

Візуальне керування рухомими об'єктами. Апаратна платформа.

Олександр Лаврущекко

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

FOSS OSDN 2008

Вступ

- 1 Що було?
- 2 Що хочеться?
- 3 Алгоритми
- 4 Програмне забезпечення
 - Debian Linux
 - Розширення РЧ
 - Клієнт
 - Сервер
- 5 Апаратна платформа
 - Сервоконтролер
 - Вбудований комп'ютер
 - Рухома платформа
- 6 Висновки

Що було?

Що хочеться?

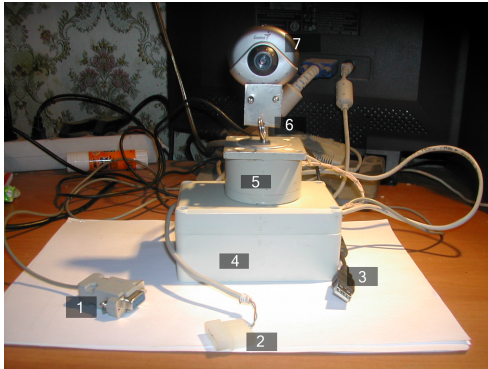
Алгоритми

Програмне забезпечення

Апаратна платформа

Висновки

Що було?



Прототип СВО у зібраному вигляді: 1 – RS-232 конектор; 2 – конектор живлення; 3 – конектор USB камери; 4 – корпус контролеру; 5 – кроковий двигун ШД-200-1-1; 6 – кріплення камери до валу двигуна; 7 – камера.

Що було?

Що хочеться?

Алгоритми

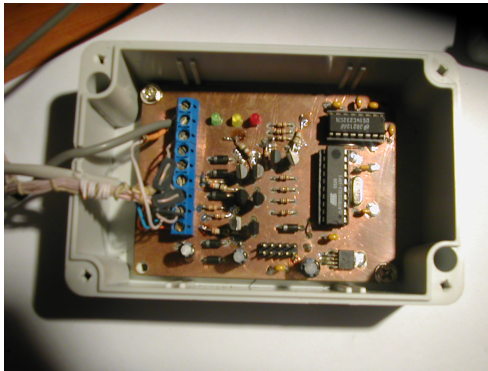
Програмне забезпечення

Апаратна платформа

Висновки

Що було?

Дискретні складові, великі габаритні розміри, неможильність, велика маса, перш за все – двигун.



Старий контролер двигуна

Що хочеться?

Система має бути частиною рухомого об'єкту, в ідеалі таким собі чорним ящиком, що можливо встановити на будь-яку платформу, незалежно від її способу переміщення.

Мобільність системи вимагає:

- малої маси;
- малих габаритних розмірів;
- низького рівня енергоспоживання;
- гарної віброзахисності.

Алгоритми

Під час проведення роботи створені або знаходяться у стадії розробки математичні моделі:

- рухомої платформи;
- обертальної платформи (процесу керування активним сенсором на рухомій платформі);
- ПЗС-камери з перспективною проекцією і Байєровською моделлю кольорового простору;
- моделі маркерів, мапи і середовища;
- процесу обробки кадру;
- визначення оптимальної траєкторії;
- визначення просторових координат об'єктів.

Алгоритми

Вони складаються з алгоритмів, що можна згрупувати наступним чином:

- обробки зображень;
- орієнтації;
- локалізації;
- навігації;
- планування шляху;
- керування.

Операційне середовище

Робототехніка вимагає ПЗ з низькою латенцією ¹, оскільки оточення в якому вони діють небезпечне, тобто може здійснювати впливи, що можуть перешкоджати виконанню поставленого завдання. З цих міркувань звично в якості середовища виконання алгоритмів життєдіяльності роботу використовують ОСРЧ ². Найбільш популярними у промисловості ОСРЧ є **QNX Momentics** і **VXWorks**, та вони є дуже дорогими.

Не дивлячись на те, що QNX вільна для академічних застосувань, було обрано **Linux/Xenomai**.

¹Латенція (англ. latency – часова затримка, затримка таймеру)

²ОСРЧ (англ. RTOS – операційні системи реального часу)

- 1 Що було?
- 2 Що хочеться?
- 3 Алгоритми
- 4 Програмне забезпечення**
 - Debian Linux
 - Розширення РЧ
 - Клієнт
 - Сервер
- 5 Апаратна платформа
 - Сервоконтролер
 - Вбудований комп'ютер
 - Рухома платформа
- 6 Висновки

Debian Linux



Деб'ян – один з найстаріших та найрозповсюдженіших дистрибутивів ОС Лінукс.

- Відомий своєю якістю, стабільний та зрозумілий
- Величезні репозитарії пакунків програм
- Широко застосовується розробниками вбудованих систем
- Має в репозитарії **три(!)** розширення РЧ для Лінукс

- 1 Що було?
- 2 Що хочеться?
- 3 Алгоритми
- 4 Програмне забезпечення**
 - Debian Linux
 - **Розширення РЧ**
 - Клієнт
 - Сервер
- 5 Апаратна платформа
 - Сервоконтролер
 - Вбудований комп'ютер
 - Рухома платформа
- 6 Висновки

Що було?

Що хочеться?

Алгоритми

Програмне забезпечення

Апаратна платформа

Висновки

Debian Linux

Розширення РЧ

Клієнт

Сервер

Розширення РЧ



Розширення РЧ

- Xenomai – фреймворк для розробки програмного забезпечення працюючому у режимі реального часу, що кооперує з ядром Linux, для забезпечення всебічної, інтерфейсо-незалежної підтримки жорсткого реального часу для програм простору користувача, добре інтегровану у оточення GNU/Linux.
- RTAI – інтерфейс реального часу для Linux-програм, що дозволяє створювати софт з чіткими вимогами до часу виконання.

Xenomai

При продовженні проекту було вирішено мігрувати з RTAI на Xenomai, причинами переносу на інше розширення стали:

- значно краща документація
- наявність колекції прикладів
- зрозуміла політика
- внесений до репозитаріїв Debian

Інсталяція

```
aptitude install linux-patch-xenomai xenomai-runtime  
xenomai-doc
```

- 1 Що було?
- 2 Що хочеться?
- 3 Алгоритми
- 4 Програмне забезпечення**
 - Debian Linux
 - Розширення РЧ
 - Клієнт**
 - Сервер
- 5 Апаратна платформа
 - Сервоконтролер
 - Вбудований комп'ютер
 - Рухома платформа
- 6 Висновки

Клієнт

Клієнта для системи планується розробити з використанням Java, з причин її гарної переносимості. В випадку Java, ми можемо запускати клієнта віддаленого моніторингу та контролю на будь-якій системі, що підтримує JVM³, зараз це майже кожний мобільний телефон. У функції клієнта входять візуалізація даних, ведення вторинного логу роботи системи, графічний та командний інтерфейс.

- Простий інтерфейс
- ~RT відеосигнал
- можливість керування всіми параметрами роботу
- командний рядок
- захищеність потоку керування

³JVM (англ. абр.) – java virtual machine.

- 1 Що було?
- 2 Що хочеться?
- 3 Алгоритми
- 4 Програмне забезпечення**
 - Debian Linux
 - Розширення РЧ
 - Клієнт
 - **Сервер**
- 5 Апаратна платформа
 - Сервоконтролер
 - Вбудований комп'ютер
 - Рухома платформа
- 6 Висновки

Бажані властивості

Багато розробників після виконання великої частини роботи зустрічаються з необхідністю додати чи видалити деякі можливості, неочікуваними проблемами, необхідністю змінити апаратне забезпечення чи навіть зі зміною базової постановки завдання. Такі несподіванки можуть створити додаткові перешкоди для успішного завершення розробки роботу.

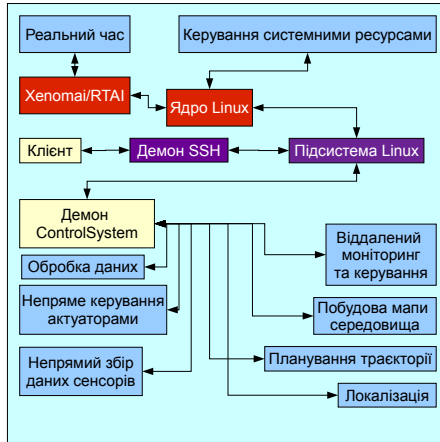
Бажані властивості

Тому одним з найважливіших моментів при виконанні роботи, є створення розширюваного, максимально кроссплатформеного набору ПЗ для задач керування мобільними роботами. Вимоги:

- кроссплатформеність та відповідність існуючим відкритим стандартам, наприклад POSIX;
- простота та легка розширюваність, відповідно – ІМНО модульність;
- захищеність;
- KISS⁴, “бритва Оккама”.

⁴KISS – Keep It Simple Stupid

Архітектура ПЗ системи



Що було?

Що хочеться?

Алгоритми

Програмне забезпечення

Апаратна платформа

Висновки

Сервоконтролер

Вбудований комп'ютер

Рухома платформа

Апаратна платформа

Властивості мобільного роботу та результативність алгоритмів на пряму залежать від використаного апаратного забезпечення, бо його характеристики входять у математичну модель у якості коефіцієнтів рівнянь.

- 1 Що було?
- 2 Що хочеться?
- 3 Алгоритми
- 4 Програмне забезпечення
 - Debian Linux
 - Розширення РЧ
 - Клієнт
 - Сервер
- 5 Апаратна платформа**
 - Сервоконтролер
 - Вбудований комп'ютер
 - Рухома платформа
- 6 Висновки

Що було?

Що хочеться?

Алгоритми

Програмне забезпечення

Апаратна платформа

Висновки

Сервоконтролер

Вбудований комп'ютер

Рухома платформа

Сервоконтролер

У якості контролера двигунів використовується спеціально розроблена плата. Вона базується на мікроконтролері Atmel, який безпосередньо керує серво-двигунами. Ця плата зв'язана з бортовим комп'ютером за допомогою послідовної лінії за допомогою інтерфейсу RS-232, з головної плати можливе також керування її живленням.

Вимоги до сервоконтролеру

- простота
- функціональність
- низьке енергоспоживання
- невелика маса
- невеликі габаритні розміри

Що було?

Що хочеться?

Алгоритми

Програмне забезпечення

Апаратна платформа

Висновки

Сервоконтролер

Вбудований комп'ютер

Рухома платформа

Вимоги до серводвигунів

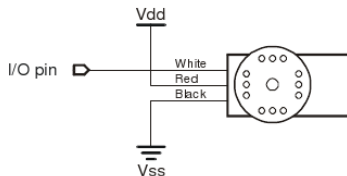
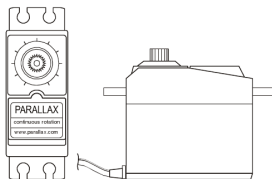
- невелика маса
- невеликі габаритні розміри
- достатній крутний момент
- легкість керування
- точність

Вимоги до серводвигунів

- невелика маса
- невеликі габаритні розміри
- достатній крутний момент
- легкість керування
- точність

У якості двигунів було обрано серводвигуни з необмеженим кутом обертів виробництва Parallax (Futaba).

Серводвигуни: зовнішній вигляд, характеристики та підключення



Максимальна напруга*, В	6
Максимальна швидкість**, об/хв	60
Маса, г	45,0
Момент, кг · см	3,40
Розмір, мм	40,5x20,0x38,0
Додатково	Порт для ручного налаштування

*постійний струм; **при напрузі 5В, без прикладення навантаження

Мікроконтролер: технічні характеристики ATmega8-16PU

Частота, МГц	Живлення, В	Паунок	Робочий діапазон, °C
16	4,5 - 5,5	28P3	-40°C до 85°C

У драйвері використано мікроконтролер **AVR ATmega8**, оскільки він підтримує необхідні в проекті вимоги, до того ж є недорогим, широко розповсюдженим, і має компілятор **C** під Linux.

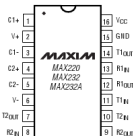
Інсталяція

```
aptitude install gcc-avr avr-libc binutils-avr gdb-avr
```


Конвертер інтерфейсів

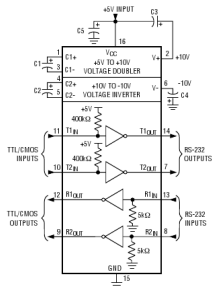
Оскільки цифрові рівні відмінні від стандартних рівней **TTL** та **CMOS** мікросхем. Виникає необхідність використання додаткових апаратних засобів, для перетворення сигналу на приймаючій та передаючій сторонах, для цього застосовується конвертер MAX232A.

TOP VIEW



DIP/SO

DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	0.047	0.33	0.33	0.33	0.33
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1



Сервоконтролер
Вбудований комп'ютер
Рухома платформа

Що було?

Що хочеться?

Алгоритми

Програмне забезпечення

Апаратна платформа

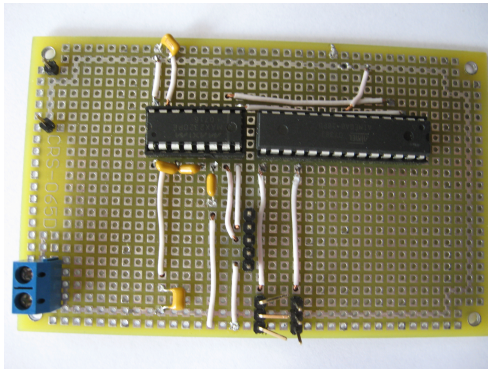
Висновки

Сервоконтролер

Вбудований комп'ютер

Рухома платформа

Тестова збірка сервоконтролера



- 1 Що було?
- 2 Що хочеться?
- 3 Алгоритми
- 4 Програмне забезпечення
 - Debian Linux
 - Розширення РЧ
 - Клієнт
 - Сервер
- 5 Апаратна платформа**
 - Сервоконтролер
 - Вбудований комп'ютер**
 - Рухома платформа
- 6 Висновки

Вимоги до бортового комп'ютера

Має бути:

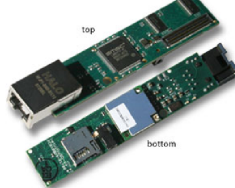
- недорогий;
- компактний;
- легкий;
- віброзахисний;
- з багатим набором портів вводу виводу;
- з низьким енергоспоживанням;
- Linux-сумісним;
- заснований на стандартній платформі.

Бортовий комп'ютер: варіант №1

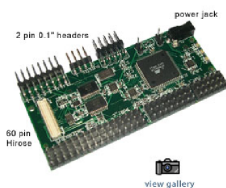
verdex XL6P



netwifimicroSD-EU



robostix

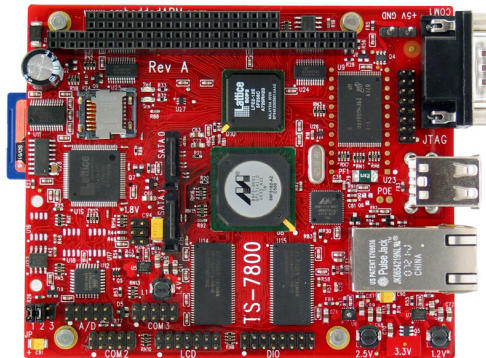


МП: Marvell® PXA270, 600МГц / 128MB RAM, 32MB Flash
Можливості: USB-хост, контролер CCD-камери, 10/100baseT ethernet, microSD, 802.11(b,g), шини I2C та SPI
Конектори: 60-пін Hirose, 120-пін MOLEX, 24-пін гнучкий стрічковий
Розміри: 80мм x 20мм
Живлення: 3,5В - 6В
Все разом: \$317.00

Що було?
Що хочеться?
Алгоритми
Програмне забезпечення
Апаратна платформа
Висновки

Сервоконтролер
Вбудований комп'ютер
Рухома платформа

Бортовий комп'ютер: варіант №2



Бортовий комп'ютер

- 500МГц ARM9 ЦП Marvell®;
- вбудована шина PCI та PC/104 роз'єм;
- 12000 ЛТ ПЛІС;
- 128Мб духканальної пам'яті;
- 512Мб NAND Flash 17Мб/с;
- 2 SD роз'єма (1 micro-SD, 1 SD);
- 2 SATA порта;
- 2 USB 2.0 480Mbps host/slave порта;
- Gigabit Ethernet;
- п'ятиканальний 10-bit АЦП;

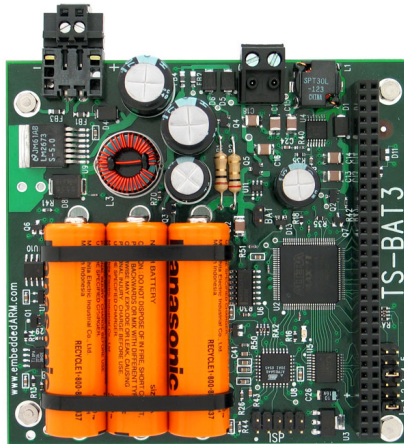
Бортовий комп'ютер

- 10 послідовних портів;
- 110 GPIO (86 використано як шина PC/104);
- годинник реального часу (RTC), з запасним елементом живлення;
- робочий діапазон температур без активного охолодження: $-20^{\circ}\text{C} \div +70^{\circ}\text{C}$;
- температурний сенсор;
- живлення 4Вт@5В;
- у сплячому режимі використовує 200мА;
- вхідне живлення 5В.

Що було?
Що хочеться?
Алгоритми
Програмне забезпечення
Апаратна платформа
Висновки

Сервоконтролер
Вбудований комп'ютер
Рухома платформа

Плата живлення з акумуляторами



Плата живлення з акумуляторами

Являє собою інтелектуальний блок безперебійного живлення. До складу TS-BAT3 входять NiMh акумуляторні батареї і вбудований зарядний пристрій з монітором зарядки/розрядки. У можливості плати входять:

- легка заміна елементів живлення;
- контроль за зарядом;
- сумісність з бортовим комп'ютером;
- гарантований контроль вимикання бортового комп'ютера;
- використання сплячого режиму для TS-7800;
- 2000mA·ч@5V.

Модуль бездротового зв'язку

Зв'язок роботу з станцією моніторингу і керування забезпечується приємопередавачем стандарту IEEE 802.11g (WiFi), але за бажанням можна легко підключити наприклад GPRS-модем, тоді зв'язок з роботом можна буде підтримувати на всій зоні покриття стільникового зв'язку.

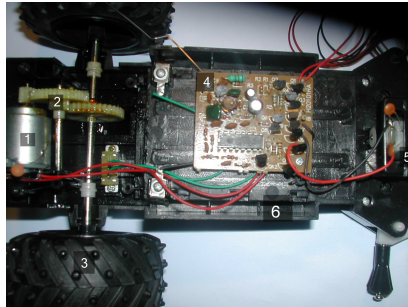
- 1 Що було?
- 2 Що хочеться?
- 3 Алгоритми
- 4 Програмне забезпечення
 - Debian Linux
 - Розширення РЧ
 - Клієнт
 - Сервер
- 5 Апаратна платформа**
 - Сервоконтролер
 - Вбудований комп'ютер
 - Рухома платформа**
- 6 Висновки

Рухома платформа

Обраний кінематичний тип рухомої платформи, чотирьох-колісний візок з передньою рульовою віссю – неголономний, що накладає обмеження на можливі маневри роботи.

- маневреність
- легкість керування
- звичність
- гарна проходимість
- можливо доступність у готовому вигляді
- задовільні розміри

Рухома платформа



*Рухома платформа: 1 – двигун заднього приводу; 2 – зубчата передача;
3 – колесо; 4 – плата керування; 5 – двигун повороту передньої осі;
6 – корпус платформи.*

Що було?

Що хочеться?

Алгоритми

Програмне забезпечення

Апаратна платформа

Висновки

Сервоконтролер

Вбудований комп'ютер

Рухома платформа

Рухома платформа

Можливо, прийдеться розробляти CAD-модель платформи самостійно, оскільки якість виконання пластикової моделі може виявитися недостатньою для досягнення задовільних показників керування системою.

Висновки

- В статті розглянуто загальну архітектуру створюемого ПЗ, докладно описані апаратні компоненти обчислювального комплексу роботу, та використані сенсори, актуатори та ін.
- Проект знаходиться у стадії розробки.

Висновки

Підводячи підсумок, можна виділити перспективні напрями покращення апаратної та програмної архітектури роботи:

- винесення низькорівневих алгоритмів обробки відеоданих з центрального процесору бортового комп'ютера на спеціалізований мікропроцесор вбудований у відеосенсор, або використання ПЛІС, як обробників відеоданих, що дуже прискорює систему, та вивільняє процесорні ресурси для інших задач;
- використання у якості середовища виконання алгоритмів і керування ресурсами відмовостійких і високомодульних мікроядерних операційних систем реального часу⁵.

⁵Нажаль повністю вільних таких систем досі немає.