носителя и параметры его угловой ориентации для произвольного момента времени. Получаемые на этой стадии результаты, естественно, опираются на данные, накопленные на базисном уровне.

Продолжение следует

RESUME

This article continues discussion started in Geoprofi No. 2 & 3, 2005 on the design features of navigation complexes consisting of GPS receivers and an inertial system. A theoretical grounding is given for using these systems in order to determine parameters of the angular stabilization of the carrying platforms while conducting aeroimaging.