

# Параллельные вычисления на суперкомпьютере для модели специализированного ГНСС приемника определения азимута

Д.В. Корнилин<sup>а</sup>, И.А. Кудрявцев<sup>а</sup>, С.В. Шафран<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, 443086, Московское шоссе, 34, Самара, Россия

---

## Аннотация

Основной задачей обработки сигналов навигационных приемников является повышение точности позиционирования. Фазовые измерения позволяют повысить точность, однако они имеют интервалы неоднозначности. Для разрешения неоднозначности необходимо вычислить количество длин волн, укладывающихся в расстояние между приемником и навигационным спутником. Для этого возможно использовать перебор по каждому видимому навигационному спутнику, что создает большое количество вариантов. Каждая итерация перебора состоит из применения набора коррекции для спутников и вычисления выходного параметра специализированного приемника и метрики ошибки. Поскольку итерации являются независимыми, они могут быть вычислены с использованием параллельных вычислений. В данной работе приводятся результаты расчетов на суперкомпьютере "Сергей Королев" для навигационного приемника с целью определения азимута.

*Ключевые слова:* навигационный приемник; суперкомпьютер; определение азимута; разрешение неоднозначности; перебор

---

## 1. Введение

В современных системах ориентации все чаще применяются устройства на основе глобальных спутниковых навигационных систем. Применение специализированных алгоритмов и вовлечение дополнительных радиоизмерений, таких как фаза несущей частоты, позволяет повысить точность решения навигационной задачи [1]. Однако вовлечение фазовых измерений требует разрешения неоднозначностей, связанных с малой длиной волны несущего колебания.

Большинство методов основывается на оценке параметров для разрешения неоднозначностей, так как полный перебор связан с обработкой большого числа вариантов. Определение погрешности оценки зачастую связано с перебором также большого числа вариантов, что может быть решено с применением параллельных вычислений.

## 2. Методы исследования

Объектом данной работы является специализированный спутниковый навигационный приемник для высокоточного определения азимута, который может быть использован для определения курса самолета, и метод повышения точностных характеристик приемника путем более точного разрешения неоднозначности фазовых измерений с применением параллельных вычислений и суперкомпьютерных технологий.

В качестве исходных данных использовалась запись со спутниковых навигационных приемников Javad Delta3, содержащую псевдодальностные и фазовые измерения в формате RINEX. Измерения поступали с частотой 1 Гц.

Модель радиокompаса производит обработку данных итерационно, каждая итерация не зависит от предыдущей, иными словами модель не имеет памяти. Для разрешения неоднозначности фазовых измерений применяется параметр целое количество длин волн между спутником и навигационным приемником. Для оценки этого параметра использовался самый простой алгоритм – усреднение и округление псевдодальности на протяжении первых 200 отсчетов данных.

В алгоритм работы спутникового радиокompаса были внесены следующие изменения: после вычисления целого количества длин волн между спутником и навигационным приемником запускается алгоритм коррекций, который производит перебор по всем видимым спутникам [2] и диапазоны коррекций  $\pm 5$  с шагом 1. При 10 видимых спутниках необходимо выполнить перебор по  $10^{10}$  вариантам. После применения каждой коррекции производится расчет азимута. Для получения метрики правомерности коррекции производится перебор по набору видимых спутников с последовательным исключением одного спутника из набора и вычислением азимута. Чем точнее вычислено целое количество длин волн между спутником и навигационным приемником, тем меньше будет девиации вычисленного азимута для набора. За действительную принимается коррекция с минимальной девиацией азимута по всем возможным вариантам коррекции.

Так как в алгоритме перебора по набору коррекций используются одни и те же данные и один и тот же набор операций, для ускорения вычислений целесообразно применить параллельные вычисления.

Модель вычислений была реализована на практике на 12 узлах суперкомпьютера «Сергей Королев» Самарского университета.

### 3. Результаты и их оценка

Скрипт запуска программы на суперкомпьютере выглядит следующим образом.

```
N reading
Header size is 5
Readed 39 records
O header reading
Header size is 23
Find in file:
G: C1C L1C D1C S1C
R: C1C L1C D1C S1C
S: C1C L1C D1C S1C
O header reading
Header size is 23
Find in file:
G: C1C L1C D1C S1C
R: C1C L1C D1C S1C
S: C1C L1C D1C S1C
Epoch Time1 : 356400
Epoch Time2 : 356400
Min_jump 1.0522
2 2
5 -5
6 4
25 -1
29 -5
31 -1
Base difference (de,dn,du) -0.16001 0.047896 -1.8544
Base norm 1.8619
Stitch at 795
Mean iteration 0.63633 s
```

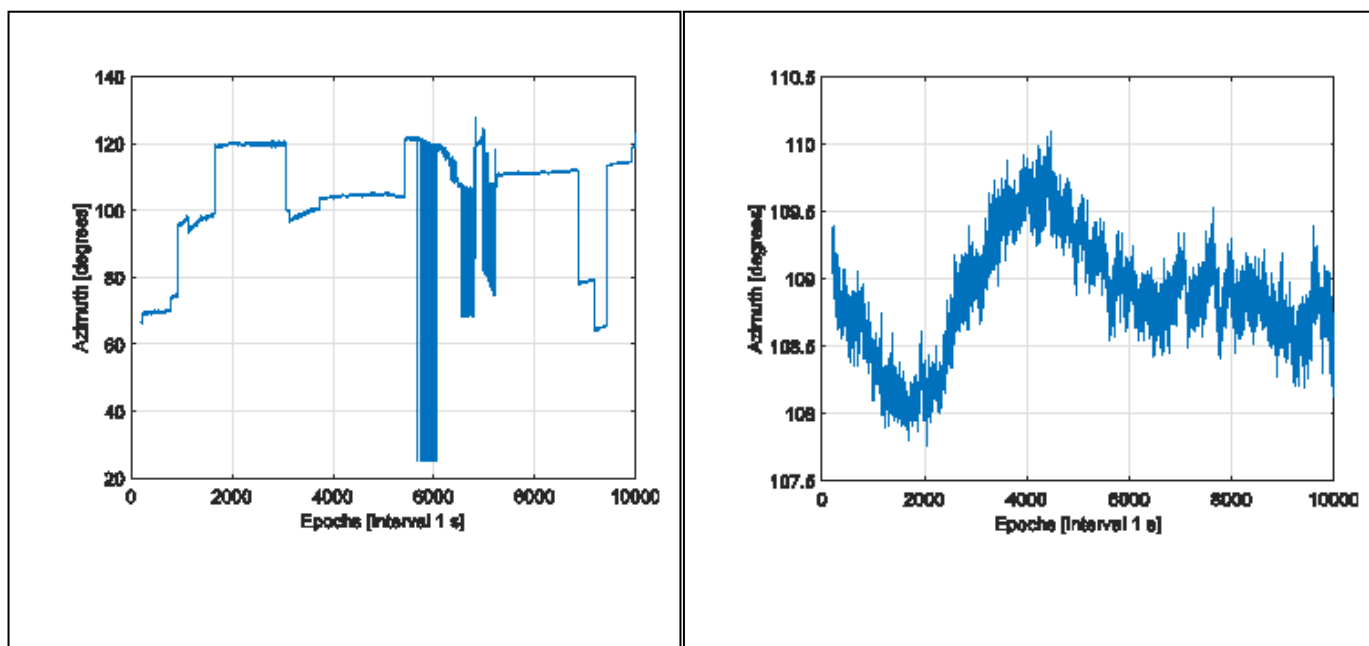


Рис. 1. Азимут, вычисленный на основе созданной модели до применения коррекций (слева) и после применения коррекций (справа).

Результат работы программы представлен на рис.1. На нем для сравнения также приведен азимут, вычисленный до применения коррекций. Очевидно, что флуктуации значения азимута существенны. Таким образом, применение коррекций к оценке целого количества длин волн между спутником и навигационным приемником позволило повысить точность определения азимута, уменьшило скачки при появлении новых навигационных спутников в зоне видимости или их ухода из зоны видимости, а также позволило произвести коррекции алгоритма оценки.

Поскольку желательно получение азимута в псевдореальном времени, необходимость применения параллельной обработки оправдана. Что касается ускорения вычислений, то на компьютере i7, 3.20 ГГц, с использованием только одного потока при переборе в диапазоне  $\pm 2$  необходим примерно час времени. На суперкомпьютере Сергей Королев

перебор по диапазону  $\pm 5$  на 12 узлах занимал порядка 10 минут. Следует отметить, что возможности распараллеливания не ограничиваются 12 узлами, которые были использованы лишь для демонстрации возможностей распараллеливания. В дальнейшем в планах повысить количество задействованных ядер и еще увеличить производительность.

#### **4. Заключение**

Показана возможность получения выигрыша при параллельных вычислениях для определения азимута специализированного навигационного приемника. Приведены графики, иллюстрирующие корректную работу алгоритма в целом, а также данные, показывающие целесообразность применения параллельной обработки.

#### **Литература**

- [1] Borre, K.A Software-Defined GPS and Galileo Receiver / K. Borre, D. Akos. – Boston: Birkhauser, 2007. – 189 p.
- [2] Шафран, С.В. Поиск сигналов спутниковых навигационных систем // Международная молодежная научная конференция "XIII Королевские чтения" , 6-8 октября 2015 г., Самара, СГАУ, 2015 г., – С. 55-56.