

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
SUMY STATE UNIVERSITY  
UKRAINIAN FEDERATION OF INFORMATICS**

## **PROCEEDINGS**

**OF THE IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC  
CONFERENCE**

**ADVANCED INFORMATION  
SYSTEMS AND TECHNOLOGIES**

**AIST-2016**



**May 25 –27, 2016  
Sumy, Ukraine**

# Hardware and Software Approach to Control Streamlined Surface of Aircraft

Serhii Tovkach

National Aviation University, Ukraine, ss.tovkach@gmail.com

**Abstract.** *The problem of microelectromechanical systems (MEMS) development for near-wall turbulent flow control has been considered. Complex solution based on MEMS and graphic processing platform NVIDIA Jetson TK1 has been proposed that demonstrates the development of powerful embedded application to process the stream of data from the streamlined surface. It will help to reach better maneuverability, increase the range of aircraft payload capability by reducing the turbulent drag due to control system that includes combination of on-chip information modules, sensors and actuators.*

**Keywords.** *Turbulent Flow, Microelectromechanical Systems, Graphic Processing Unit, Mathematical Model, Energy Saving.*

## ВСТУП

В аеродинаміці приділяється велика увага розробці методів управління потоком в примежовому шарі і засобів зменшення турбулентного опору.

Основними складовими повного опору при наборі висоти і крейсерському режимі польоту, на подолання якого витрачається до 90% споживаного палива дозвукового транспортного літака, є опори: тертя, індуктивний, хвильовий, обумовлений інтерференцією і викликаний нерівностями. Неважко помітити, що роль перших двох складових в діапазоні навколосвукових швидкостей досягає відповідно близько 48 і 37% повного опору сучасного дозвукового магістрального пасажирського літака [1]. Для підводних човнів і торпед роль цієї величини зростає до 65-70% [2]. Звідси ясно, що зменшення опору тертя літального апарату та інших рухомих тіл представляє собою один з найбільш великих резервів економії енергоресурсів.

До одного із можливих способів керування течією можна віднести управління на основі мікроелектромеханічних систем (MEMS), що

дозволить створити інтегровану систему управління за рахунок поєднання на одному кристалі інформаційно-керуючих, сенсорних і виконавчих модулів.

Створення та практична реалізація принципово нової стратегії інтерактивного управління турбулентними течіями і ставить нові наукові та інженерні завдання щодо розподіленого управління на основі MEMS динамікою взаємодії вихрових структур турбулентного потоку як між собою, так і з осередненою течією та поверхнею в режимі реального часу, дослідження можливостей узгодження та оптимізації функціонування масиву структурних елементів MEMS залежно від властивостей потоку і вивчення явищ реакції турбулентної течії та особливостей генерації та еволюції вихрової структури турбулентності за умов обтікання чутливих до різномасштабних збурень поверхонь різної форми.

## MEMS ЯК СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТУРБУЛЕНТНИМ ПОТОКОМ

На сьогоднішній день розподілене управління на основі MEMS потребує значних обчислювальних потужностей комп'ютерної техніки. Такі системи можуть бути реалізовані в різноманітних методологічних базисах та на різноманітній елементній базі, але найбільшого поширення одержали паралельні технології.

З точки зору багатопоточного програмування, багатопроцесорні (багатоядерні) системи вважаються симетричними (SMP – symmetric multiprocessing): кожен потік має доступ до усієї віртуальної пам'яті; час доступу не залежить від адреси. Для того, щоб прискорити виконання програми достатньо:

створити потоки, надати потокам наскільки можливо незалежну роботу; система завантажить різні процесори виконанням різних потоків автоматично.

Перед виконанням програми її константи завантажуються у глобальний кеш констант. Після цього спеціальний диспетчер виділяє певній програмі певну кількість SIMD-блоків, на яких вона буде виконуватися. Ядра у SIMD-блоці розділяють потік інструкцій. Кожне ядро одночасно може обробляти декілька потоків, кількість яких обмежена лише розміром локальної пам'яті ядра. Маскування затримки при зчитуванні з глобальної пам'яті відбувається при одночасному розміщенні даних у пам'яті та почерговому виконанні інструкцій з цих потоків.

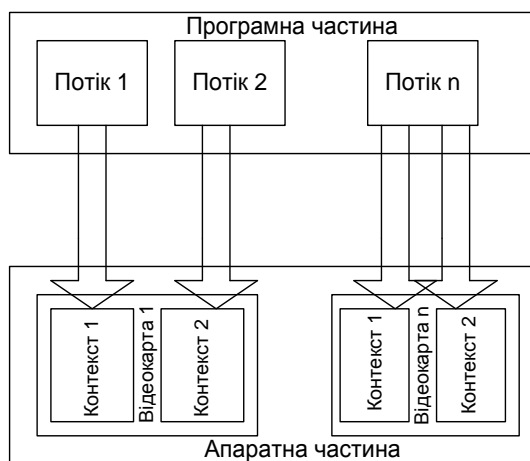


Рисунок 1 – Модель програмування Graphic Processing Unit

На рис. 1 показано узагальнену модель програмування GPU (Graphic Processing Unit). Сучасні платформи API (Application Programming Interface) для програмування GPU підтримують можливість використання декількох відеоадаптерів у межах однієї системи – SLI у NVidia, Crossfire/CrossfireX у AMD/ATI.

Але, через появу так властивостей як, компактність приладів, зростання обчислювальних можливостей, маса та рівень енергоспоживання, виникає необхідність у створенні MEMS на основі платформи NVIDIA Jetson TK1, яка побудована на процесорі Tegra K1, першому мобільному

процесорі з підтримкою технології CUDA [3]. Tegra K1 містить 192 програмованих ядра, що забезпечує 300 Гфлопс обчислювальної потужності. Ці ядра побудовані на архітектурі Kepler, яка знаходиться в основі найшвидших у світі суперкомп'ютерів.

Поєднання архітектури Kepler і підтримки технології CUDA роблять Jetson TK1 відмінним рішенням для розробки MEMS розподіленого керування турбулентним потоком. Ще однією необхідною особливістю запропонованої платформи є представлення даних, тобто їх візуалізація для коректного налаштування виконавчих механізмів MEMS: розрахунок параметрів потоку, представлення даних (фільтрація; рендеринг з допомогою OpenGL, Ray Tracer, Volume Renders; композитинг), доставка необхідних пакетів.

## ВИСНОВКИ

В ході проведеного аналізу методу зменшення опору тертя обтічної поверхні літального апарату на основі MEMS визначено необхідні програмно-апаратні підходи до побудови систем керування примежового шару турбулентного потоку.

В поєднанні з MEMS-сенсорами тиску (висока роздільна здатність вимірювання), MEMS-актуаторами, а також розробці алгоритмів та програмної реалізації математичних моделей турбулентного потоку дозволить побудувати потужну систему чисельного аналізу морфології поверхні, що в свою чергу призведе до зменшення енергоспоживання досліджуваного об'єкту та збільшення конкурентоспроможності літального апарату.

## REFERENCES

- [1] Kornilov V.I. Problems of reduction turbulent friction by active and passive methods // Thermophysics and Aeromechanics / V.I. Kornilov. – 2005. - № 2. – 208 p.
- [2] Rpyk Ye.U. Control of level turbulent flow / Ye. U. Rpyk, Yu. P. Sosedko. – M.: Physical and mathematical literature, 2002. – 244 p.
- [3] Kalgyn K. Cuda: accelerate. Parallel technology / K. Kalgyn. – Linux Format, 2013. – P. 86-89.