

May 12, 2024

To whom it may concern

Review on Mr. Nursultan Doszhan's Ph.D. Dissertation

Thesis: Development of Motion Control Algorithms for Satellites in Formation

This thesis addresses the formation flying control of four Earth observation satellites in geostationary orbit (GEO). The formation, consisting of three mirror satellites and one mother satellite with optical receptors, creates a synthetic aperture telescope for high-resolution Earth imaging. Positioned in GEO, this configuration offers both high spatial and temporal resolution, enabling continuous disaster monitoring.

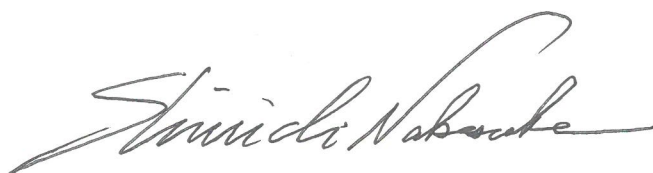
The University of Tokyo initially proposed this concept to monitor forest fires in Australia, with various technologies developed to enhance optical performance. However, precise control algorithms for maintaining the satellites' relative positions with ultra-high accuracy (such as micrometer-level) remain underexplored.

This research evaluates six control algorithms for maintaining the satellites' relative positions in a tetrahedral formation using thrusters. The algorithms compared include two types of root location methods, Linear Quadratic Regulator (LQR), H-infinity, H_2 , and a combined H-infinity/ H_2 control algorithm. Simulations indicate that the combined H-infinity/ H_2 algorithm offers the best performance.

To implement these control algorithms, a solution to a mathematical model of the relative motion of satellite formations was derived using analytical and numerical methods from differential equations theory. This model considers disturbances such as Earth's inhomogeneous gravitational field, the gravitational pull of the Moon and Sun, and solar radiation pressure, based on the Hill-Clohessy-Wiltshire, Lawden, and Sedwick-Schweigard models.

This thesis contributes significantly to the field of formation flying research. I recommend Mr. Nursultan Doszhan's Ph.D. thesis for defense to earn the Doctor of Philosophy degree (Ph.D.).

Sincerely Yours,



Shinichi Nakasuka, Professor, Ph.D.

Department of Aeronautics and Astronautics University
of Tokyo, TEL+81-3-5841-6590 FAX+81-3-5841-8560
nakasuka@space.t.u-tokyo.ac.jp

Май 12, 2024

Для предъявления по месту требования

Отзыв на Ph.D. диссертацию Нурсултана Досжана

Тема: Разработка алгоритмов управления движением спутников в группировке

Эта диссертация посвящена управлению полетом четырех спутников наблюдения Земли на геостационарной орбите (ГСО). Группировка, состоящая из трех зеркальных спутников и одного материнского спутника с оптическими приемниками, создает синтетический апертурный телескоп для получения высокоразрешенных изображений Земли. Расположенная в ГСО, эта конфигурация обеспечивает как высокое пространственное, так и временное разрешение, позволяя непрерывно мониторить стихийные бедствия.

Токийский университет изначально предложил этот концепт для мониторинга лесных пожаров в Австралии, разработав различные технологии для улучшения оптической производительности. Однако точные алгоритмы управления для поддержания относительных позиций спутников с ультра-высокой точностью (на уровне микрометров) остаются малоизученными.

В этом исследовании оцениваются шесть алгоритмов управления для поддержания относительных позиций спутников в тетраэдральной группировке с использованием двигателей. Сравниваются два типа методов корней, линейный квадратичный регулятор (LQR), H-бесконечность, H_2 и комбинированный алгоритм H-бесконечность/ H_2 . Моделирование показывает, что комбинированный алгоритм H-бесконечность/ H_2 демонстрирует наилучшую производительность.

Для реализации этих алгоритмов управления было получено решение математической модели относительного движения спутниковой группировки с использованием аналитических и численных методов теории дифференциальных уравнений. Эта модель учитывает такие возмущения, как неоднородное гравитационное поле Земли, гравитационное воздействие Луны и Солнца, а также давление солнечного излучения, основанные на моделях Хилла-Клохесси-Уилтшира, Лоудена и Седвика-Швайгарда.

Эта диссертация вносит значительный вклад в область исследований управления движением в группировке. Я рекомендую диссертацию Нурсултана Досжана к защите на соискание ученой степени доктора философии (Ph.D.).

С уважением,

/подпись имеется/

Шиничи Накасука, профессор, PhD

Кафедра аэронавтики и астронавтики, Университет

Токио Тел.: +81-3-5841-6590 Факс: +81-3-5841-8560

nakasuka@space.t.u-tokyo.ac.jp