

Виконані дослідження показали, що для оптимізації кількості кроків, при застосуванні вказаних алгоритмів, необхідно аналізувати поточні комбінації і своєчасно вмішуватися в процес, або попередньо обробити вхідну матрицю, з метою оптимізації кількості комірок з кодами «0» або «1».

комп'ютерні ігри-головоломки, логічний аналіз ситуацій, комбінаторика, дискретна математика метод виділення ознак, метод «струмка», метод «змійки»

Одержано (Received) 11.12.2019

Прорецензовано (Reviewed) 16.12.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019

УДК 681.58

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2\(33\).201-208](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2(33).201-208)

В.В. Смирнов, доц., канд. техн. наук, **Н.В. Смирнова**, доц., канд. техн. наук
Центральнoукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна
e-mail: swckntu@gmail.com

Использование статистических методов в системе радиуправления робототехническим объектом

Приведена реализация системы управления радиоуправляемым объектом в условиях потери связи с оператором. В общий контур радиуправления объектом введен локальный регулятор, который позволил стабилизировать объект управления в условиях автономного аварийного режима. Для уменьшения влияния случайных возмущений на объект управления в систему управления введен статистический блок, реализующий положения теории принятия статистических гипотез. Уменьшено время реакции системы на изменение значения задающего воздействия. Разделены циклы получения задающего воздействия и циклы управления сервоприводами.

система управления, сервопривод, люфт, объект, статистическая гипотеза

В.В. Смірнов, доц., канд. техн. наук, **Н.В. Смірнова**, доц., канд. техн. наук
Центральнoукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Використання статистичних методів в системі радіоуправління робототехнічним об'єктом

Наведено реалізація системи управління керованим по радіо об'єктом в умовах втрати зв'язку з оператором. У загальний контур радіоуправління об'єктом введений локальний регулятор, який дозволив стабілізувати об'єкт управління в умовах автономного аварійного режиму. Для зменшення впливу випадкових збурень на об'єкт управління в систему управління введений статистичний блок, який реалізує положення теорії прийняття статистичних гіпотез. Зменшено час реакції системи на зміну значення впливу що задається. Розділені цикли отримання впливу що задається і цикли управління сервоприводами.

система управління, сервопривід, люфт, об'єкт, статистична гіпотеза

Постановка проблемы. В настоящее время существует много разновидностей недорогих систем радиуправления робототехническими объектами различного назначения. В составе системы радиуправления находится оператор, который и осуществляет управление объектом при визуальном контакте с ним или по данным телеметрии.

В такой системе управления оператор является задатчиком и регулятором. Оператор передает объекту задающее воздействие и в процессе управления объектом

визуально или по данным телеметрии вручную компенсирует все отклонения в поведении объекта, вызванные люфтами в исполнительных механизмах, ошибками позиционирования рулей, возмущающими воздействиями и прочими дестабилизирующими факторами.

Однако возникают ситуации, когда теряется связь с объектом управления или пропадает визуальный контакт оператора с управляемым объектом. Тогда проблемой становится управляемость объекта, поскольку из системы управления выпадает основное звено – оператор, выполняющий функции задатчика и регулятора.

В этом случае, случайные возмущения и люфты в исполнительных механизмах учтены не будут, что может привести к непредсказуемому поведению объекта управления. В больших робототехнических системах специального назначения (военного, метеорологического, картографического и пр.) указанная проблема решена, однако в малых и недорогих радиоуправляемых робототехнических системах остается проблема возникновения аварийной ситуации при потере управляемости.

Анализ исследований и публикаций. Исполнительные механизмы на базе сервоприводов являются системами с запаздыванием. Установлено, что наибольшее отрицательное влияние на качество систем управления с запаздыванием оказывают нелинейности типа люфт [1].

Типовая структура системы управления БПЛА в своих передаточных функциях не учитывает такие нелинейности [2].

Архитектура системы управления БПЛА типа «Каскад1» избыточна для недорогих радиоуправляемых систем и не в полной мере решает проблему качества управления объектом в системе с запаздыванием [3].

В работе [4] описана система радиоуправления легкими БПЛА на базе оборудования фирмы Futaba. Данная система не обладает свойством синхронного управления сервоприводами и не учитывает случайные возмущения и влияние люфтов в исполнительных механизмах на качество управления объектом.

Постановка задачи. С целью улучшения характеристик системы управления радиоуправляемого объекта, в том числе при потере связи с оператором, необходимо решить следующие задачи:

- уменьшить время передачи задающего воздействия системе управления сервоприводами;
- компенсировать влияние на объект управления случайных возмущений и люфтов исполнительных механизмов на основе методов математической статистики.

Изложение основного материала. Для реализации системы управления и выполнения поставленных задач необходимо разработать архитектуру аппаратного и программного обеспечения системы управления.

На рис. 1 представлена простая типовая структурная схема системы радиоуправления с общей петлей обратной связи, неотъемлемой частью которой является оператор.

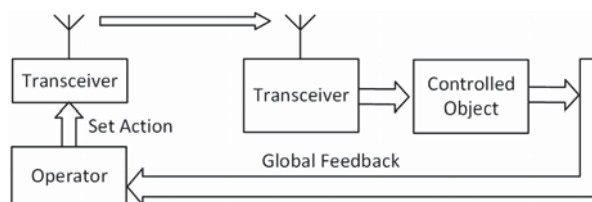


Рисунок 1 – Система радиоуправления объектом с общей петлей обратной связи

Источник: разработано автором

На рис. 2 представлена структурная схема системы радиуправления с двумя петлями обратной связи: общей и локальной.

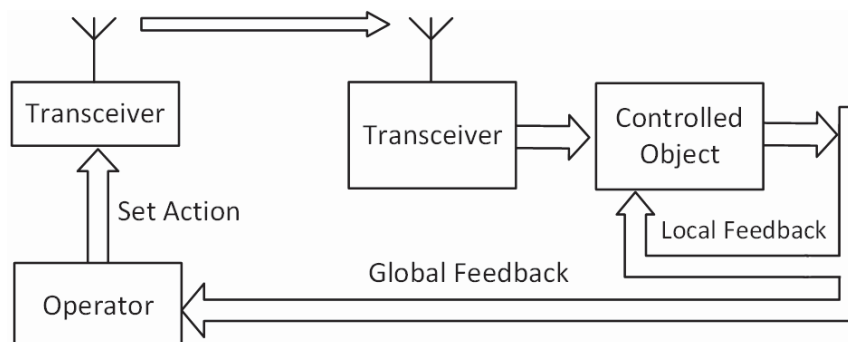


Рисунок 2 – Система радиуправления с общей и локальной петлей обратной связи
Источник: разработано автором.

Введение в структуру объекта управления локальной обратной связи дает возможность осуществить компенсацию люфтов и ошибок позиционирования рулевых механизмов непосредственно в объекте без участия оператора с помощью простого ПИД – регулятора, закон управления которого описывается выражением:

$$u(t+1) = Ke(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (1)$$

где e – ошибка отклонения, K , T_i , T_d – пропорциональный коэффициент, постоянная интегрирования и постоянная дифференцирования соответственно;

$u(t+1)$ – управляющее воздействие для следующего цикла управления сервоприводами - импульс, длительность которого изменяется регулятором (рис. 3).

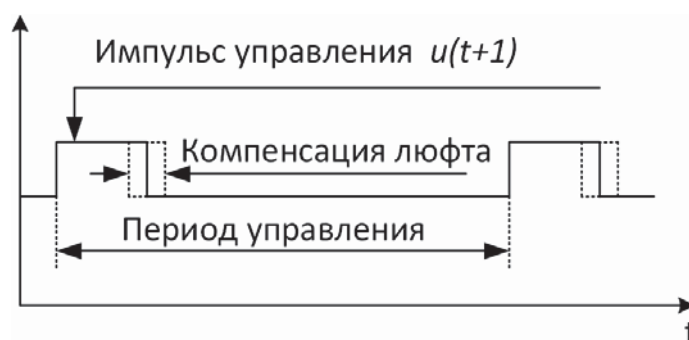


Рисунок 3 – Коррекция длительности управляющего импульса при компенсации люфта исполнительного механизма

Источник: разработано автором

При потере объектом управления связи с оператором, объект переходит в аварийный автономный режим и движется к точке старта для возобновления связи с оператором. В автономном режиме становится актуальной компенсация люфтов и ошибок позиционирования рулевых механизмов.

На объект воздействуют случайные аддитивные возмущения, которые не приводят к нарушению функционирования объекта (ложные тревоги), однако дестабилизируют регулятор и систему управления в целом.

Для уменьшения влияния случайных аддитивных возмущений на процесс регулирования необходимо введение статистического блока, который будет принимать решения (гипотезы) о значимости влияния случайного возмущения на объект управления.

Тем самым будут улучшены характеристики системы управления объектом за счет снижения количества ложных тревог, на которые реагирует ПИД – регулятор.

Статистический блок выполняет функцию принятия статистических гипотез H_0 и H_1 при изменении значения регулируемого параметра объекта управления.

В основу теории проверки статистических гипотез положен критерий отношения правдоподобия [5]:

$$L(r) = \prod_{k=r}^n \frac{p_1(y_k)}{p_0(y_k)}, \quad (2)$$

$$\text{где } p_i(y_k) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(y_k - \mu_i)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (i = 0,1).$$

Логарифмирование выражения (2) дает статистику критерия [5]:

$$L_n(r) = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma^2} \sum_{k=r}^n (u_k - \frac{\mu_1 + \mu_0}{2}) = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma^2} \sum_{k=r}^n (y_k - \mu_0 - \frac{\mu_1 - \mu_0}{2}) = \frac{1}{\sigma^2} S_r^n(\mu_0, \nu), \quad (3)$$

где r – момент изменения регулируемого параметра y ;

μ_0 – математическое ожидание значения регулируемого параметра y ;

μ_1 – математическое ожидание значения регулируемого параметра y при влиянии дестабилизирующих воздействий;

В этом случае, критерий для принятия гипотез имеет вид:

$$g_n = \max_r S_r^n(\mu_0, \nu) \begin{cases} H_1 > \lambda \\ H_0 < \lambda \end{cases}, \quad (4)$$

где λ – пороговое значение критерия для принятия гипотезы H_0 или H_1 ;

S – накопительная сумма.

Реализация системы управления объектом реализуется следующим алгоритмом:

- при незначительном уровне случайных аддитивных возмущений принимается гипотеза H_0 . ПИД-регулятор не реагирует на изменения значений датчиков, вызванных аддитивными возмущающими воздействиями.

- при продолжительных возмущающих воздействиях принимается гипотеза H_1 . В этом случае ПИД-регулятор осуществляет компенсацию ошибки отклонения e путем изменения длительности управляющего импульса, обнуляется накопительная сумма S и принимается гипотеза H_0 .

На рис. 4 представлена функциональная схема разработанной системы радиоуправления на стороне объекта управления.

Система управления на стороне объекта управления состоит из приемопередатчика, трех контроллеров MCU 1, MCU 2 и MCU 3, сервоприводов, рулевых механизмов и датчиков положения рулей.

Контроллер MCU 1 взаимодействует с приемопередатчиком посредством интерфейса UART, а с контроллером MCU 2 и MCU 3 посредством интерфейса SPI. Скорость интерфейса UART составляет 19,2 Кбод, а SPI - 3 Мбит/сек.

Контроллер MCU 1 выполняет следующие задачи:

- получает управляющие пакеты от передатчика по интерфейсу UART и передает данные телеметрии;
 - получает цифровые значения датчиков положения рулей от контроллера MCU 3 по интерфейсу SPI;
 - принимает статистические гипотезы H_0 или H_1 на основании значений датчиков положения, уровня и длительности аддитивных возмущающих воздействий и заданного порогового значения λ ;
 - формирует управляющие воздействия для каждого ПИД-регулятора сервоприводов;
 - передает сформированное управляющее воздействие контроллеру MCU 2.
- Контроллер MCU 2 выполняет задачи:
- получает управляющие воздействия от контроллера MCU 1;
 - осуществляет синхронное управление пулом сервоприводов объекта управления.

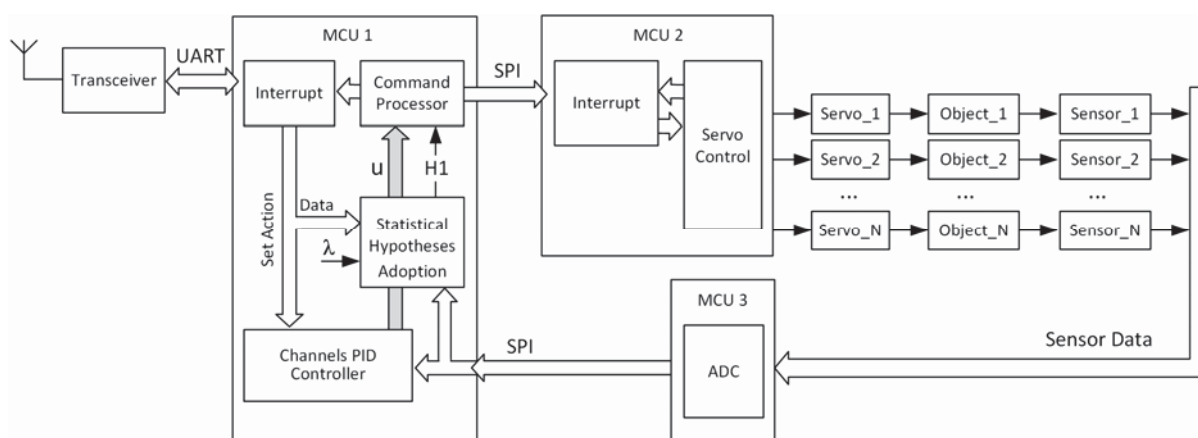


Рисунок 4 – Функциональная схема системы радиуправления на стороне объекта управления

Источник: разработано автором

Контроллер MCU 3 выполняет задачи:

- получает аналоговые данные от датчиков положения рулей;
- оцифровывает данные и передает их контроллеру MCU 1.

Временные диаграммы работы системы радиуправления на стороне объекта управления представлены на рис. 5.

Временные диаграммы, показывающие отсутствие влияния цикла приема управляющего воздействия на длительности цикла управления пулом сервоприводов объекта управления представлены на рис. 6.



Рисунок 5 – Временные диаграммы работы системы радиуправления на стороне объекта управления
 Источник: разработано автором

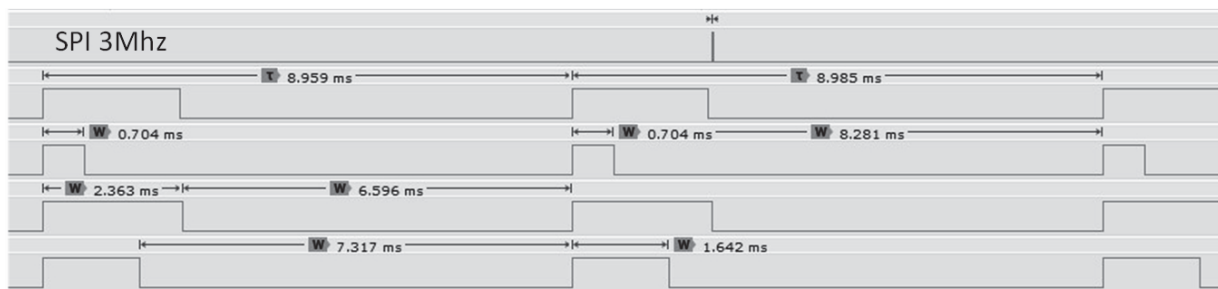


Рисунок 6 – Отсутствие влияния цикла приема управляющего воздействия на длительности цикла управления пулом сервоприводов
 Источник: разработано автором

Из рисунка следует, что время передачи управляющего воздействия контроллеру MCU 2 составляет около 0,03 ms и увеличивает длительность цикла управления сервоприводами с 8,959 ms до 8,985 ms, чем можно пренебречь.

Выводы. Использование статистических методов, в частности, критерия отношения правдоподобия для принятия статистических гипотез позволяет уменьшить воздействие случайных возмущений на ПИД – регулятор.

Реализация разработанной системы управления показала ее эффективность как при ручном управлении радиоуправляемым объектом, так и в автономном режиме при потере связи с объектом управления. Объект остается устойчивым и четко выполняет команды программы аварийного режима.

Регулятор осуществляет компенсацию люфтов и ошибок позиционирования рулевых механизмов в следующем цикле управления сервоприводами с задержкой 8 ms.

Созданная система управления радиоуправляемыми робототехническими объектами может служить базой для расширения их целевых функций.

Для дальнейшего улучшения качественных характеристик системы управления целесообразно исследовать возможность компенсации ошибок позиционирования рулевых механизмов в текущем цикле управления сервоприводами

Список літератури

1. Као Тиен Гуинь Нелинейное управление непрерывными процессами с запаздыванием : дис. д-ра техн. наук : 05.13.07 / Одесса, 1984. 372 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/nelineinoe-upravlenie-nepreryvnyimi-protsessami-s-zapazdyvaniem> (дата обращения: 02.11.2019).
2. Структура системы управления беспилотным летательным аппаратом. URL: <https://poznayka.org/s99419t1.html> (дата обращения: 06.11.2019)
3. Архипкин А.В. Аппаратура передачи данных для комплекса с БЛА легкого класса. *Сборник докладов и статей по материалам II-й научно-практической конференции. Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами.* 2017. Коломна. С. 29-34. URL: <https://stat.mil.ru/files/morf/Sbornik-konferencii-2017.pdf> (дата обращения: 10.11.2019).
4. Андреев В.Л., Иванов Р.В., Козлов Е.Б., Потупчик С.Г., Соколов П.В. Системы управления малоразмерными дистанционно пилотируемыми самолетами. *Известия высших учебных заведений. Приборостроение.* 2011. Т. 54. № 8. С. 48-57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-upravleniya-malorazmernymi-distantsionno-pilotiruemymi-samoletami/viewer> (дата обращения: 11.11.2019).
5. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем / Бассвиль, А. и др. / пер. с англ. И. Б. Вильховченко. Москва : Мир, 1989. 278 с.

Referencis

1. Kao Tiyen Guin'. (1984). Nelineynoye upravleniye nepreryvnyimi protsessami s zapazdyvaniyem [Non-linear control of continuous processes with delay]: 05.13.07. *Doctor's thesis.* Odessa. *dissercat.com*. Retrieved from <https://www.dissercat.com/content/nelineinoe-upravlenie-nepreryvnyimi-protsessami-s-zapazdyvaniem> [in Russian].
2. Struktura sistemy upravleniya bespilotnym letatel'nyim apparatom [The Unmanned Aerial Vehicle Control System Structure]. (n.d.). *poznayka.org*. Retrieved from <https://poznayka.org/s99419t1.html> [in Russian].
3. Arkhipkin A.V. (2017) Apparatura peredachi dannykh dlya kompleksa s BLA legkogo klassa [Data transmission equipment for a complex with a light UAV]. *Perspektivy razvitiya i primeneniya kompleksov s bespilotnymi letatel'nyimi apparatami '17: Sbornik dokladov i statey po materialam II-y nauchno-prakticheskoy konferentsii - Prospects for the development and use of complexes with unmanned aerial vehicles '17: Collection of reports and articles based on the materials of the 2nd scientific and practical conference.* (pp. 29-34.). Kolomna. Retrieved from <https://stat.mil.ru/files/morf/Sbornik-konferencii-2017.pdf> [in Russian].
4. Andreyev, V.L., Ivanov, R.V., Kozlov, Ye.B., Potupchik, S.G.& Sokolov, P.V. (2011). Sistemy upravleniya malorazmernymi distantsionno pilotiruyemyimi samoletami [Control systems for small remotely piloted aircraft]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroyeniye - News of higher educational institutions. Instrument making. Vol 54. No. 8.* 48-57. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-upravleniya-malorazmernymi-distantsionno-pilotiruemymi-samoletami/viewer> [in Russian].
5. Basseville, M., Willsky, A., Banveniste, A., Deshayes, J., Picard, D., Nikiforov, I. et al. (1989) *Obnaruzheniye izmeneniya svoystv signalov i dinamicheskikh sistem [Detection of abrupt changes in signals and dynamical systems]* (I. B. Vilkhovchenko, Trans). Moscow: Mir. [in Russian].

Volodymyr Smirnov, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Natalia Smirnova**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

The Statistical Methods Using In The Robotic Object Radio Control System

The purpose of the article is to improve the characteristics a radio-controlled object servo drive pool control system in case of communication loss and solve the problems: reduce the transmission time of the driving influence to the object control system, the influence compensate for random disturbances and actuators backlash on the control object based on mathematical statistics methods.

The article describes the radio-controlled object control system implementation. It is shown that the operator acts as a regulator. The problems that arise when the connection between the control object and the operator are lost are considered. The influence of random disturbing on the control object is considered. The use

of statistical methods in the facility control system is proposed. A statistical method is used that implements the statistical hypotheses theory acceptance. As a hypotheses criterion for the adoption, a likelihood ratio criterion was used. It is shown that in the autonomous mode it is necessary to compensate for backlash and random disturbances. The functional diagram of the control system is developed. The architecture of the control program is developed. The cycle of obtaining the driving action and the control cycle of servos are divided. Reduced response time of the system to a change in the set action value. The receiving cycle the master action has a duration of 0.03 ms. The servo control cycle has a value from 8 ms.

Implementation of the developed servo pool management system has shown the effectiveness of the selected architecture for creating software and hardware for radio-controlled robotic systems. Solved tasks to reduce the transmission time of the master object exposure control system to minimize the influence of the time delay cycle master receiving the impact on the duration and servo control loop is provided a synchronous servo control pool.

control system, servo, backlash, object, statistical hypothesis

Одержано (Received) 25.11.2019

Прорецензовано (Reviewed) 10.12.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019

УДК 004.4'23:004.057.5 DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2\(33\).208-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2(33).208-213)

Nikita Shevtsiv, Graduate Student, **Dmitriy Shvets**, Senior Lecturer, **Nadezhda Karabut**, Senior Lecturer

Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

e-mail: i.am.dmitriy.shvets@gmail.com

Prospects for Using React Native for Developing Cross-platform Mobile Applications

The article is devoted to the study of determining the best methods and tools for cross-platform development of mobile applications, allowing to accelerate the process of writing application program code. The analysis of the existing technologies used to write mobile applications is carried out, their advantages and disadvantages are considered. The nuances of using the React Native framework, the mechanism of its work, the advantages of working with it are described. The data on the interest of developers in the React Native framework, search trends, the number of downloads of its installation package have analyzed.

React Native, framework, Android, iOS, mobile application, development

Н. А. Шевцов, магистрант, **Д. В. Швец**, ст. препод., **Н. А. Карабут**, ст. препод.

Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог, Украина

Перспективы применения React Native для разработки кроссплатформенных мобильных приложений

Статья посвящена исследованию вопроса определения оптимальных методов и инструментальных средств кроссплатформенной разработки мобильных приложений, позволяющих ускорить процесс написания программного кода приложения. Проведен анализ существующих на сегодняшний день технологий, используемых для написания мобильных приложений, рассмотрены их преимущества и недостатки. Описаны нюансы использования фреймворка React Native, механизм его работы, преимущества работы с ним. Проанализированы данные о заинтересованности разработчиков во фреймворке React Native, поисковых трендах, количестве скачиваний его установочного пакета.

React Native, фреймворк, Android, iOS, мобильное приложение, разработка