

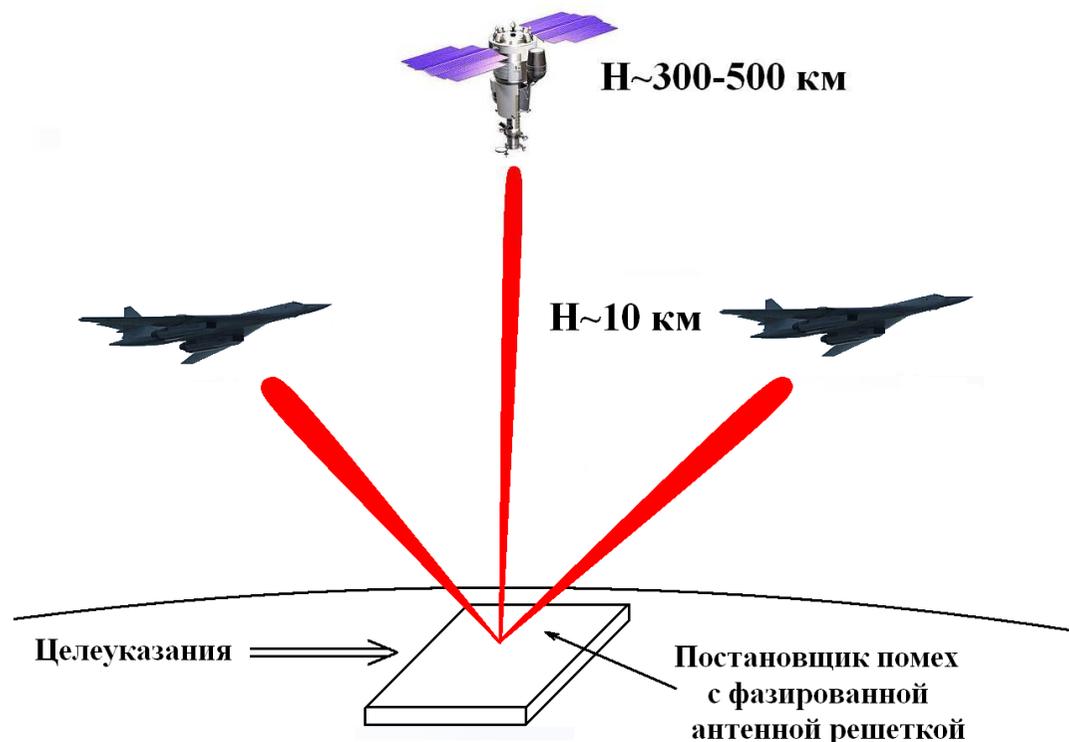
Синтез эталонных изображений в построителях местной вертикали высокой точности и в навигационных системах на основе визирования линии горизонта

Гришин В. А.

Учреждение Российской академии наук
Институт космических исследований РАН

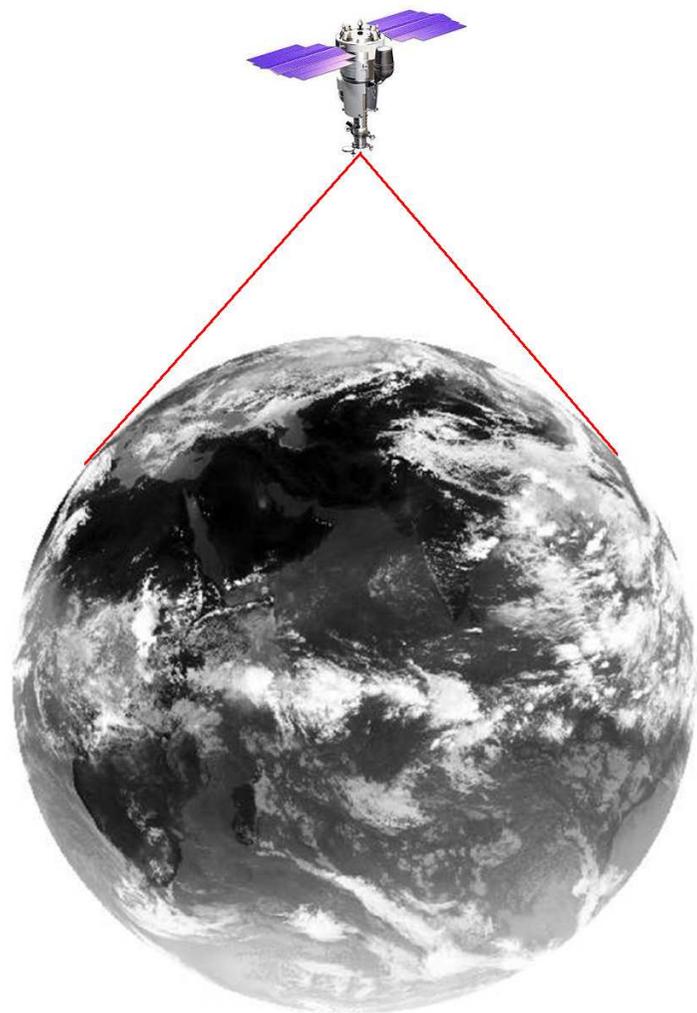
Селективное подавление GPS/ГЛОНАСС маскирующими помехами

✿ Н~20000 км ✿
Навигационные спутники GPS / ГЛОНАСС ✿



Потеря американцами БПЛА RQ-170 - подавление GPS имитирующими помехами (!?!)

Построение местной вертикали для низкоорбитальных спутников



Информация о профиле поверхности Земли позволяет построить более точную вертикаль (сейчас точность 1-10')

Точность профилометрической информации по разным оценкам сильно различается. СКО лежит в интервале 1-20 м, систематическая ошибка - 1-50 м. Для Луны и Марса точность хуже.

Проблемы:

- Возможность наблюдения линии горизонта (**облака, аэрозоли**).
- **Атмосферная рефракция** (коррекция по данным прогнозов)

Навигация летательных аппаратов

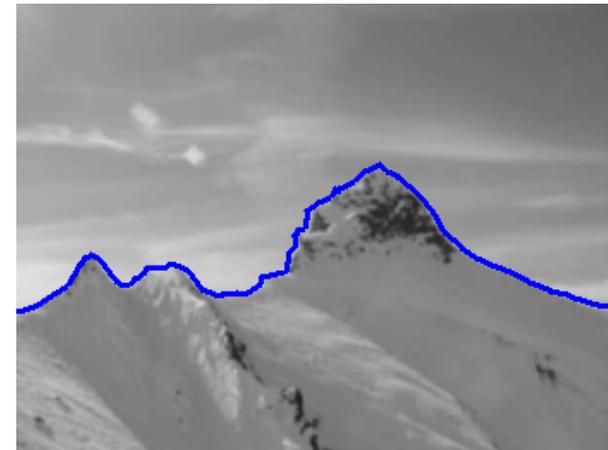


Два режима использования:

- Совместно со звездным датчиком в качестве измерителя местной вертикали.
- Без звездного датчика в качестве корреляционно-экстремальной навигационной системы.

Фрагмент видимой линии горизонта.

Форма линии горизонта позволяет определять текущие координаты.



Home > Defense Executive > DARPA pushes forward with navigation sensor fusion initiative to reduce dependence on GPS

Unmatched Service and Quality

New and available for...

AEROFLEX
PC5503B-5
Oxide Precision
Current Source

API
Advanced Photonix, Inc.
Custom Optoelectronic
Designs & Assemblies
Space Qualified
Military Standards
ISO-9001 Certified

RENAISSANCE ELECTRONICS CORPORATION
hxi
Components and Integrated Assemblies

GH Series
Space Qualified
DC-DC Converters
Class K Hybrid

DARPA pushes forward with navigation sensor fusion initiative to reduce dependence on GPS

June 17, 2012



Posted by John Keller

ARLINGTON, Va., 17 June 2012. Navigation and guidance experts at the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) in Arlington, Va., are asking industry to develop a prototype system for land, sea, and airborne applications that can accept inputs from several kinds of navigation sensors so that warfighters can maintain navigation capability with or without Global Positioning System (GPS) satellite navigation.

DARPA released a broad agency announcement (DARPA-BAA-12-45) last week for the second phase of the All Source

Positioning and Navigation (ASPN) program, which seeks to develop algorithms and a prototype sensor-fusion system to enable low cost navigation for military users on any operational platform and in any environment, with or without GPS.

Hybricon® Development Chassis
Quick Start Kits - IN STOCK NOW

RME9CC
OF-SMART6

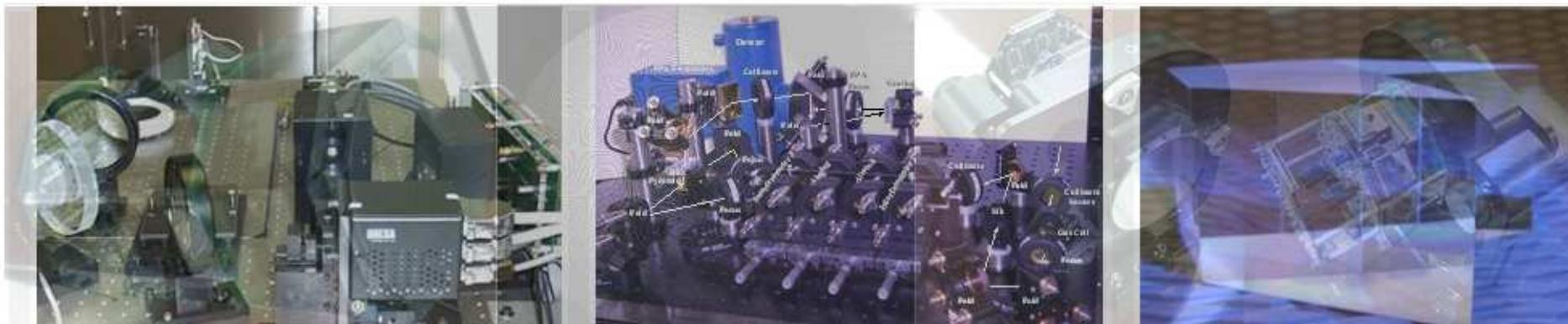
CURTISS WRIGHT Controls
Defense Solutions
www.cwcdefense.com

kontron
» ApexVX «
Learn more

Integrating all of this into THIS!

Multi-Mix® Multi Layer Technology
CRANE Microwave Solutions
Innovation through Integration™

Uses two FIPS 140-2 certified VPX3 Flash Storage Modules (FSM)



Navigation Application

Current airborne platforms rely on double or triple redundant INS/GPS (inertial navigation system / global positioning system) devices for navigation as well as tracking and targeting.



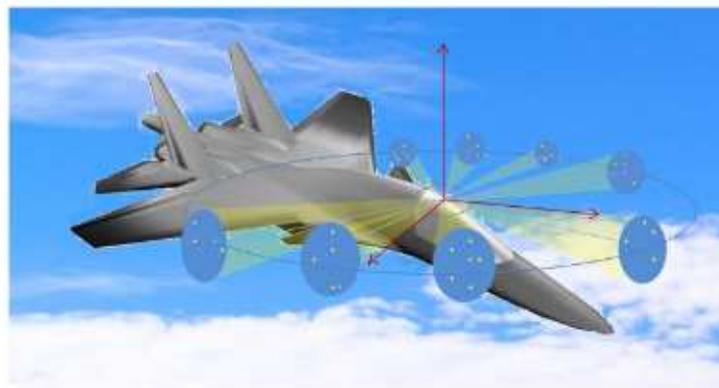
If GPS becomes unavailable for any reason, the INS component of INS/GPS systems accumulates errors which degrade the accuracy of the system output. The longer

Optical Celestial Navigation System

Celestial navigation is a centuries-old method whereby angles between objects in the sky (celestial objects) and the horizon are used to locate one's position on the globe. Celestial navigation in the past required a sextant, an almanac, and an accurate clock.

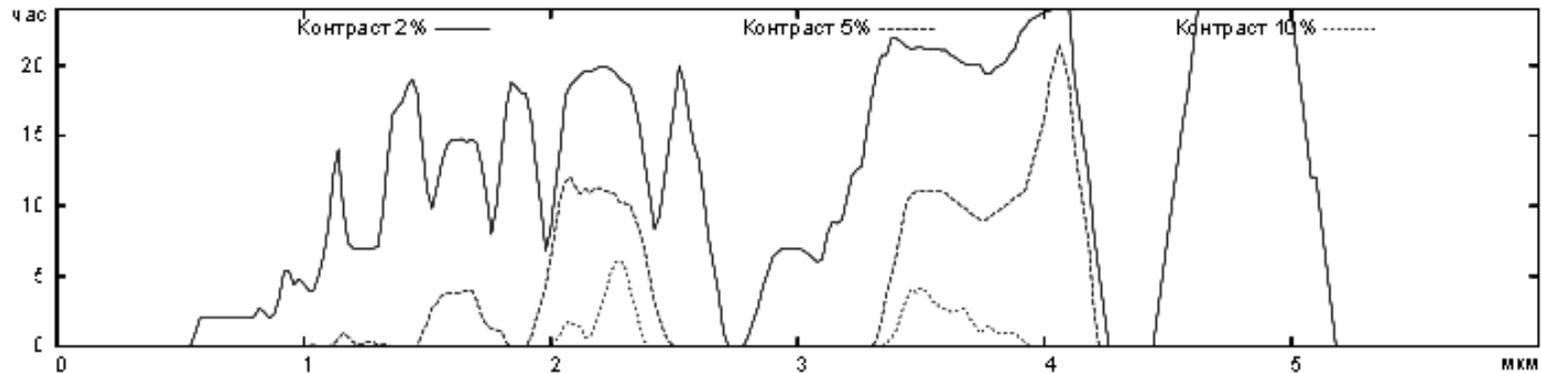
Optical Physics Company (OPC) has been building a modern day optical celestial navigation system (OCNS) using OPC's interferometric star tracker which is far more accurate and reliable than a sextant. OCNS is a much needed back-up for current navigation and targeting instruments that rely heavily on GPS.

OPC's OCNS uses two or more star trackers to measure the star positions. An accurate horizon sensor is included which enables a complete geolocation capability without any a priori information.

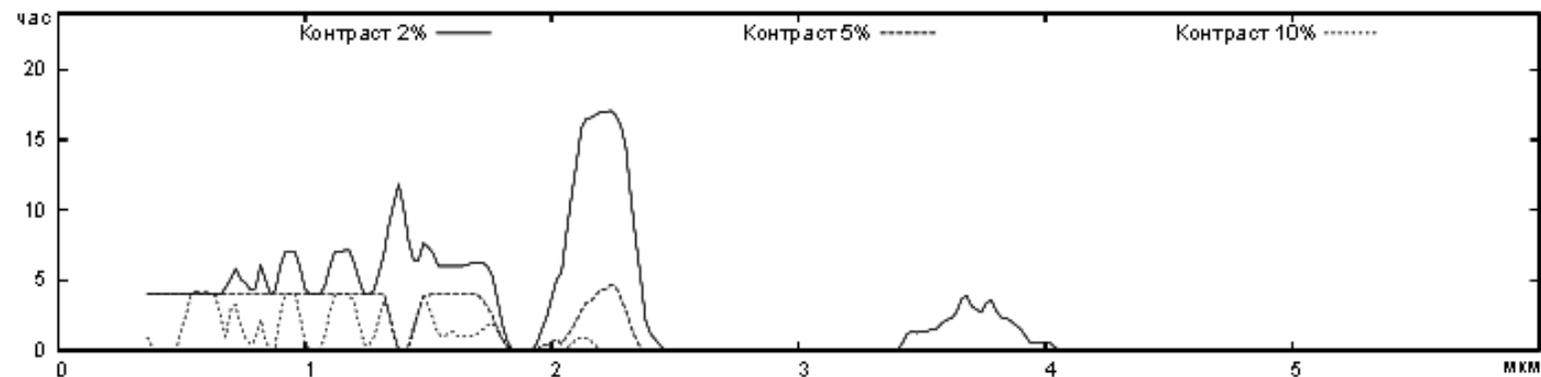


Контраст линии горизонта на разных высотах

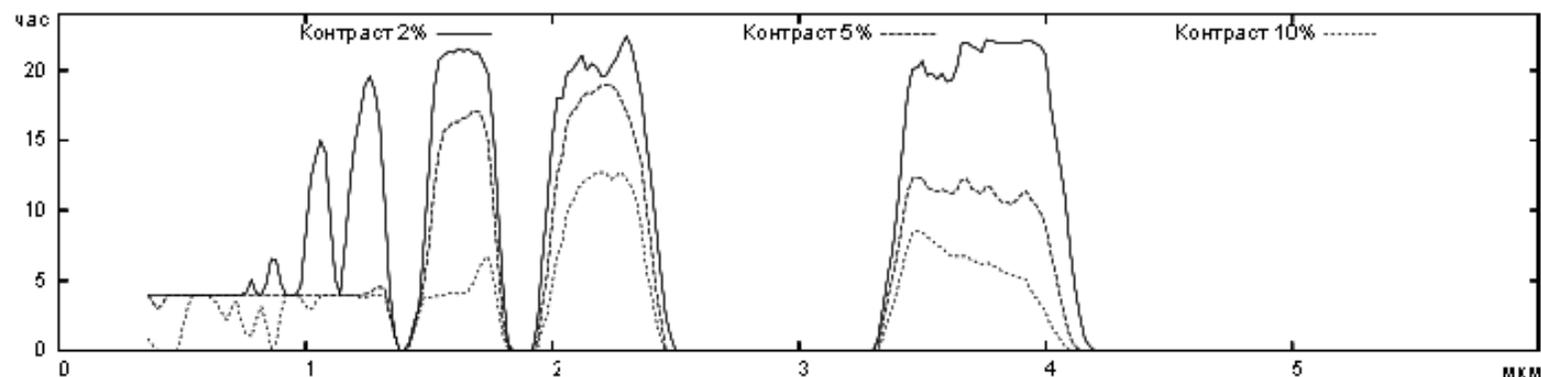
300 км



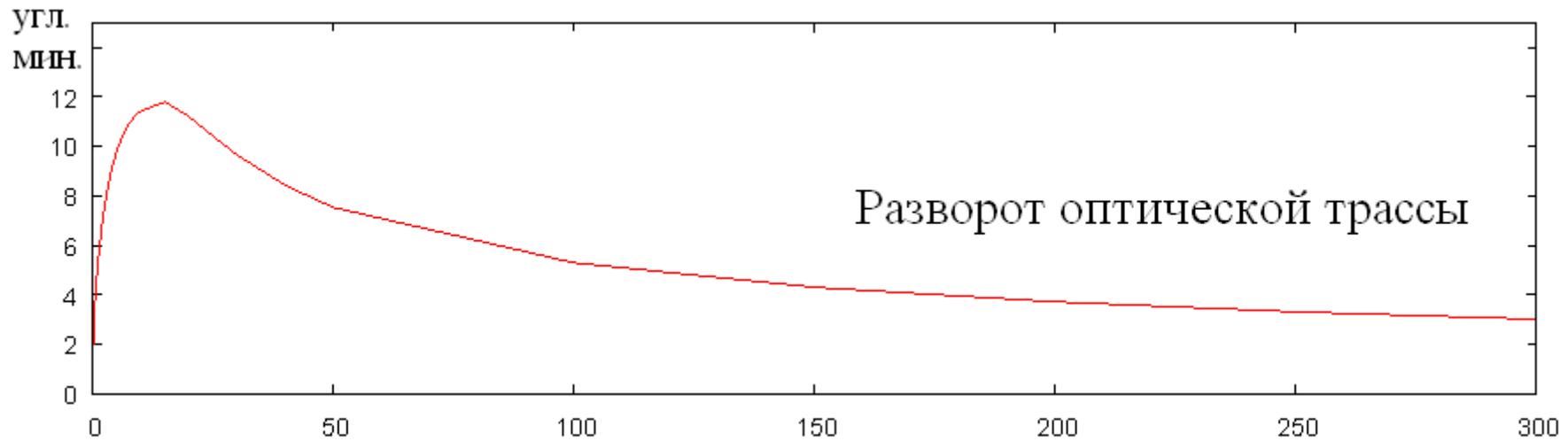
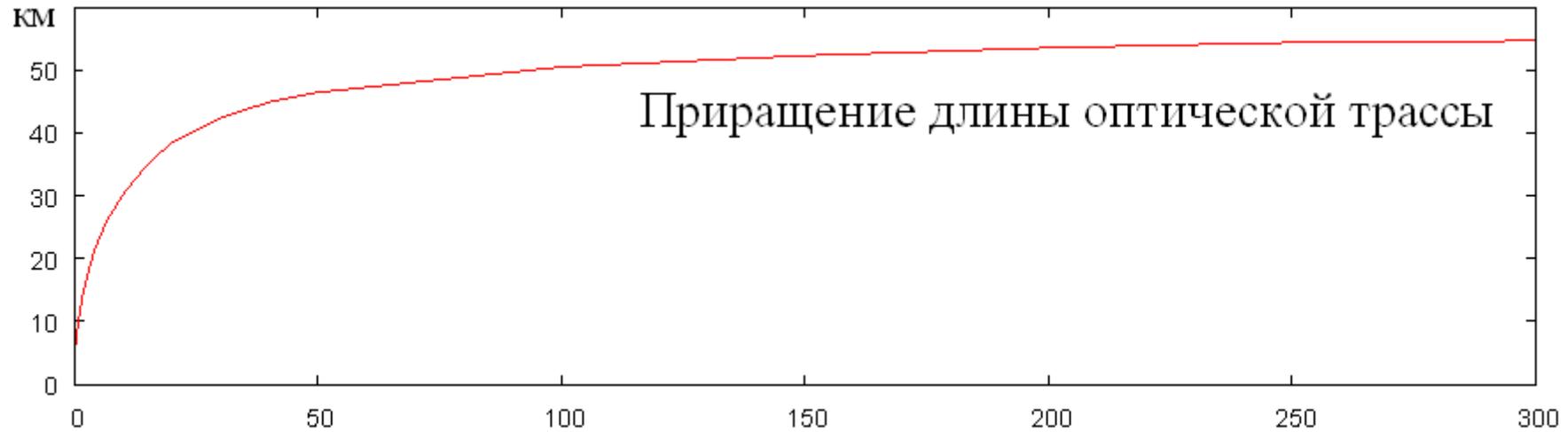
1 км



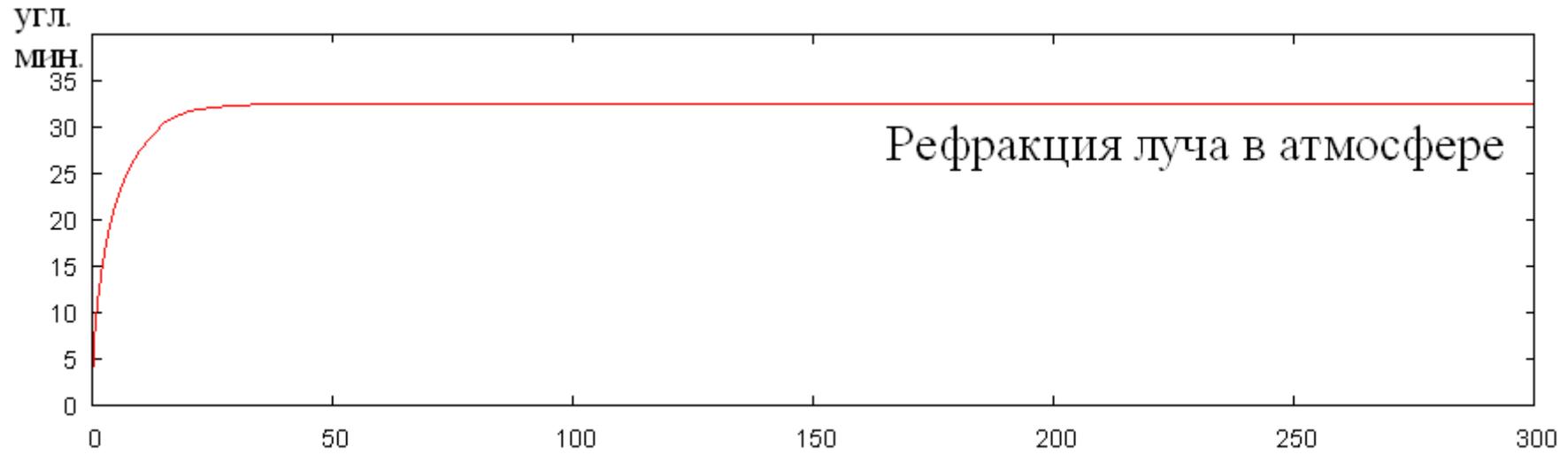
0,1 км



Рефракция в атмосфере (СА81)



Рефракция в атмосфере (СА81)



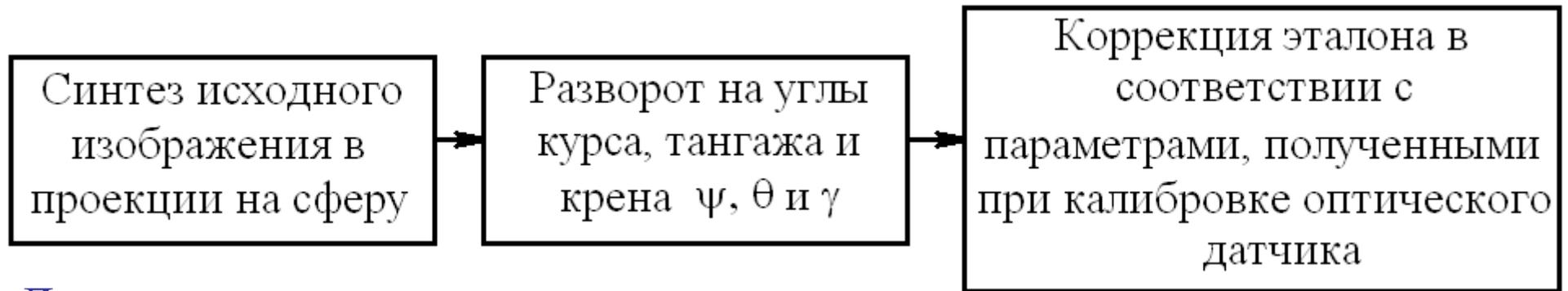
Синтез эталонов

Растровые ← ЭТАЛОНЫ → Векторные

Главное преимущество векторных эталонов - возможность гибко менять параметры синтеза эталонов в зависимости от различных факторов:

- Располагаемого времени.
- Текущего состояния измерительной системы (поиск-захват-слежение).
- Текущей конфигурации облачного слоя.
- Текущего профиля визируемой поверхности (его корреляционных свойств).
- Текущих поправок за рефракцию и других факторов.

Синтез эталонов

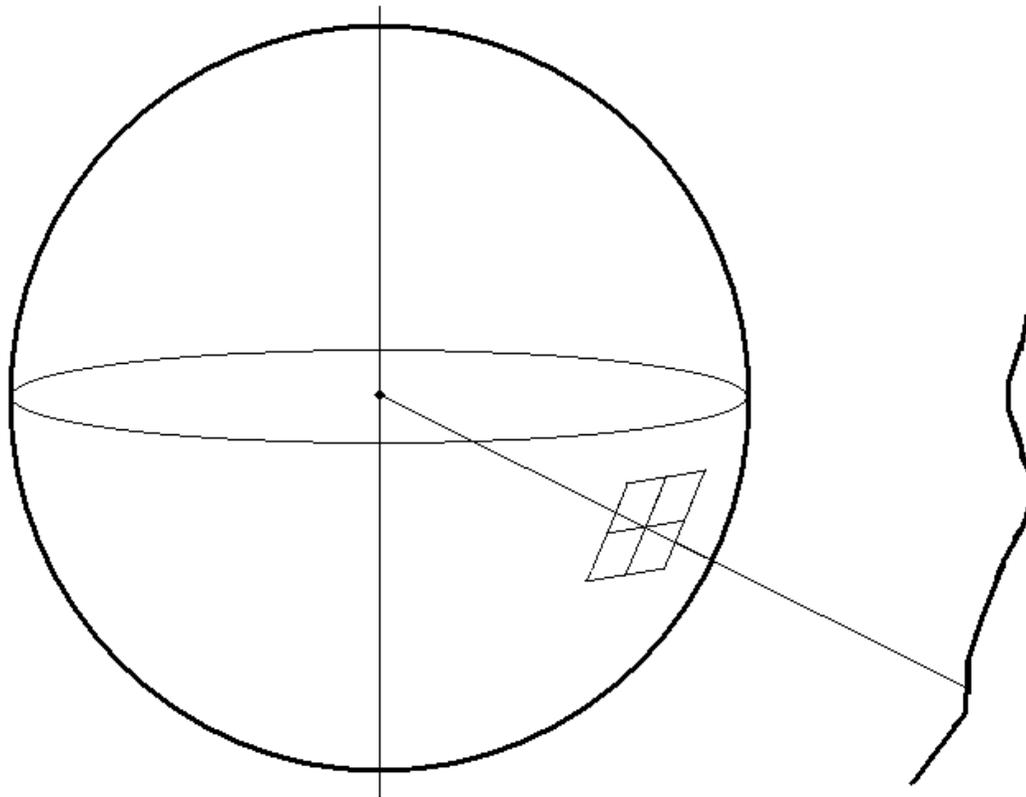


Дополнительные преимущества векторных эталонов:

- Малые вычислительные затраты при развороте на углы курса, тангажа и крена (т.е. нет нужды синтезировать эталон для каждого конкретного значения этих углов).
- Малые вычислительные затраты на коррекцию эталона в соответствии с параметрами датчика.

Недостаток векторных эталонов - методы установления соответствия для векторных эталонов с пиксельными изображениями существенно менее хорошо исследованы, чем для растровых эталонов.

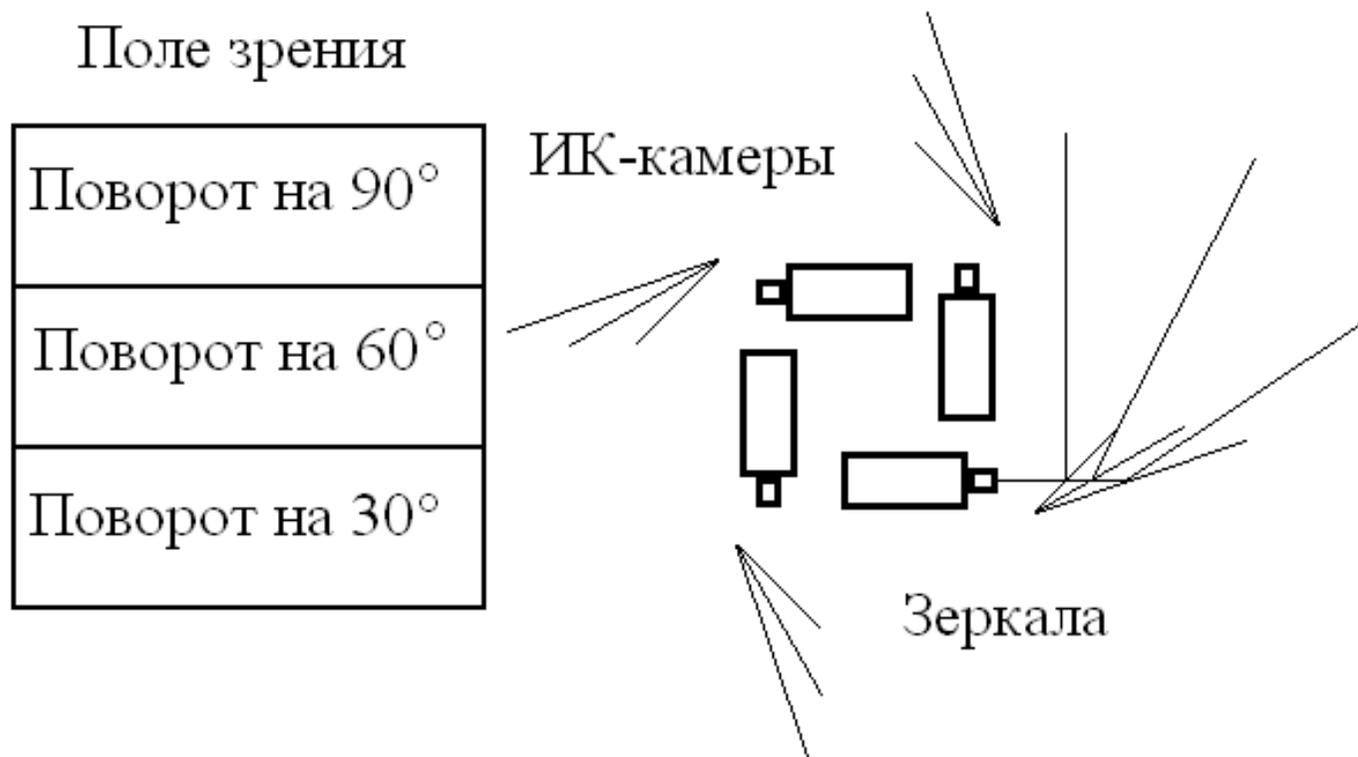
Формирование эталонов - проекция на сферу



Легко осуществить переход к изображениям для различных углов курса, тангажа и крена.

Учет искажений камеры относительно центра $\sim \text{tg } \alpha$

Возможный вариант датчика

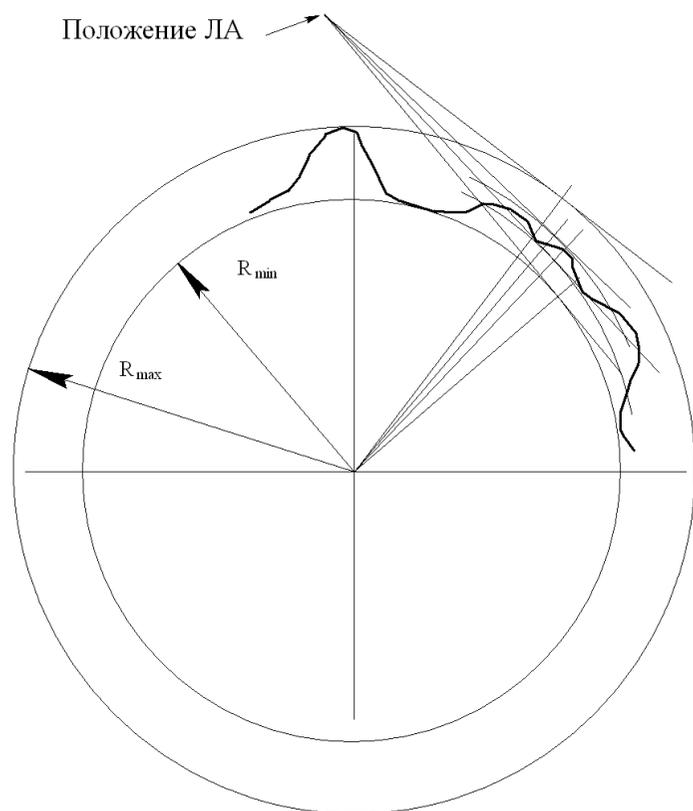


Повышена устойчивость к засветке со стороны Солнца.

Поле зрения каждой камеры $30 \times 30^\circ$

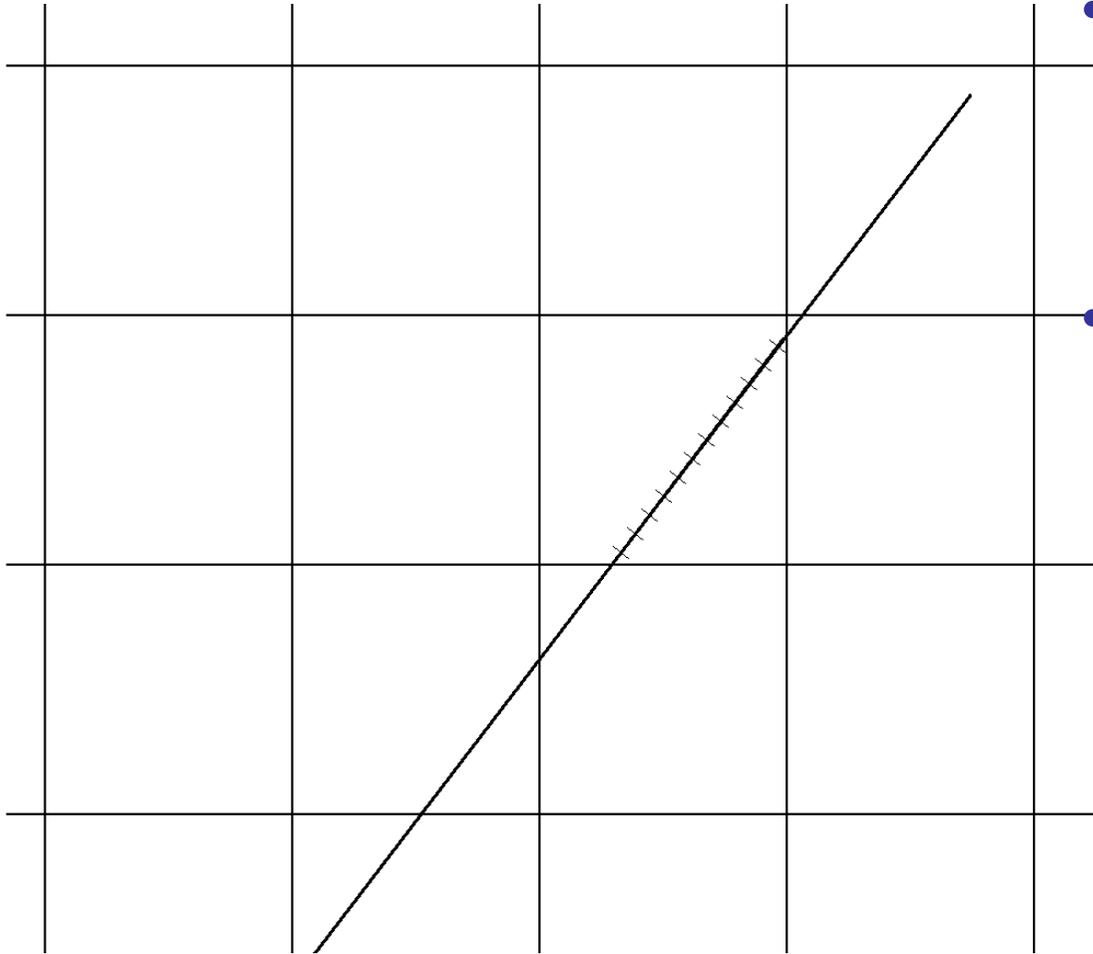
Omni-directional камеры не подходят.

Синтез эталонов

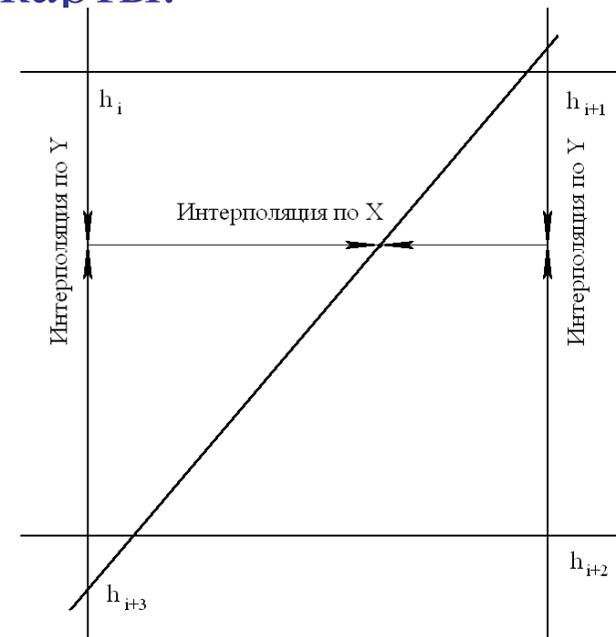


- Формируется набор лучей для заданных направлений по азимуту.
- Строятся вписанная и описанная сферы.
- Строятся касательные к вписанной и описанной сферам.
- Определяем отрезок по координатам (широта и долгота), где находится искомая точка.
- По отрезку определяем интервал высот и строим новые вписанную и описанную сферы, и т.д.
- Процесс сходится достаточно быстро. После этого определяется угол места и уточняется азимут.

Синтез эталонов



- Поиск по отрезку интервала высот по угловым точкам на первой итерации.
- Затем – интерполяция внутри каждой ячейки карты.



Оценка вычислительной сложности

По высоте используем априорную информацию.

Оценки делались для 2 режимов.

1. Начальный поиск соответствия по сравнительно большой области – например $10*10$ км. Малое количество лучей (выбрано 100 лучей). Окрестность $11*11=121$ эталон.
2. Измерение координат в режиме слежения. Существенно большее количество лучей (выбрано 1000 лучей). Окрестность $3*3=9$ эталонов.

Синтез опорного эталона из 100 лучей – 50 мс. Синтез 8 смежных эталонов – 40 мс (может быть легко уменьшено в 2 раза).

1. Начальный поиск $11*11$ эталонов $\Delta t=40*(121-1)/(9-1)+50=650$ мс
2. Режим слежения $\Delta t=40*(1000/100)+50*(1000/100)=900$ мс. Может быть легко снижено до 300-450 мс, поскольку обл. неопр. <1 км.

Расчеты были сделаны без учета рефракции и коррекции искажений камер.

Оценка вычислительной сложности

Разворот эталона на углы курса, тангажа и крена, а также коррекция искажений камер ($\text{tg}(x)$, параметры ориентирования камер) – менее **1 мс** для опорного эталона из 100 лучей.

Расчет лучей с учетом рефракции в атмосфере для опорного эталона. Это краевая задача для дифференциального уравнения. Решается итерационно. **Время счета – 2с.**

Проблема!!

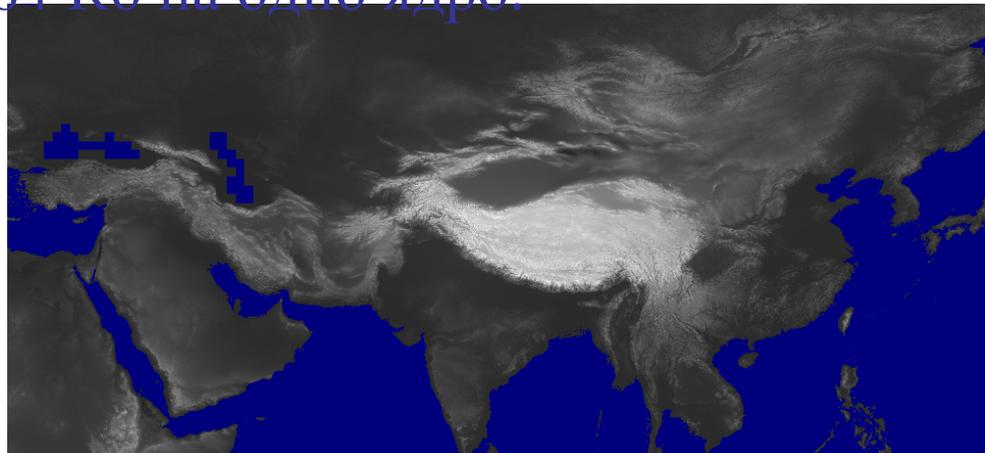
Процессор AMD Athlon 64×2 Dual Core 4200+

Кэш команд и данных 64 Кб + 64 Кб на одно ядро.

Использовалось одно ядро.

Участок в районе Гималайских гор (высокая сложность расчетов в горах).

Карта с шагом сетки 1 км



Меры по снижению вычислительной сложности

1. Уменьшение количества лучей в режиме поиска.
2. Уменьшение области неопределенности за счет априорной информации (в частности – по высоте за счет лазерных и радиолокационных высотомеров, барометрического альтиметра, по оптическому потоку и/или воздушной скорости), а также путем непрерывного слежения за текущими координатами.
3. Использование корреляционных свойств целевой функции соответствия для обоснованного увеличения шага гипотезной сетки.
4. Последовательное увеличение точности.
5. В режиме слежения необходимо небольшое число эталонов. Можно повышать количество лучей.
6. Переменная плотность лучей по азимуту в зависимости от корреляционных свойств профиля и степени закрытия линии горизонта облаками.
7. Использование корреляции профиля для соседних лучей.