

УДК 004.383.3

О.В. Олещук, В.М. Хмелевської

Одеський національний політехнічний університет, пр. Шевченка, 1, м. Одеса, 65044

ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ БАГАТОВИМІРНОГО КАРТУВАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Розглядаються особливості організації тривимірного картування місцевості з можливістю подальшого орієнтування на основі складеної карти. Визначаються необхідні апаратні вузли та алгоритм обробки інформації, прийнятої з різноманітних датчиків. Вирішуються питання самокалібрування вимірювальної системи, завадостійкості, достовірності результатів та надійності роботи.

Ключові слова: *Картування – Апаратні вузли – Датчик – Самокалібрування – Завадостійкість – Достовірність результатів.*

The specific features of the three-dimensional area mapping organization with the possibility of targeting based on a composite map are considered. Required hardware components and processing algorithm adopted from various sensors are identified. In addition, the issues of measuring systems self-calibration, noise immunity, reliability performance and reliability are solved.

Keywords: *Mapping - Hardware components - Sensor - Self-calibration - Noise immunity - Reliability of results.*

I. ВСТУП

Сучасні розповсюджені навігаційні системи надають досить широкі можливості для визначення свого місцезнаходження та відстеження пересувань на поверхні земної кулі. Проте вони досить вузько спрямовані і таким чином дають привід для створення спеціалізованих систем.

Дуже часто постає задача оперативного з'ясування свого місцезнаходження, заміру пройденого шляху чи складання багатовимірної карти для подальшого орієнтування з її допомогою. Важливе питання також становить завчасне передбачення природної чи антропогенної небезпеки, а також терміновий замір та аналіз біометричних показників людини.

До переваг спеціалізованого пристрою необхідно віднести значне розширення простору розв'язання задач збору даних та їх подальшого аналізу, що досягається за рахунок підвищення на декілька порядків продуктивності обчислень і відповідно складності розв'язуваних задач. Використання сучасної розповсюдженої елементної бази дозволяє при всій функціональній повноті знизити собівартість технології і таким чином зробити її доступною для широкого кола споживачів.

Разом з тим, побудова спеціалізованих апаратно-програмних засобів має низку особливостей, що суттєво може впливати на оптимальність їх використання. До них необхідно віднести питання ефективного проектування, зростання складності системи, що, в свою чергу, знижує надійність та підвищує ймовірність апаратних несправностей, зміни в проектах, що можуть відбуватися при незначному перепроєктуванні, та деякі інші.

Реалізація розширених можливостей вирішення задач збору даних та аналізу вимагає проведення досліджень з вивчення особливостей про-

ектування спеціалізованих пристроїв даної спрямованості, визначення структури та методів проектування їх ключових вузлів, що й становить предмет даної роботи та визначає її актуальність.

II. СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГІЇ ТРИВИМІРНОГО КАРТУВАННЯ

Технологія автоматичного картування місцевості полягає в автоматичному складанні карти, відразу по мірі пересування без необхідності застосування додаткових дій чи обладнання.

Картування являє собою обробку та аналіз даних з декількох датчиків, у т.ч. GPS, цифрового компаса та акселерометра [4]. Також у складі пристрою автоматичного картування може бути реалізовано декілька додаткових функцій, як визначення відстані до грози, збір різноманітних статистичних даних навколишнього середовища, передбачення погоди в інтервалі від 1 до 24 годин. До складу пристрою доцільно також включати систему виміру та аналізу біометричних показників людини.

Метод автоматичного картування базується на з'ясуванні поточного місця знаходження, та фіксуванні його у вигляді 4-х координат у багатовимірному масиві даних.

Розмірність карти «чотири» обрана для більшої інформативності, адже крім координат тривимірного простору при подальшому її аналізі не завадить знати точний час пересування на окремих ділянках.

Головну роль в системі відіграє центральний процесор (ЦП), до якого декількома шинами під'єднані периферійні пристрої (множина датчиків та основна пам'ять (ОП)).

Загальна функціональна схема представлена на рисунку 1.

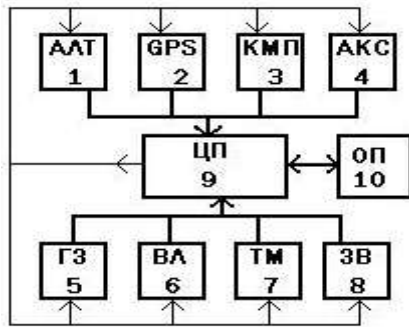


Рисунок 1 – Схема функціональних блоків

Схема містить цифровий барометричний альтиметр ААТ 1, GPS-модуль 2, цифровий компас-магнітометр КМП 3, акселерометр АКС 4, датчик газу ГЗ 5, датчик вологості ВЛ 6, датчик температури ТМ 7, датчик звуку ЗВ 8, центральний процесор ЦП 9, основну пам'ять ОП 10.

Дані надходять до ЦП від блоків 1-8, де відразу оброблюються чи переспрямовуються до ОП, яка зберігає складену карту пройденого шляху та може функціонувати, як накопичувач статистичних даних або проміжний буфер між множиною датчиків та центральним процесором. Після аналізу отриманих даних ЦП в залежності від ситуації додає до масиву-карти наступні координати або передає окремим датчикам згенеровані сигнали калібрування.

Формула (1) відображає зв'язок даних з датчиків та вихідного масиву.

$$MAP[t] = (A(z) | G(x,y,z)[t] | C(x,y)[t]) \& (D(x,y,z)[t] > P(x,y,z)) \quad (1)$$

де A , G , C , D – вхідні дані з датчиків: альтиметру, GPS, електронного компасу, акселерометру відповідно;

MAP – загальний масив-карта пройденого шляху [1].

Операція логічного або "|" означає те, що дані завдяки своїй однотипності можуть прийматися з декількох незалежних датчиків.

Таке перекриття множин даних дає можливість підвищити загальну надійність системи і забезпечити її працездатність навіть при збоях у роботі будь-якого датчика. І водночас підвищити завадостійкість, адже в принцип роботи датчиків покладено абсолютно різні фізичні явища. Так, наприклад, при неможливості отримання супутникових даних з GPS-модуля визначити напрямок на північ та висоту над рівнем моря можна за допомогою електронного компасу-магнітометру та барометричного альтиметру.

Операція логічного і "&" означає те, що зчитування інформації з датчиків, обробка та занесення її до пам'яті здійснюється лише за наявності руху, який більше деякого порогу $P(x,y,z)$ [3]. Адже немає необхідності витрачати енергетичні та обчислювальні ресурси, якщо прилад за якихось

обставин знаходиться на одному місці і не переміщуються у просторі.

Також, як видно з основної формули, однотипні дані можна використовувати для збільшення точності та автокалібрування. Суттєва різниця між показами електронного компасу та GPS-модуля може свідчити про несправність одного з них або наявність завад. В цьому випадку перевіряються покази альтиметру і на їх основі робиться висновок щодо ситуації. Порівнянням даних з GPS-модуля та магнітометра можна детектувати магнітні аномалії чи приховані металеві конструкції.

Основний датчик системи – GPS. З нього надходять крім координат місцезнаходження та висоти над рівнем моря - точний час, дата, швидкість пересування, шляховий кут - $G(x,y,z,t,d,v,a)$.

Час та дата використовуються для синхронізації внутрішнього годинника та таймерів, які відповідають за коректне відображення часової координати, відстеження руху та деякі службові функції.

Шляховий кут - кут, укладений між північним напрямком меридіана в місці вимірювання і напрямом лінії шляху, відраховується за годинниковою стрілкою від напрямку на географічний північ. Використовується для визначення напрямку шляхової швидкості відносно півночі.

Для організації надійної роботи та отримання достовірних показів з GPS-модуля необхідний збіг одразу багатьох факторів, таких, як широкий кут небосхилу, добрі погодні умови, високий рівень заряду акумуляторів, відсутність сильних за амплітудою електромагнітних перешкод та ін. При переміщенні з відкритого простору у приміщення з залізобетону чи товстих стін або спускаючись під землю отримання супутникових даних стає неможливим.

У такій ситуації вмикається алгоритм орієнтування виключно за альтиметром, датчиком температури, датчиком звуку, магнітним компасом та акселерометром. Останні прийняті з GPS дані стають точкою відліку (ТВ), яка використовується для продовження побудови багатовимірної карти. Тоді математична модель побудови карти може бути записана у вигляді (2).

$$TB = G(x,y,z,t,d,v,a); \\ MAP = TB + (A|C|D). \quad (2)$$

Датчик газу слугує для завчасного попередження про наявність у приміщенні побутового газу, а що більш характерно для підземних порожнеч - метану чи вуглекислого газу.

Сумісна робота датчиків температури, вологості, звуку та цифрового барометру може використовуватися для короткочасного передбачення погодних умов та визначення відстані до периферії грозового фронту. Так, зниження температури повітря разом зі зменшенням атмосферного тиску та підвищенням вологості повітря свідчить про надходження циклону.

У процесі складання прогнозу погодних умов постає необхідність запам'ятовувати велику кількість статистичних даних, з метою подальшого її аналізу, для чого й використовується блок 10.

Відстань до грозового фронту (L) визначається, як різниця у секундах між моментом першого спалаху блискавки ($СП$) та моментом реєстрації звуку грому ($ЗВ$), помножена на 340:

$$L = (ЗВ - СП) * 340 \text{ [м]}. \quad (3)$$

Якщо зробити кілька таких спостережень поспіль і записувати результати, то можна обчислити, наближається гроза або віддаляється, і навіть з якою швидкістю це відбувається. Але при цьому потрібно мати на увазі, що блискавка може мати протяжність в декілька кілометрів і тому звук приходить з часовим зрушенням з різних частин блискавки і тому грім починає "гарчати" по мірі підходу звуку з більш далеких ділянок блискавки. При цьому близька блискавка дає більш високочастотний звук, а дальня - низькочастотний, оскільки на великих відстанях високі частоти звуку гаснуть, а довгохвильові низькочастотні - проникають на великі відстані.

Точність таким чином визначеної відстані викликає неабиякі складності в побудові ефективного алгоритму фільтрації, обробки та аналізу звуку. Також постає вагоме питання проектування апаратної частини та розподілення вищезазначених функцій між нею та програмною частиною.

III. ВИСНОВОК

Таким чином, наявність доступної елементної бази, високий рівень систем автоматизації проектування забезпечує побудовання та використання спеціалізованих пристроїв для економії часу, зменшення трудовитрат та підвищення швидкості орієнтування, дослідження та пересування на місцевості з неоднорідним ландшафтом.

Використання спеціалізованих схемотехнічних рішень суттєво підвищує продуктивність збору даних та обчислень протягом здійснення дослідження. Підвищена продуктивність обчислень забезпечує розширення кола вирішуваних задач в напрямку збільшення їх складності.

Разом з тим, функціональність кінцевого пристрою повинна бути забезпечена з урахуванням вимог у частині надійності, завадостійкості та до результатів досліджень за їх достовірністю.

Також за наявності великої кількості різноманітних датчиків та широкого кола поставлених задач, технологія потребує розробки програмної частини спеціалізованого обчислювача, а саме алгоритмів обробки даних, їх аналізу з перевіркою на точність та компактного подальшого зберігання.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алексеев И.И.** Специальное геологическое картирование. – С-Пб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт. – 2010. – 53 с.
2. **Абрамович Г.Я., Галимова Т.Ф., Примина С.П.** Организация и проведение работ по геологическому картированию. — Иркутск: Издательство Иркутского государственного университета. – 2007. – 79 с.
3. **Грушин С. И., Душутин И. Д., Мелехин В. Ф.** Проектирование аппаратных средств микропроцессорных систем: Учеб. пособие. – Л.: ЛПИ им. Калинина. – 1990. – 78 с.
4. **Карлащук В. И., Карлащук С. В.** Спутниковая навигация. Методы и средства. – М.: Солон-Пресс. – 2006. – 176 с.

Получена в редакции 03.04.2013, принята к печати 05.04.2013