

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Навчально-науковий інститут цивільного захисту
Кафедра інформаційних технологій та систем електронних комунікацій

«Допущено до захисту»
Начальник кафедри ІТтаСЕК
підполковник служби цивільного
захисту
_____ Олександр ПРИДАТКО
“ _____ ” _____ 20__ року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему «Розроблення системи обробки даних для водіїв спеціалізованих
транспортних засобів з виведенням параметрів на смартфон»

Виконала:
здобувачка IV курсу, групи КН-41з
спеціальності (освітньої програми)
122 «Комп'ютерні науки» (Комп'ютерні
науки)
(шифр і назва спеціальності (освітньої програми))
_____ Артур ВІЛЬЧИНСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)
Керівник _____ Ігор МАЛЕЦЬ
(ім'я та прізвище)
Рецензент _____
(ім'я та прізвище)

Львів – 2024 року

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Навчально-науковий інститут цивільного захисту

Кафедра інформаційних технологій та телекомунікаційних систем

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

Освітня програма Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри інформаційних
технологій та телекомунікаційних
систем

Олександр ПРИДАТКО

“ ___ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

Здобувачу Вільчинський Артур Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема: Розроблення системи обробки даних для водіїв спеціалізованих транспортних засобів з виведенням параметрів на смартфон

керівник роботи Малець Ігор Остапович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛДУ БЖД від “ ___ ” _____ 202_ року № _____

2. Термін подання здобувачем роботи _____

3. Початкові дані до роботи:

1. Технічні характеристики транспортних засобів.

2. Вікіпедія - вільна енциклопедія «Паркувальний радар».

3. Підручники та матеріали з розробки мобільних додатків для смартфонів на платформах iOS та Android.

4. Стандарти функціональної безпеки автомобільних електричних/електронних систем (ISO 26262).

5. Дані з датчиків, що встановлені на транспортних засобах, які вимірюють параметри.

6. Бібліотека Ultrasonic.h.

7. Бібліотеки Arduino.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Аналітичний огляд та постановка задачі

Розділ 2. Аналіз та методи роботи апаратно-програмного комплексу

Розділ 3. Реалізація системи паркування

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд та постановка задачі		
2	Аналіз та методи роботи апаратно-програмного комплексу		
3	Реалізація системи паркування		

Здобувач

(підпис)

Артур ВІЛЬЧИНСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор МАЛЕЦЬ

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Артур Вільчинський «Розроблення системи обробки даних для водіїв спеціалізованих транспортних засобів з виведенням параметрів на смартфон». Дипломна робота за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» складається з основної частини, що містить 3 розділи, 81 с., 30 рис., 6 таблиць та 32 джерела використаної літератури.

Об'єкт дослідження: системи збору інформації для водіїв, зокрема адаптивний круїз-контроль, система екстреного гальмування та паркувальні асистенти.

Предмет дослідження: методи та засоби розробки системи збору інформації, аналіз технічних аспектів, функціональних можливостей, проектування користувацького інтерфейсу, а також вибірка ефективних рішень, спрямованих для її створення та оптимізацію.

Мета роботи: дослідження, розробка та вдосконалення систем збору інформації для водіїв з метою підвищення безпеки та зручності водіння.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел та наукових статей для розуміння теоретичних аспектів систем збору інформації, аналіз та порівняння сучасних систем, експерименти, тестування прототипів та моделей систем.

Навчальна значущість дипломної роботи: дозволяє отримати глибокі знання про системи збору критичних параметрів, алгоритми виконання сповіщення на базі електронних датчиків, а також практичні навички у розробці та вдосконаленні таких систем.

Теоретична значущість дипломної роботи: ретельний аналіз та систематизації існуючих даних про системи збору інформації для водіїв, він дозволяє визначити ключові принципи їхньої роботи та виявити фактори, які впливають на їх ефективність. При цьому робота може враховувати не лише загальновідомі аспекти, а й новітні наукові дослідження та технологічні розробки в цій галузі. Вона допомагає систематизувати цю інформацію та відобразити поточний стан досліджуваної проблематики.

Практична значущість дипломної роботи: впровадження розроблених або оптимізованих систем збору інформації для водіїв на практиці, можуть допомогти поліпшити безпеку дорожнього руху та зручність управління автомобілями. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення існуючих систем або створення нових продуктів, що відповідають сучасним вимогам та потребам водіїв.

Ключові слова: критичні параметри, система паркування, система контролю, паркувальні асистенти, екстрене гальмування, мікроконтролер, ультразвуковий датчик, цифровий датчик, програмування, безпека, оптимізація управління, інженерні рішення, ефективність систем.

ABSTRACT

Arthur VILCHYNSKYI, "Development of a Data Processing System for Drivers of Specialized Vehicles with Parameter Output to Smartphone". Diploma thesis in the specialty 122 "Computer Science" consists of the main part, which includes 3 sections, 81 pages, 30 figures, 6 tables, and references to 32 sources of literature used.

Object of research: information collection systems for drivers, including adaptive cruise control, emergency braking system, and parking assistants.

The subject of research: methods and tools for developing information collection systems, analysis of technical aspects, functional capabilities, design of user interface, as well as selection of effective solutions aimed at its creation and optimization.

The purpose of the work: research, development and improvement of information collection systems for drivers in order to increase safety and convenience of driving.

Research methods: analysis of literary sources and scientific articles to understand the theoretical aspects of information collection systems, analysis and comparison of modern systems, experiments, testing of prototypes and models of systems.

Educational significance of the thesis: allows to gain deep knowledge about systems for collecting critical parameters, algorithms for notifying based on electronic sensors, as well as practical skills in the development and improvement of such systems.

The theoretical significance of the thesis: thorough analysis and systematization of existing data on information collection systems for drivers, it allows to determine the key principles of their operation and identify factors that affect their effectiveness. Moreover, the work may consider not only well-known aspects but also the latest scientific research and technological developments in this field. It helps to systematize this information and reflect the current state of the researched problem.

Practical significance of the thesis: implementation of developed or optimized information collection systems for drivers in practice can help improve road safety and driving convenience. The results of the research can be used to improve existing systems or create new products that meet modern requirements and drivers' needs.

Keywords: critical parameters, parking system, control system, parking assistants, emergency braking, microcontroller, ultrasonic sensor, digital sensor, programming, safety, optimization of control, engineering solutions, system efficiency.

ЗМІСТ

Вступ	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	Ошибка! Закладка не определена.
1.1 Системи збору інформації для водіїв.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Особливості систем збору інформації.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.2.1 Адаптивний круїз-контроль.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.2.2 Система екстреного гальмування.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.2.3 Паркувальні асистенти	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Огляд сучасних систем збору інформації	Ошибка! Закладка не определена.
1.5 Постановка задачі	Ошибка! Закладка не определена.
Висновок до розділу	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТА МЕТОДИ РОБОТИ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Аналіз критичних параметрів	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Фактори що впливають на збір критичних параметрів	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Методи збору критичних параметрів.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.1 Далекомір оптичного діапазону.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.2 Спідометр.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.2 Ультразвуковий датчик.....	Ошибка! Закладка не определена.
Висновок до розділу	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Фактори що впливають на збір критичних параметрів .	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.1 Мікроконтролер (Arduino Uno)	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.2 Lidar TF Luna.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.3 Ультразвуковий датчик HC-SR04	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.3 Цифровий датчик Холла A3144.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Вибір технології та мови програмування.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.1 Вимоги до синтаксису і структури коду	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.2 Опис використаних функцій.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Опис інтерфейсів АПЗ.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.4 Опис інтерфейсів АПЗ.....	Ошибка! Закладка не определена.
Висновок до розділу	Ошибка! Закладка не определена.
ВИСНОВКИ	14
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	15
ДОДАТОК.....	Ошибка! Закладка не определена.

Вступ

Актуальність теми. У сучасному світі технології надзвичайно швидко розвиваються, спрощуючи та автоматизуючи багато аспектів нашого повсякденного життя. Одним із визначальних напрямків є використання електроніки та техніки, які стають не просто розкішшю, але й необхідними складовими нашого існування. З кожним днем вони стають все більшою частиною нашого життя, сприяючи покращенню комфорту та зручності, які ми очікуємо від сучасного світу. Інформаційні технології тісно пов'язані з технічними засобами, зокрема автомобілями, відіграючи допоміжну роль у покращенні функціонування та автоматизації.

Зростання кількості автомобілів на дорогах, особливо у великих містах, породжує потребу в розвитку нових технологій, спрямованих на покращення якості дорожнього руху та зниження ймовірності дорожніх пригод. Також, з поширенням концепції "інтернету речей", автомобілі стають все більш інтегровані до сучасних інформаційних систем, що відкриває безліч нових можливостей для вдосконалення їх можливостей та взаємодії з іншими технологіями.

Інтерес до автомобільних технологій та їхнього впливу на наше життя стимулює постійний розвиток та удосконалення інформаційних технологій у сфері безпеки автомобіля. Однією з далекоглядних перспектив автомобільної промисловості є автономне керування, коли транспортні засоби можуть рухатися без участі водія.

Технології управління та моніторингу дозволяють водіям здійснювати більш точний та ефективний контроль над автомобілем. Системи навігації, безпеки та комфорту допомагають полегшити дорожній рух та забезпечують безпеку водіїв та пасажирів.

Розробка системи обробки даних для водіїв спеціалізованих транспортних засобів з виведенням параметрів на смартфон відображає сучасні тенденції у сфері транспорту та інформаційних технологій. Ця інноваційна система

спрямована на полегшення контролю та керування різними аспектами роботи транспортного засобу, що є критичним для безпеки та ефективності перевезень.

Її розробка передбачає інтеграцію різноманітних датчиків та сенсорів на транспортних засобах, збір та аналіз отриманих даних, а також їх відображення на смартфоні водія. Це дозволить водіям оперативно відстежувати стан різних систем автомобіля чи іншого транспортного засобу.

Мета та завдання розробки. Метою розробки системи обробки даних для водіїв спеціалізованих транспортних засобів з виведенням параметрів на смартфон є створення інноваційного інструменту, що спростить та полегшить контроль і керування різними параметрами транспортних засобів через мобільні пристрої. Ця система має на меті покращення безпеки, ефективності та комфорту під час експлуатації спеціалізованих транспортних засобів.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання:

- Проведено докладний аналіз потреб та вимог водіїв спеціалізованих транспортних засобів стосовно моніторингу та керування параметрами транспортного засобу через смартфон.
- Розроблена архітектура системи, визначення необхідних компонентів та їх взаємодію, включаючи збір та передачу даних, обробку інформації та інтерфейс користувача.
- Обрано відповідні технології для реалізації кожного компонента системи, враховуючи потреби користувачів, ефективність та безпеку передачі даних.
- Створення програмного забезпечення для збору, обробки та відображення даних на смартфоні водія, забезпечення оптимальної працездатності та надійності системи.
- Проведено тестування системи в умовах лабораторних розрахунків для перевірки її функціональності, стійкості та безпеки перед впровадженням у реальні умови.
- Проаналізовано результати тестування з метою подальшого вдосконалення системи збору інформації.

В результаті виконання розробки було створено функціональний зразок системи обробки даних для водіїв спеціалізованих транспортних засобів з виведенням параметрів на смартфон.

Об'єкт та предмет розробки. Об'єктом розробки є система обробки даних для водіїв спеціалізованих транспортних засобів, яка має на меті полегшити та покращити контроль та керування параметрами транспортного засобу через смартфон. Ця система охоплює велику кількість функціональних складових, включаючи збір даних з різних датчиків та сенсорів, їхню обробку, передачу на мобільний пристрій водія та відображення на екрані. Об'єкт розробки також включає розробку інтерфейсу користувача, що забезпечить зручний та інтуїтивно зрозумілий доступ до важливої інформації про транспортний засіб.

Методи дослідження та розробки. Для дослідження та розробки системи обробки даних для водіїв спеціалізованих транспортних засобів з виведенням параметрів на смартфон можуть бути використані різноманітні методи. Початковий етап передбачає аналіз вимог користувачів, що може проводитися через опитування, анкетування або спостереження. Це допоможе з'ясувати потреби та очікування водіїв щодо функціональності системи. Після цього можна використовувати методи аналізу та проектування, такі як UML-діаграми, щоб визначити структуру системи та її компоненти.

Для реалізації системи можуть використовуватися різні методи розробки програмного забезпечення. Наприклад, для створення мобільного додатку для смартфона можна використовувати методологію розробки програмного забезпечення Agile, яка передбачає ітеративний підхід до розробки. Для забезпечення надійності та безпеки системи можуть використовуватися методи тестування, такі як модульне тестування, інтеграційне тестування та валідація. У цілому, комбінація різних методів дослідження та розробки дозволить створити ефективну та надійну систему обробки даних для водіїв спеціалізованих транспортних засобів.

Унікальність розробки. Унікальність полягає в її спрямованості на специфічні потреби даної категорії користувачів. Ця система враховує

особливості роботи спеціалізованих транспортних засобів, таких як автобуси, вантажівки або пожежні машини, і надає водіям зручний та доступний інструмент для моніторингу та керування ними. Основною унікальною рисою є можливість відображення різноманітних параметрів транспортного засобу на смартфоні в реальному часі, що дозволяє водіям оперативно реагувати на будь-які зміни та виконувати необхідні заходи для забезпечення безпеки та ефективності перевезень.

Крім того, ця розробка може бути унікальною через використання передових технологій в області збору, обробки та передачі даних. Вона може використовувати передові алгоритми для аналізу даних та виявлення аномалій, що дозволяє вчасно реагувати на потенційні проблеми з транспортними засобами. Крім того, інтеграція системи з сучасними смартфонами дозволяє використовувати різноманітні можливості цих пристроїв, такі як GPS, Bluetooth, а також можливості мобільних додатків для забезпечення більш широкого спектру функціональності та зручності для користувачів.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення реалізації системи паркування з виведенням параметрів на смартфон для водія великою мірою полягає в полегшенні та удосконаленні процесу паркування. Завдяки зчитуванню інформації з датчиків руху, парктроніків та інших комплектуючих, система може розраховувати оптимальну траєкторію паркування.

Це означає, що система враховуватиме розташування перешкод, розміри автомобіля та вільних місць для паркування, а також інші фактори, що впливають на безпечне та ефективне паркування. За допомогою алгоритмів обробки даних та штучного інтелекту, система буде забезпечувати водіїв точними інструкціями щодо маневрування, враховуючи всі можливі варіанти та обмеження.

Такий підхід значно спростить та зменшить ризики неправильного паркування, дозволяючи водіям ефективно та швидко виконувати цю операцію навіть у складних умовах. Крім того, забезпечення автоматичного розрахунку

траєкторії паркування підвищить рівень безпеки, уникнувши зіткнень та інших негативних ситуацій. Такий інтелектуальний підхід додасть системі паркування додаткової цінності та зручності для водіїв, сприяючи зниженню стресу та збільшенню впевненості під час паркування.

Результат. В результаті, система паркування з виведенням параметрів на смартфон для водія з автоматичним розрахунком траєкторії паркування забезпечить значне полегшення та покращення процесу паркування. Вона дозволить водіям здійснювати цю операцію швидко, ефективно та безпечно, навіть у складних умовах та на зайнятих парковках.

Отримані результати мають значний вплив, оскільки вони допоможуть водіям зберегти час та зусилля, зменшити ризики дорожньо-транспортних пригод та сприятимуть загальному підвищенню безпеки та комфорту на дорозі. Такий інтелектуальний підхід стане важливим кроком у розвитку сучасних технологій автопаркування, підвищивши рівень зручності та ефективності для водіїв у їхньому повсякденному житті.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи проводився аналітичний огляд наукової літератури та патентної інформації, спрямований на визначення переваг та недоліків існуючих систем. Були детально проаналізовані різноманітні готові рішення, зокрема, досліджено різновиди паркувальних систем, які можуть бути вже вбудованими в автомобілі або встановлені власниками транспортних засобів.

Здійснено аналіз технічних параметрів та можливостей системи, яка забезпечує збір інформації для водія. Після ретельного огляду комплектуючих був обґрунтований вибір складових, комплектуючих та технологій для подальшої розробки. Для втілення системи збору критичних параметрів були використані конкретні датчики, а саме: Lidar TF Luna, датчик Холла А3144 та ультразвуковий сонар HC-SR04.

Був розроблений алгоритм для системи паркування, який використовує мову програмування C++. Для розробки використовувалася Arduino IDE. Програмне забезпечення було розроблене з метою збору інформації та виведення її на смартфон. Після створення і тестування системи було виявлено, що вона може бути використана на автомобілях різного класу та цінового діапазону.

Ураховуючи всі вищезазначені факти, було виконано всі завдання, передбачені кваліфікаційною роботою. Основна мета, яка полягала у розробленні системи обробки даних для водіїв спеціалізованих транспортних засобів з виведенням параметрів на смартфон, була досягнута. Крім того, були розглянуті питання безпеки та охорони праці.

Зазначена система має потенціал для подальшого вдосконалення та автоматизації для розв'язання більш глобальних та складних проблем, що можуть виникнути на дорозі. Це може включати розширення функціональності системи, її інтеграцію з іншими автомобільними системами та підтримку новітніх технологій у галузі автономного водіння.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дубінін С.І., Рушіч П.В., Литвиненко О.В. Автомобільна електроніка: навчальний посібник. - К.: Видавництво "Вища школа", 1990. С. 65-80.
2. Зайченко А.П., Лук'яненко В.М., Матишин В.І. Автомобільна електроніка: навчальний посібник. - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. С. 103-118.
3. Іванов В.В., Самохін А.В., Горпинченко О.В. Автомобільна електроніка та мікропроцесорні системи: навчальний посібник. - К.: Видавництво "Академперіодика", 1995. С. 85-100.
4. Кириченко В.І., Семеніхін Ю.М., Сидоренко В.Г. Електронні системи автомобіля: навчальний посібник. - К.: Видавництво "Колегіум", 2006. С. 75-91.
5. Ковальова Н.І., Засєкін В.В., Кобченко В.Г. Автомобільна електроніка: підручник для студентів вищих навчальних закладів. - К.: Кондор, 2017. 318 с.
6. Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). *Arduino: A Quick-Start Guide*. Maker Media, Inc.
7. Monk, S. (2016). *Programming Arduino: Getting Started with Sketches* (2nd ed.). McGraw-Hill Education TAB.
8. Simpson, J. (2017). *Arduino Projects For Dummies* (2nd ed.). Wiley.
9. Guan, H. (Ed.). (2019). *LiDAR Remote Sensing: From Theory to Applications* (1st ed.). CRC Press.
10. Fassnacht, F. E. (Ed.). (2014). *LiDAR: Applications in Forest Research* (1st ed.). Springer.
11. Hall, G. E. (Ed.). (2007). *Handbook of Sensor Networks: Compact Wireless and Wired Sensing Systems* (1st ed.). CRC Press.
12. Zare, F. (Ed.). (2018). *Magnetic Sensors: Principles and Applications* (1st ed.). CRC Press.

13. Dargie, W., & Poellabauer, C. (2010). *Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice* (1st ed.). Wiley-Blackwell.
14. Sauter, M. (2015). *Industrial Internet of Things: Cybermanufacturing Systems* (1st ed.). CRC Press.
15. R. G. Gallager, "Low density parity check codes," *IRE Trans. Inf. Theory*, vol. IT-8, no. 1, pp. 21- 28, Jan. 1962.
16. David J.C. MacKay and Radford M. Neal, "Near Shannon Limit Performance of Low Density Parity Check Codes," *Electronics Letters*, July 1996.
17. Thomas J. Richardson and Rüdiger L. Urbanke, "Efficient Encoding of Low-Density Parity-Check Codes," *IEEE Transactions on Information Theory*, 47(2), February 2001.
18. Y. Kou, S. Lin and M. Fossorier, "Low-Density Parity-Check Codes Based on Finite Geometries: A Rediscovery and New Results," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 47, no. 7, November 2001, pp. 2711- 2736.
19. Moon Todd, K. *Error correction coding: mathematical methods and algorithms*. 2005 by John Wiley & Sons. ISBN 0-471-64800-0. - p.614.
20. Moon Todd, K. *Error correction coding: mathematical methods and algorithms*. 2005 by John Wiley & Sons. ISBN 0-471-64800-0. - p.653.
21. Thomas J. Richardson and M. Amin Shokrollahi and Rüdiger L. Urbanke, "Design of Capacity-Approaching Irregular Low-Density Parity-Check Codes," *IEEE Transactions on Information Theory*, 47(2), February 2001.
22. Larry Hardesty (January 21, 2010). "Explained: Gallager codes". *MIT News*. Retrieved August 7, 2013.
23. Robert G. Gallager (1963). *Low Density Parity Check Codes* (PDF). Monograph, M.I.T. Press. Retrieved August 7, 2013.
24. "IEEE SA - IEEE 802.11ax-2021". *IEEE Standards Association*. Retrieved May 22, 2022.
25. "IEEE Standard, section 20.3.11.6 "802.11n-2009", IEEE, October 29, 2009, accessed March 21, 2011.

26. IEEE Communications Magazine paper on G.hn Archived 2009-12-13 at the Wayback Machine.
27. "HomePNA Blog: G.hn, a PHY For All Seasons."
28. "IEEE Spectrum: Does China Have the Best Digital Television Standard on the Planet?". spectrum.ieee.org. Archived from the original on December 12, 2009.
29. "5G Channel Coding" (PDF). Archived from the original (PDF) on December 6, 2018. Retrieved January 6, 2019.
30. Maunder, Robert (September 2016). "A Vision for 5G Channel Coding" (PDF). Archived from the original (PDF) on December 6, 2018. Retrieved January 6, 2019.
31. Telemetry Data Decoding, Design Handbook.
32. Presentation by Hughes Systems Archived 2006-10-08 at the Wayback Machine.