Документация по проекту

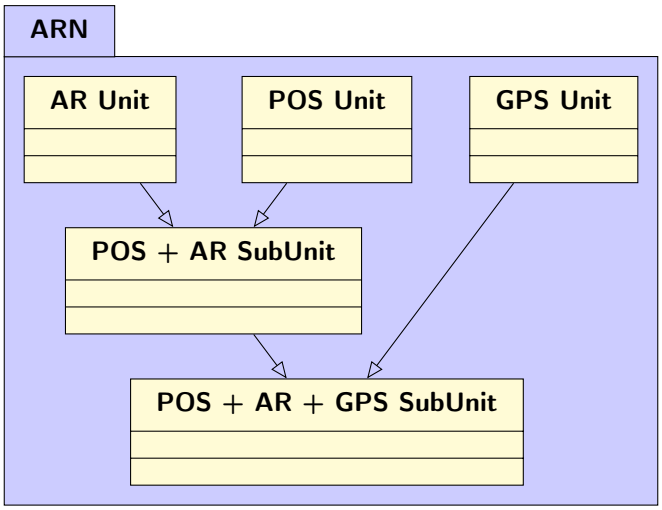
# AR Navigation

Сопрачёв Андрей

Версия: 0.2
19 марта 2020 г.

# Содержание

# Часть I
# Основное описание проекта




## 1 Система Event

```
public delegate void OnResetPosition();
public static event OnEstimateAdd onEstimateAdd;
```

# Часть II
# Деление на модули

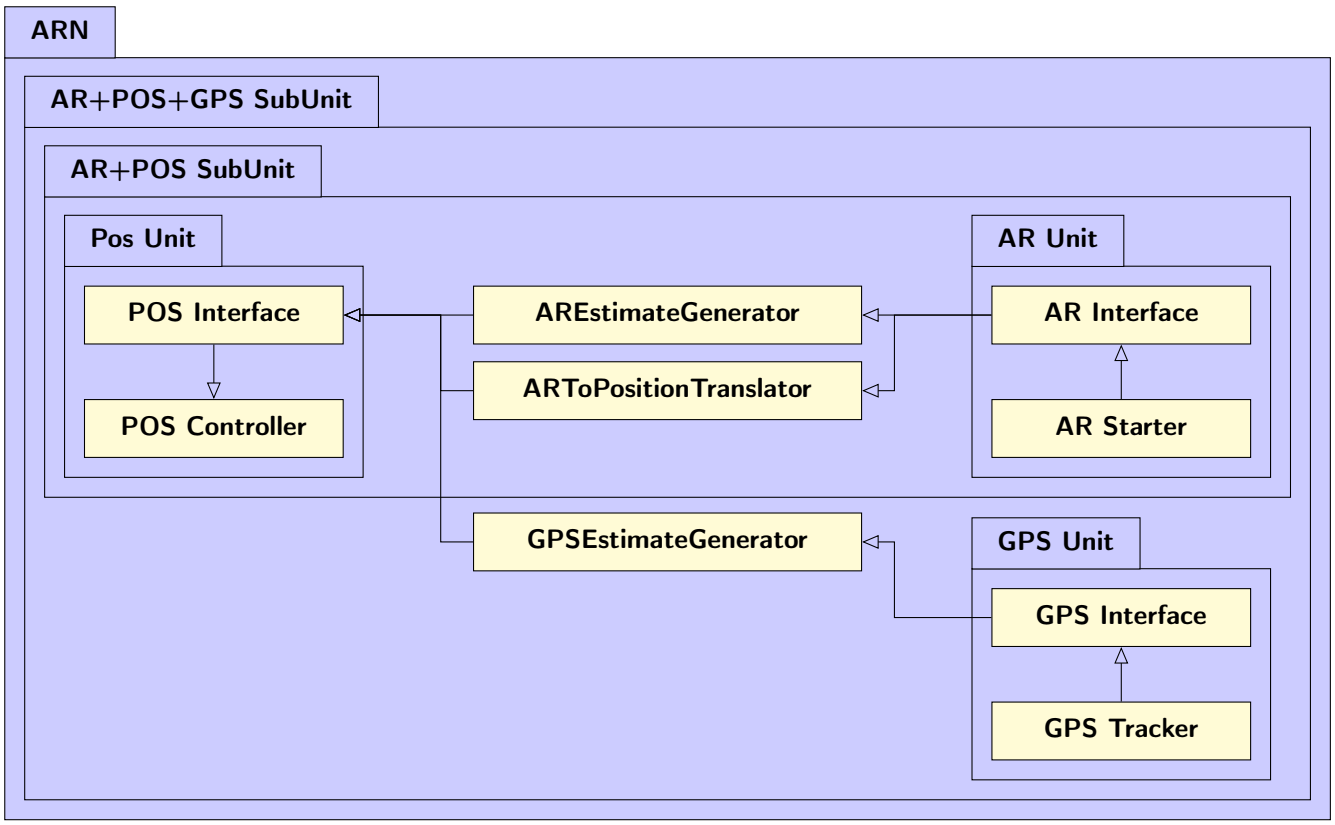
## 2 Вступление

Работа приложения разделена на несколько функциональных модулей, некоторые из которых являютя независимыми, а остальные – надстройками.
Независимые:

- AR Unit — модуль дополненной реальности, прослойка между нативными плагинами и общей системы
- GPS Unit — модуль позиционирования по GPS
- Pos Unit — модуль решающий задачу перевода координат из локальной в глобальную системы координат

Надстройки:

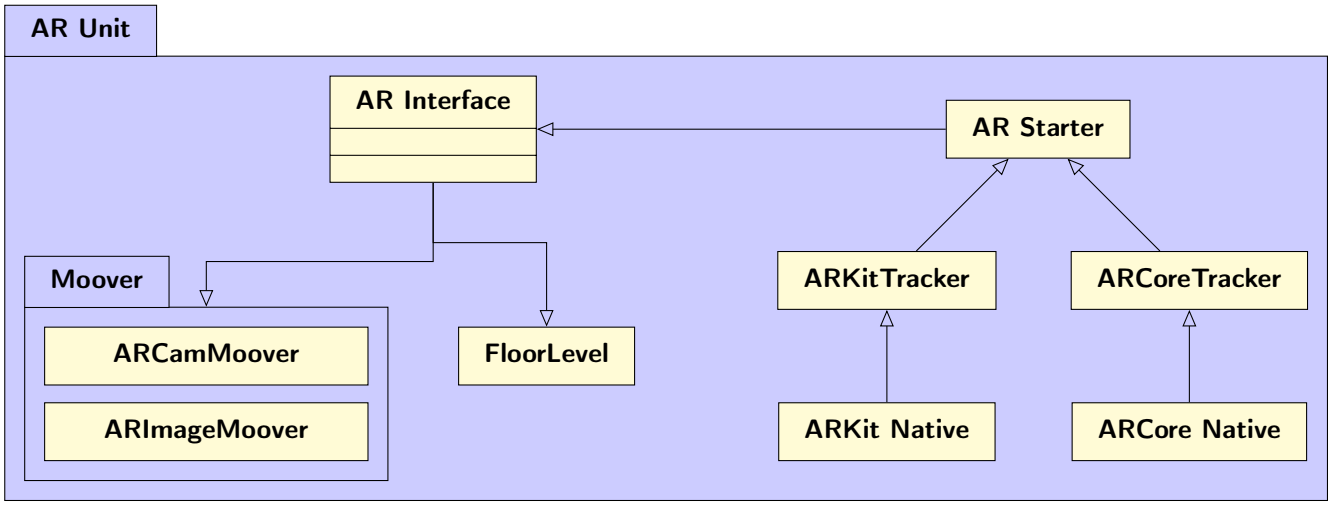
- Pos + AR SubUnit — надстройка над **Pos Unit** и **AR Unit** для проброски ивентов между ними
- Pos + GPS + AR SubUnit — надстройка над **Pos + AR SubUnit** и **GPS Unit** для проброски ивентов между ними



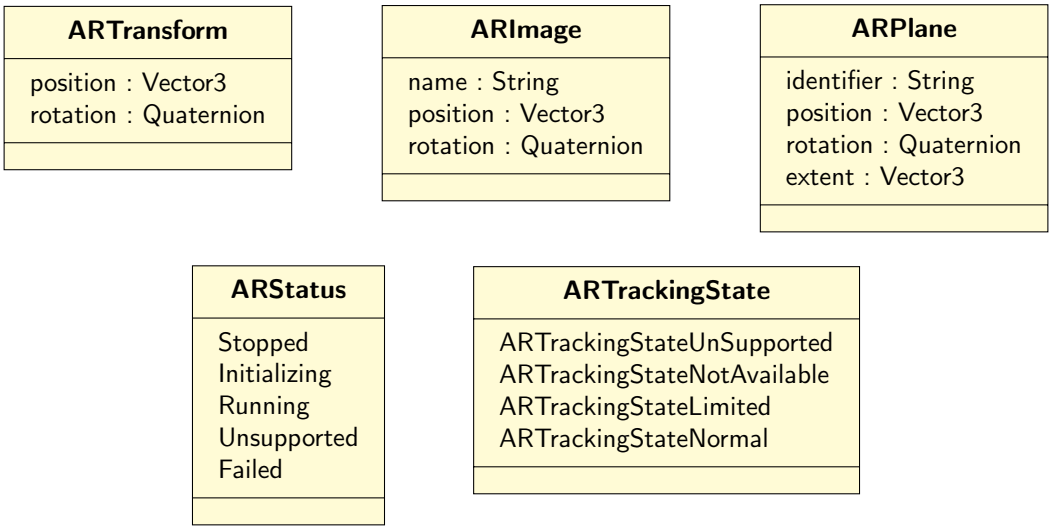

# 3 Независимые модули

## 3.1 AR Unit

Задача AR Unit — предоставить приложению уровень абстракции над ARKit и ARCore плагинами Unity.
Является независимым модулем.
Модуль реализован на системе Events и предоставляет в использование **ARInterface**
Для работы модуля на сцене необходим префаб **ARStarter** с дочерними **ARKitTracker** и **ARCoreTracker**.
При запуске сцены **ARStarter** активирует "Tracker"соответствующий текущей платформе (ios — ARKitTracker, android — ARCoreTracker).
Tracker выполняет функцию проброски api между нативным Unity Plugin'ом и ARInterface.
На объекте Tracker выполняются настройки для запуска AR сессии конкретной платформы.



### 3.1.1 Некоторые примитивы




### 3.1.2 ARInterface

Разделён на две логические части — делегаты состояний и функции их вызывающие.
Делегаты:

- OnARTransformUpdate(ARTransform) — обновление координаты устройства в пространстве
- OnARCameraProjectionMatrixUpdate(Matrix4x4) — обновление параметров камеры (fov etc)
- OnImageAdd(ARImage) — первое появление AR метки в сцене
- OnImageUpdate(ARImage) — обновление положения существующей AR метки
- OnImageRemoved(ARImage) — удаление AR метки со сцены ($\neq$ выход за пределы экрана, обычно вызывается в ARKit при остановке сцены)
- OnPlaneAdd(ARPlane) — первое появление ARPlane в сцене
- OnPlaneUpdate(ARPlane) — обновление положения существующей ARPlane
- OnPlaneRemoved(ARPlane) — обновление положения существующей ARPlane
- OnStatusChange(ARStatus) — изменение статуса AR сцены
- OnTrackingStateChange(ARTrackingState) — изменение статуса позиционированя
- OnTrackingStateReasonChange(ARTrackingStateReason) — информация о текущем статусе позиционирования (например: недостаточно освещения)
- OnStartSession() — запксе сессии
- OnReStartSession() — перезапуск сессии на лету
- OnStopSession() — остановка сессии
- OnSessionFaild() — критическая ошибка в сесии приводящая к её остановке (например: запрещён доступ к камере)
- OnChangePaneMode(bool) — изменение состояния трекинга плоскостей

### 3.1.3 Эмуляция AR сессии

AR Unit предоствыляет объекты для полной эмуляции всех событий AR сесии.
Все необходимые файлы находятся в Assets/Units/ARUnit/Fake все дальнейшие пути указаны относительно этой директории.
Для полной эмуляции перетащить в сцену Prefabs/FAKE_AR. Его дочерние объекты определяют поведение симуляции.

- FakeARMain — отвечает за эмуляуию статусоы сесии
- Camera position AR generator — отвечает за эмуляуию положения камеры в пространстве
- FakeImage — отвечает за эмуляцию трекинга картинки

**3.1.3.1 AREventRecorder** Объект позволяющий записать и сохранить в файл все события происходящие во время AR сесии, а после этот файл воспроизводить. Для использования добавить на сцену Prefabs/SessionRecorder.

### 3.1.4 Алгоритм создания AR сцены в Unity

Все необходимые файлы находятся в Assets/Units/ARUnit все дальнейшие пути указаны относительно этой директории.

1. Создание сцены:
   (a) Перетащить на сцену префаб /Prefabs/ARUnit
   (b) При необходимости отключить объект ARFloorCalculate отвечающий за рассчёт уровня пола
   (c) На основную камеру добавить скрипт ARCamMoover и указать эту камеру в настройках ARKitTracker и ARCoreTracker
2. Настройка:
   (a) IOS
      i. Создать в проекте UnityARKitPlugin/ARReferensImagesSet и перетащить его на ARKitTracker в соотвтетсвующие поле
      ii. Создать в проекте UnityARKitPlugin/ARReferensImage для каждой желаемой метки, и указать ей текстуру и физический размер (ширину).
      Заполнить ими созданный ReferensImagesSet.
      iii. На объект трекинга добавить скрипт ARImageMover и в его имя указать имя метки
   (b) Android
      i. Создать в проекте GoogleARCore/SessionConfig и перетащить его на ARCoreTracker в соотвтетсвующие поле
      ii. В проекте выделить необходимые метки и создать GoogleARCore/AugmentedDataBase. Перетащить получившийся объект на созданный SessionConfig.
      iii. На объект трекинга добавить скрипт ARImageMover и в его имя указать имя метки
3. Запуск
   Вызвать функцию ARInterface.StartARSession() из UI или другого скрипта. После инициализации ARInterface.ARStatus перейдёт в состояние Running и сессия будет успешно запущена.
4. Остановка
   Для остановки сессии вызвать функцию ARInterface.StopARSession()

### 3.1.5 Пример AR сцены

Пример сцены расположен в Assets/Units/ARUnit/Example/FullARUnitExample в нём реализованы все возможности ARUnit

## 3.2 GPS Unit

Задача GPS Unit предоставить уровень абстракции над location servise.
Модуль реализован на системе Events и предоставляет в использование GPSInterface.
Для работы модуля на сцене необходим префаб GPSTracker.

### 3.2.1 GPSInterface

Разделён на две логические части — делегаты состояний и функции их вызывающие.
Делегаты:

- OnStartGPS(desiredAccuracyInMeters, updateDistanceInMeters) — запусе GPS трекинга с заданными параметрами погрешности
- OnStopGPS() — остановка GPS трекинга
- OnGPSStatusUpdate(GPSServiceStatus) — событие обновления GPS статуса
- OnGPSUpdate(GPSInfo) — событие обновления координаты
- OnStartCompass() — запусе компаса
- OnStopCompass() — остановка компаса
- OnGPSCompassUpdate(GPSCompassInfo) — событие обновления азимута

### 3.2.2 Алгоритм создания GPS сцены в Unity

Все необходимые файлы находятся в Assets/Units/GPSUnit все дальнейшие пути указаны относительно этой директории.

1. Создание сцены
   Перетащить на сцену префаб /Prefabs/GPSTracker
2. Запсук
   Вызвать функцию GPSInterface.StartGPS() для отслеживания позиционирования и GPSInterface.OnStartCom
   для отслеживания азимута
3. Отслеживание
   Подписаться на события GPSInterface.OnGPSUpdate и GPSInterface.OnGPSCompassUpdate
4. Выключение
   Вызвать функуию GPSInterface.StopGPS() и GPSInterface.StopCompass()

### 3.2.3 Пример GPS сцены

Пример сцены расположен в Assets/Units/GPSUnit/Example/FullGPSUnitExample в нём реализованы все возможности GPSUnit

## 3.3 POS Unit

### 3.3.1 Задача позиционирования

Зная координату $P$ относительно запуска приложения, вычисльить $P'$ относительно известной системы координат.
ARUnit в любой момент времени позволяет получить координату в системе координат связанной с точкой запуска трекинга. При этом начало координат $O$ этой системы находится в точке запуска, ось $Y$ направлена против гравитации, ось $Z$ — по проекции нормали экрана устройства на плоскость перпендикулярную $Y$ в момент запуска трекинга. Назовём эту систему — **локальная система координат**.
Заданная система координат — свзязанна с физической картой, где центр $O'$ определяется разработчиком, ось $Y'$ по нормали к карте, оси $North$ и $East$ направленны мо соответстующим стороноам света. Назовём её **глобальная система координат**.

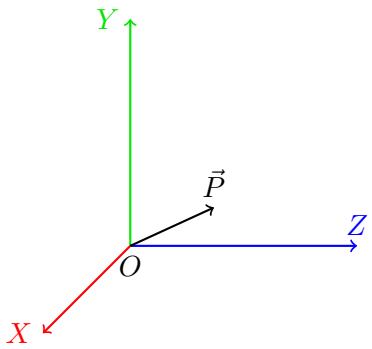



Рис. 1: Локальнся система координат

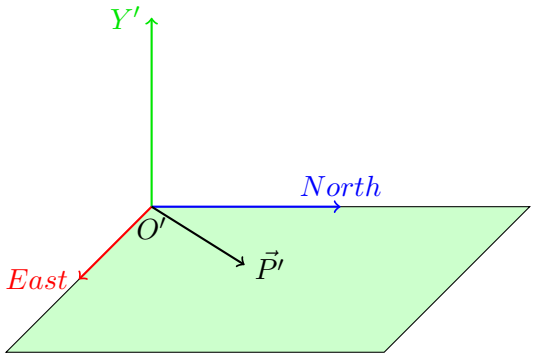



Рис. 2: Глобальная система координат

Соноправленность осей $Y$ и $Y'$ позволяет свести задачу к двумерному случаю.

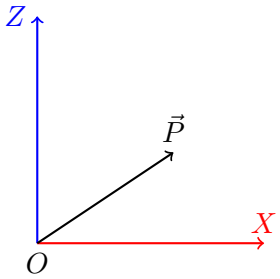



Рис. 3: Локальнся система координат 2D

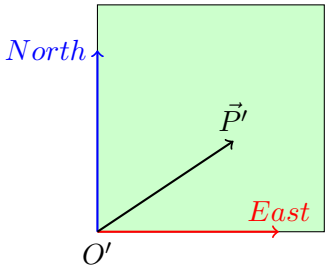



Рис. 4: Глобальная система координат 2D

Переобозначим оси: $North \to Z'$ и $East \to X'$. И разделим задачу на 2 части:

1. Ось $Z$ сонаправленна с $Z'$, но центр $O$ не совпадает с $O'$, задача найти векор смещения $\vec{d}$
2. Центр $O$ совпадает с $O'$, но напавление $Z$ не совпадает с $Z'$, задача – найти угол $\alpha$ между этими осями

Для однозначного решения этой задачи исходных данных недостаточно. Необходимо знать координаты одной и той же точки в обоих системах координат. Введём объект **Estimate**

| **Estimate** |
| --- |
| localPos : Vector3<br>globalPos : Vector3<br>correctAngle : float<br>angleAcc : float<br>posAcc: float |
| |

- localPos — координата точки в локальной системе координат
- globalPos — коорбината этой же точки в глобальной системе координант
- correctAngle — предполагаемый угол коррекции между для приведения одной системы координат к другй (в градусах)
- angleAcc — погрешность угла коррекции (в градусах)
- posAcc — погрешность определения соответствующих точек

Получть **Estimate** монжно разными путями, например перевести показания GPS в глобальную систмеу координан и записать в **globalPos**, а текущую коорбинату ARUnit записат в **localPos**.

### 3.3.2 Вычисление вектора линейного сдвига

Пусть у нас есть один Estimate, обозначим его $localPos$ точкой $E$, а $globalPos$ точкой $E'$. И решим **первую** задачу принебрегая погрешностями измерения. При этом по условию задачи оси систем координат соноправленны $Z \upuparrows Z'$ и $X \upuparrows X'$, а центры различны $O \neq O'$.

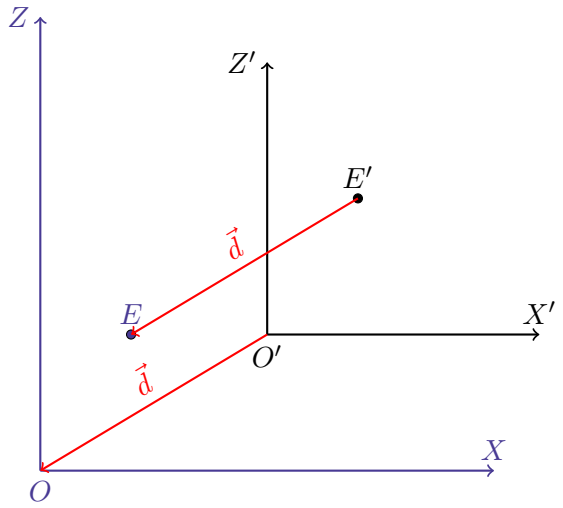



Рис. 5: Определение вектора линейного сдвига $\vec{d}$

Вычитая из координат точки $E$, координаты $E'$ получим векор $\vec{d}$ который и будет искомым сдвигом между $O$ и $O'$.

### 3.3.3 Вычисление угла между системами

Пусть у нас есть один Estimate, обозначим его $localPos$ точкой $E$, а $globalPos$ точкой $E'$. И решим **вторую** задачу принебрегая погрешностями измерения. При этому по условию задачи центры систем координат совпадают $O = O'$, а оси — нет.
То есть одна система повернута относительно другой на угол $\boldsymbol{\alpha}$ его и надо найти.

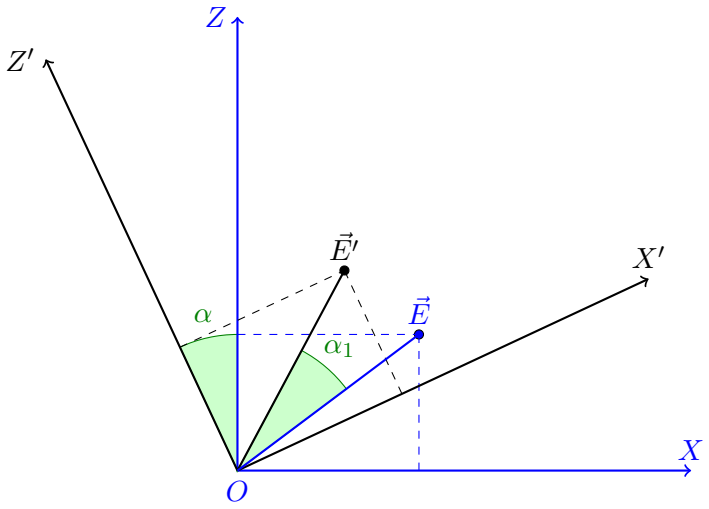



Рис. 6: Определение угла поворота $\alpha$

Посторим вектора $\vec{OE}$ и $\vec{OE'}$, и угол $(\widehat{\vec{OE}, \vec{OE'}}) = \alpha_1 = \alpha$ — искомый угол.

### 3.3.4 Решение задачи позиционирования с учётом погрешности

Погрешность может возникнуть как в исходных данных, так и накопиться со временем.

- Погрешность исходных данных появляется при неточности соответствия точки в локальных и глобальных координатах, например в случае с GPS, точной координате localPos, соответствует координата GPS с погрешностью, то есть localPos может быть удалена от координаты GPS на некую велечину погрешности $\varepsilon$

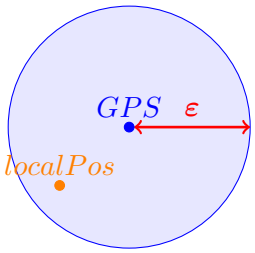



Рис. 7: Погрешность исходных данных

- Накопительная погрешность. Для определения координаты в пространстве ARUnit интегрирует показания акселерометра в этом расчёте появляется погрешность зависящая от пройденного расстояния и пользовательского устройства. Например на iPhone10 такая погрешность составляет 5 см на 1 метр, что означает, что с каждым пройденным метом координата полученная из ARUnit "ошибается"на 5 см.

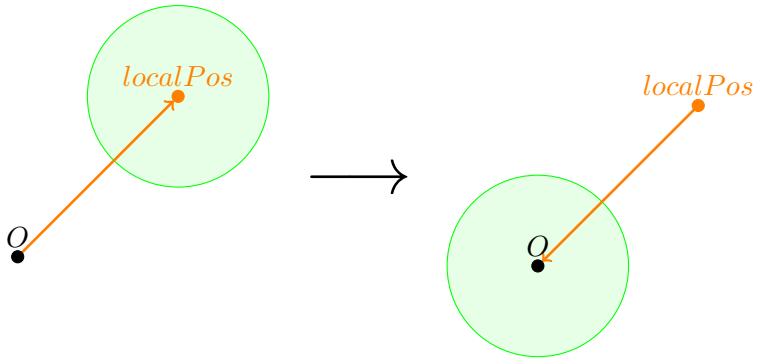



Рис. 8: Накопительная погрешность. Относительный переход

Благодаря относительности систем координат, увеличение погрешности $localPos$ относительно центра можно интерпритировать как увеличение погрешности центра относительно координаты. А значит можно свести обе погрешности к одному. Для этого следует увеличивать погрешность всех ранее полученных Estimat'ов с изменением $localPos$

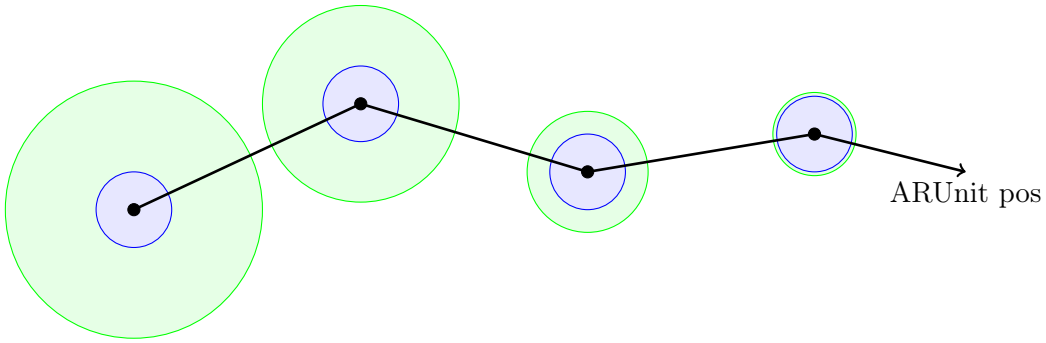



Рис. 9: Увеличение погрешности с изменением $localPos$

За эту суммарную погрешность отвечает поле $posAcc$ объекта $Estimate$.

### 3.3.5 Вычисление вектора линейного сдвига с учётом погрешности

Вектор $\vec{d}$ — разница между localPos и globalPos отдельно взятого Estimate'а, назовём этот estimate — $pivot$.
На вход поступает поток Estimat'ов, а значит для достижения максимальной точности достаточно выбрать Estimate с минимальной горизонтальной погрешностью (posAcc). Однако, при приближение к пороговому показателю точности Estimate (например для GPS — минимально возможная погрешность в текущих условиях) и пересчёте $\vec{d}$ по минимальной погрещности, в позиционирование могут возникать скачки, по этому в целях стабильности целесообразно, при малых погрешностях не производить поиск нового pivot, пока localPos последнего Estimate находится в радиусе погрешности его globalPos.

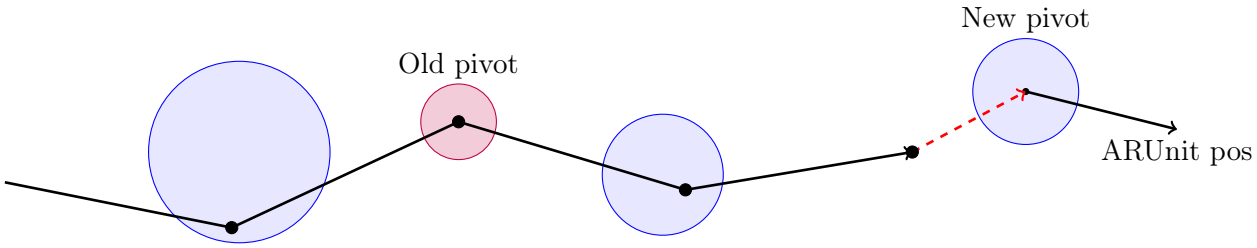



Рис. 10: Определение $pivot$ по потоку $Estimate$

### 3.3.6 Вычисление угла между системами с учётом погрешности

Угол $\alpha$ межу системами вычисляется по координатам двум Estimate'ам. Однако эти координаты определены с известной погрешностью, а значит можно определить и погрешность $\Delta\alpha$.

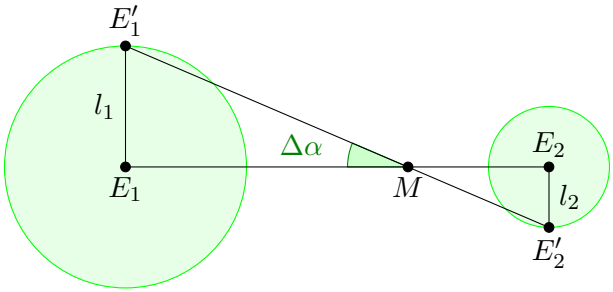



Рис. 11: Определение погрешности $\Delta\alpha$

Имеем два Estimate'а с центрами в точках $E_1$ и $E_2$ и погрещностями $l_1$ и $l_2$ соответственно. Рассмотим худший вариант, когда погрешность максимальна, и реальная позиция максимально отдолены от её измерения и находятся в точках $E_1'$ и $E_2'$. Такое диаметрально противоположные расположение даёт максимальный угол отклонения $E_1'E_2'$ от $E_1E_2$, а значит и максимальную погрешность при рассчёте $\alpha$.

$$E_1E_2 \cap E_1'E_2' = M$$
$$\angle E_1'ME_1 = \Delta\alpha$$
$$\tan\Delta\alpha = \frac{l_1 + l_2}{2|\vec{E_1E_2}|}$$
$$\Delta\alpha = \arctan\frac{l_1 + l_2}{2|\vec{E_1E_2}|}$$

Далее мы имеет два возможных варианта:

- Перебор всех возможных пар Estimat'ов и определение пары с минимальной погрешностью $\Delta\alpha$ и рассчёт угла $\alpha$ по этой паре
- Перебор всех возможный пар Estimat'ов, и рассчёт угла $\alpha$:
  - по среднему значению между $n$ лучших пар
  - по среднему значению между всеми парами с весом $p = f(\Delta\alpha)$. Например $p = \frac{1}{\Delta\alpha}$

Практические эксперименты показали, что оптимальным является определение $\alpha$ по одной лучшей паре.

### 3.3.7 Общий алгоритм позиционирования

Опираясь на вышеперечисленные пункты можно сформулировать общий алгоритм реализованный в POS Controller.
Запуск алгоритма производится при каждом получение нового Estimate.

1. Получаем новый Estimate и сохраняем его в массив ранее пришедших Estimat'ов
2. При необходимости обновляем pivot
   - по минимальной погрешности, если погрешность велика
   - по выходу за пределы новой погрешности, если погрешность мала
3. При необходимости обновляем угол между системами
   - по *Estimate.correctAngle*, если *Estimate.angleAcc* меньше погрешности всех пар и текущей погрешности угла системы
   - по углу $\alpha$, если $\Delta\alpha$ меньше *Estimate.angleAcc* и текущей погрешности угла системы

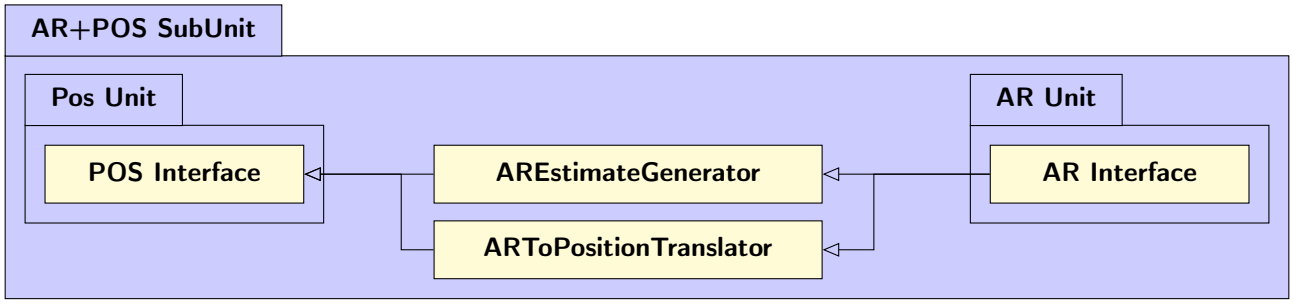
А так же после каждого получения новой координаты от ARUnit увеличиваем погрешность всех ранее пришедных Estimate на расстояние пройденное с прошлого измерения умноженное на погрешность на метр $Estimate.posAcc = Estimate.posAcc + Distance(lastPos, newPos) * accByMeter$

# 4 Надстройки

## 4.1 Pos + AR subUnit

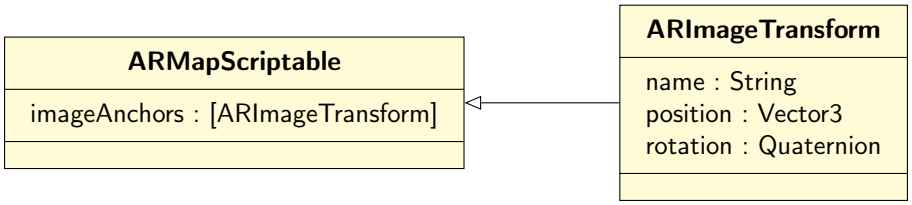
Задача надстройки — пробросить события между **ARUnit** и **PosUnit**.
Состоит из двух объектов:

- AREstimateGenerator — отправляет событие OnEstimateAdd при обнаружение метки
- ARToPositionTranslator — отправляет событие обновления координаты устройства в локальной системе координат




### 4.1.1 ARMapTool

Для корректной работы **AREstimateGenerator** необхрдимо знать координаты меток в глобальной системе координат, для этого используется **ARMapScriptable** настраевыемый с помощью **ARMapTool**.




### 4.1.2 Использование

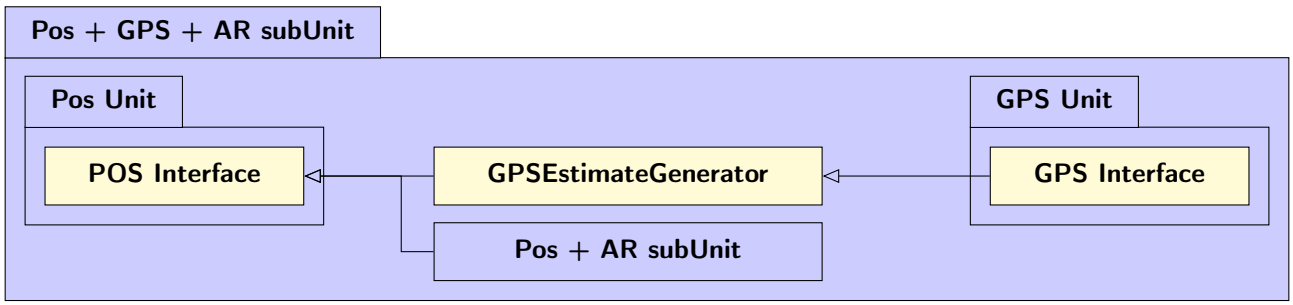
Для работы проброски ивентов перетащить префабы **AREstimateGenerator** и **ARToPositionTranslator** на сцену.

#### 4.1.2.1 Создание ARMapScriptable

1. Создать в проекте ARMapScriptable.
2. Создать на сцене GameObject и добавить на него компонент **ARMapTool**
3. Указать в TargetScriptable объект созданный в первом пункте
4. Перетащить нужное количество префабов **A4 Target** на сцену дочерним к ARMapTool
5. Назначить им названия и координаты на сцене
6. На объекте ARMapTool нажать кнопку **Set Anchors**

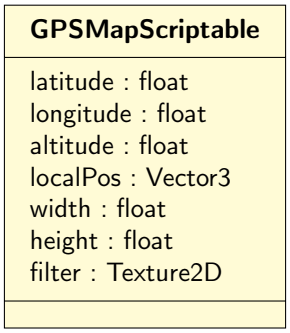
## 4.2 Pos + GPS + AR subUnit

Задача надстройки — пробросить события между **GPSUnit** и **PosUnit** для этого используется **AREstimateGenerat**




### 4.2.1 GPSMapTool

Для корректной работы **GPSEstimateGenerator** необхрдимо знать свзязку между глобальной и геодезической системами координат, для этого используется **GPSMapScriptable** настраевыемый с помощью **GPSMapTool**.




- latitude — широта
- longitude — долгота
- altitude — высота
- localPos — координата в локальной системе
- width — ширина карты в метрах
- height — высота карты в метрах
- filter — фильтр погрешности GPS, картинка в красный канал которой, записан коэффициент умножения текущей погрешности

### 4.2.2 Использование

Для работы проброски ивентов перетащить префаб **GPSEstimateGenerator** на сцену.

#### 4.2.2.1 Создание GPSMapScriptable

1. Создать в проекте GPSMapScriptable.
2. Перетащить на сцену префаб GPSMapTool
3. Изменить спрайт карты на свой
4. Указать в TargetScriptable объект созданный в первом пункте
5. Указать в инспекторе координаты PivotMain и PivotScale
6. Объекты PivotMain и PivotScale установть на сцене в нужные координаты по спрайту карты
7. Нажать кнопку **Set size** для масштабирования карты и приведения её глобального размера к геодезическому
8. Нажать кнопку **Set map** для записи в GPSMapScriptable