

Навигация внутри помещения
при помощи трилатерации
Beacon (iBeacon).

Средства для навигации

- Навигация по Wi-Fi.
- Геомагнитное позиционирование.
- Системы спутниковой навигации
- Ориентирование по базовым станциям операторов сотовой связи (GSM).
- Использование Bluetooth-маячков Beacon
- Навигация, основанная на синергетическом эффекте

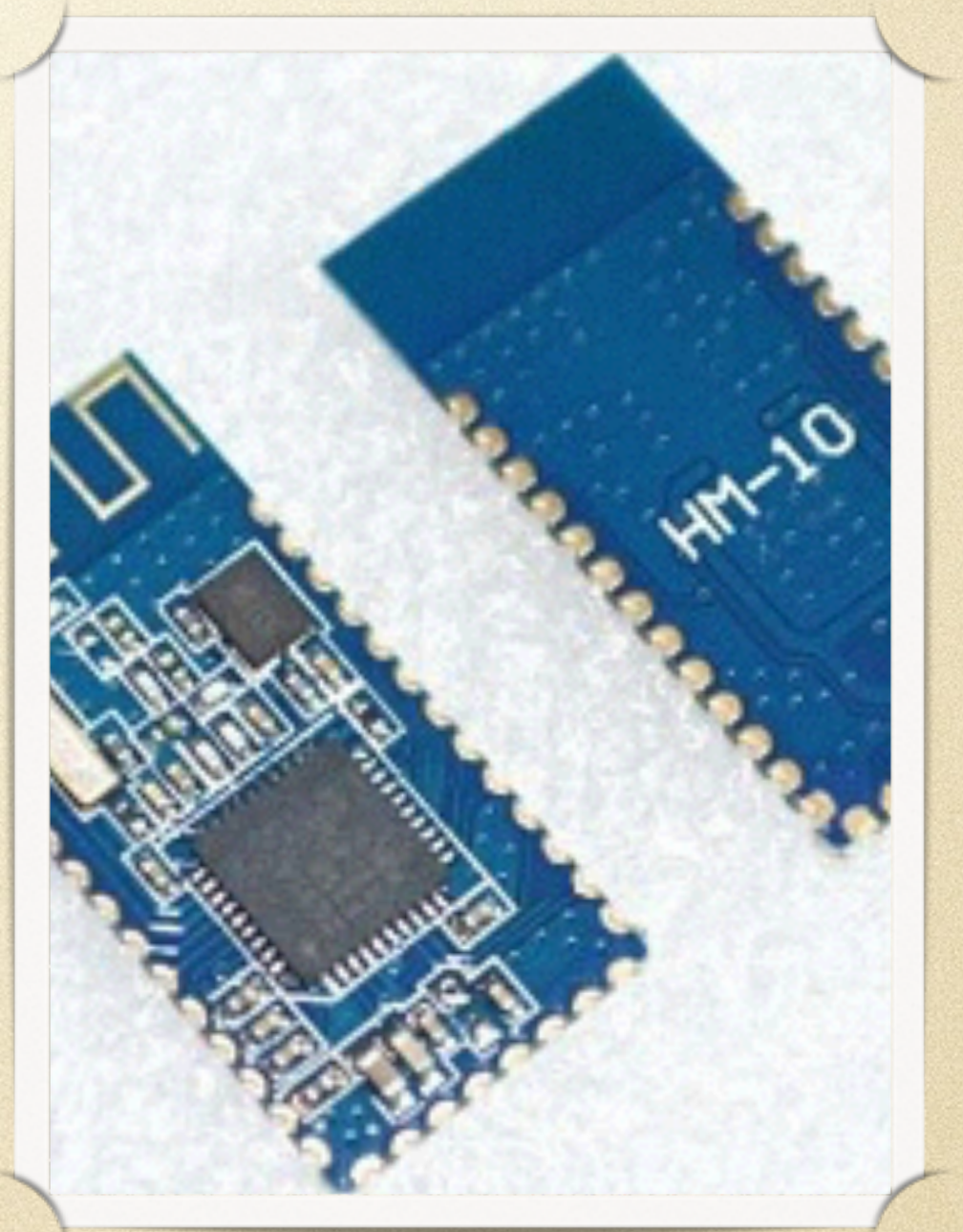
Навигация внутри помещений и GPS.

- World Geodetic System 1984
- Единая система координат для всей планеты
- 6 плоскостей, 4-6 спутника на плоскость
- Высота 20350 км
- Скорость около 14000 км/ч
- В любой точке зоны приема от 4 спутников

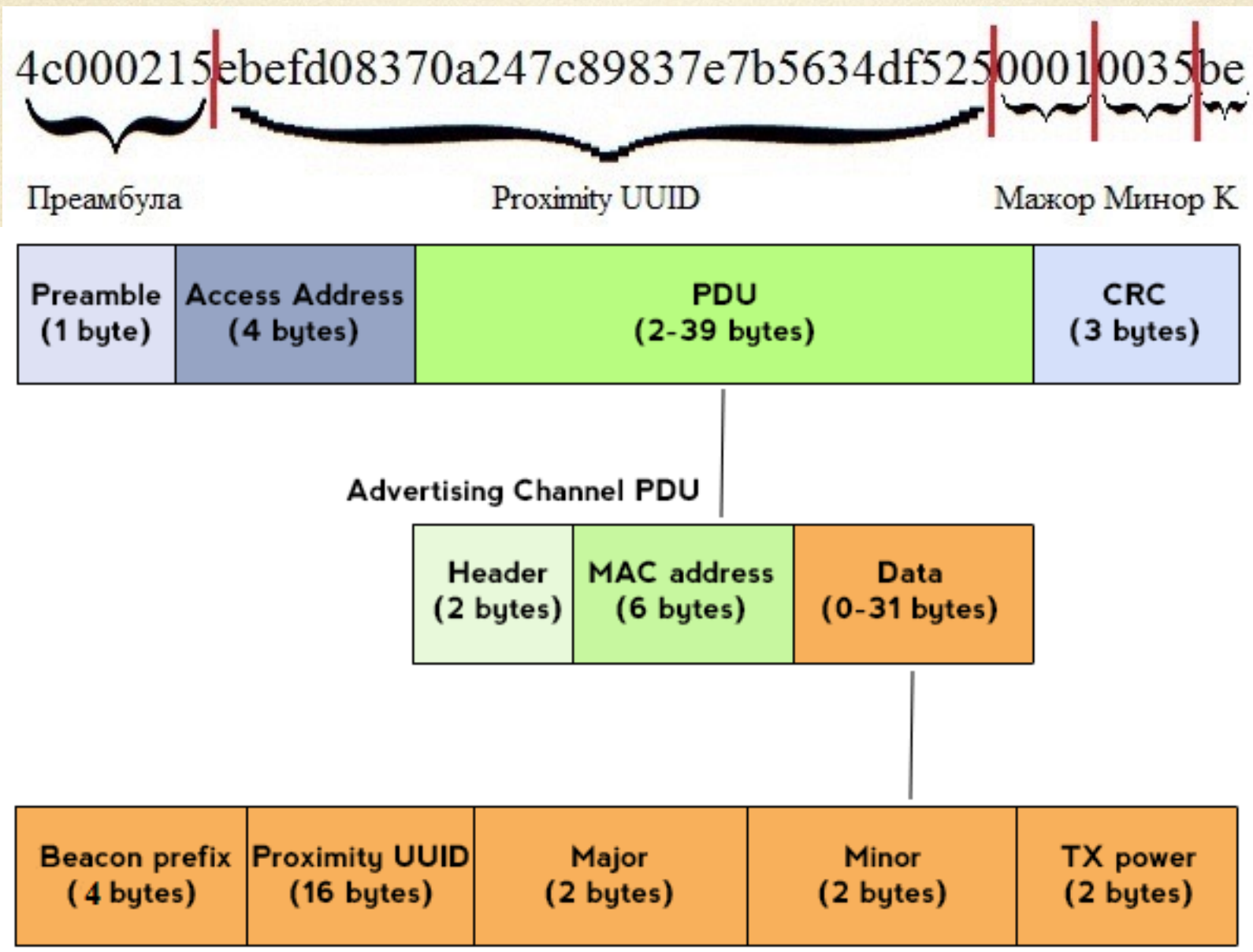
Вычисление производит приемник

Что такое Beacon?

- Beacon-маячки – это обычные Bluetooth 4.0 LE (Low Energy) устройства, таким образом, их роль может с успехом выполнять любое устройство, оснащённое BLE-чипом



Формат данных Beacon



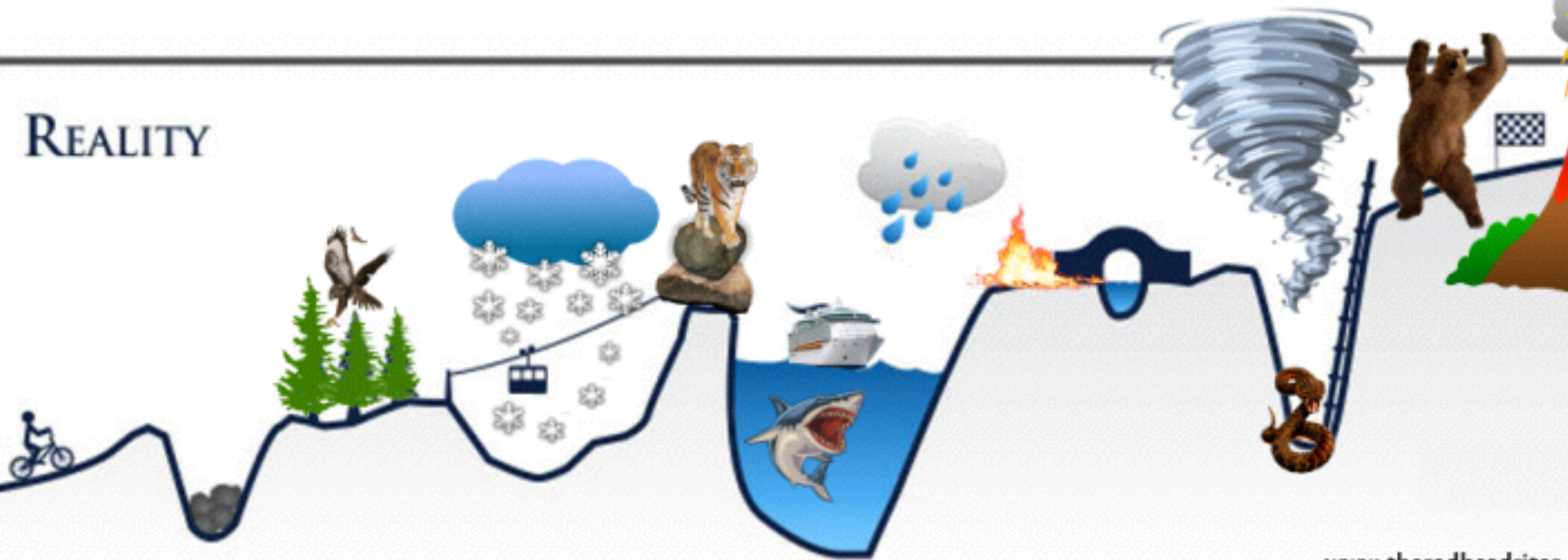
Решение задачи навигации внутри помещений.

- Триангуляция и трилатерация
- Положение Маяка
- Уравнения сфер
- Вычисление расстояния

YOUR PLAN



REALITY



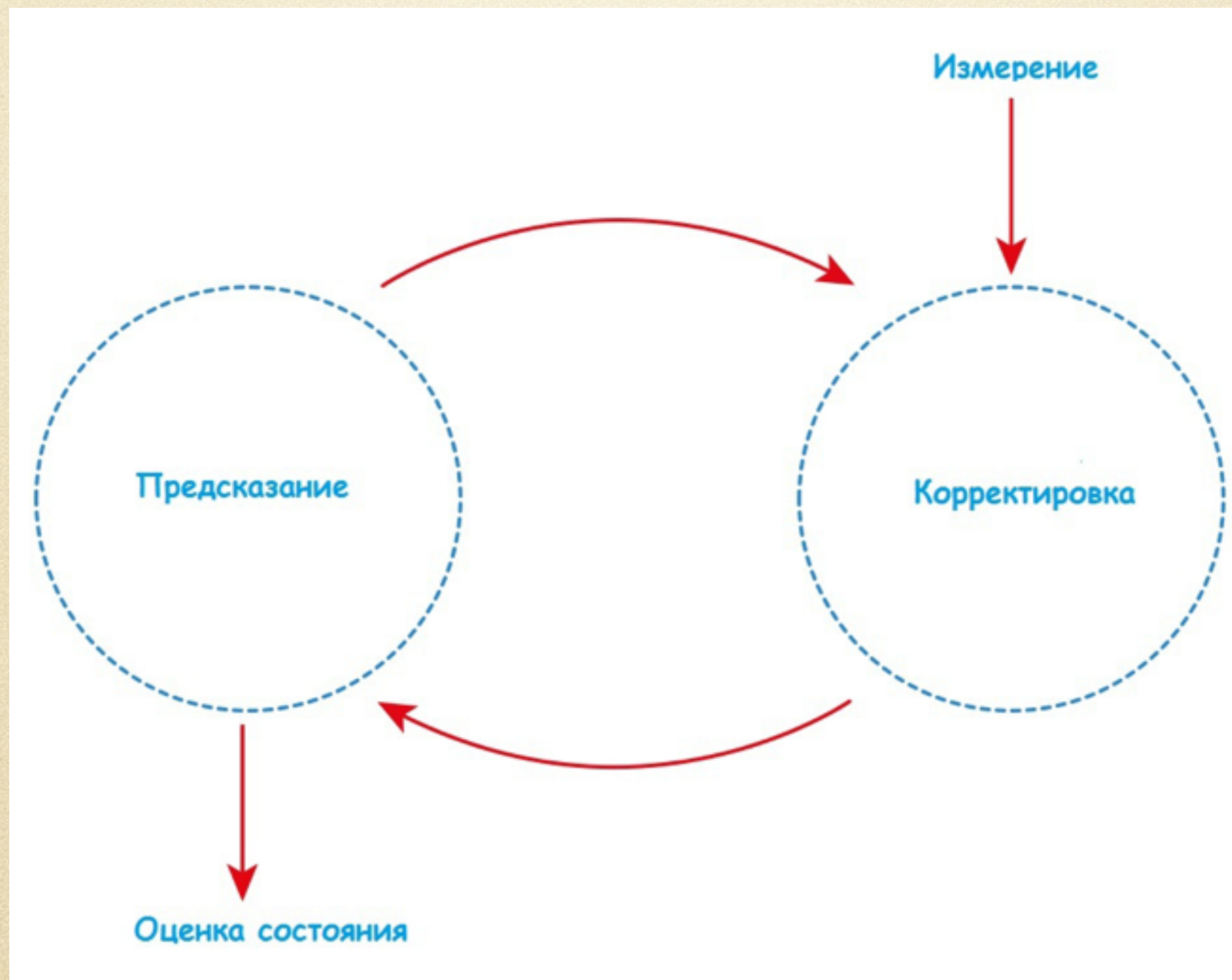
Проблемы определения местоположения

- RSSI “скачет”
- Помещения не идеальны
- Карты разных масштабов

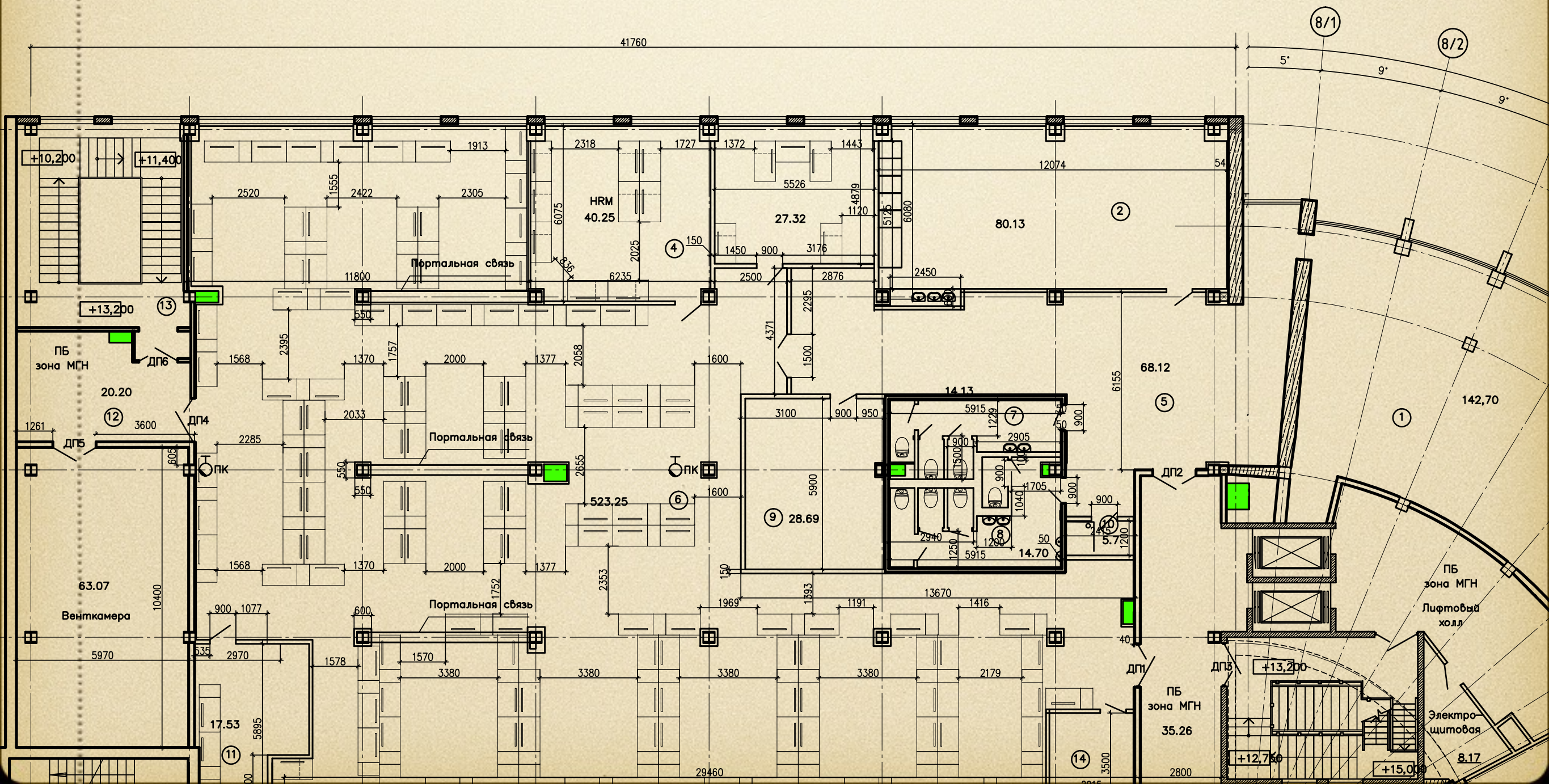
RSSI “скачет” и причины этого явления

- Ориентация и характеристика направленности излучения или приёма антенной маячка / пользовательского устройства
- Присутствие крупных экранирующих объектов (человек таковым тоже является) по направлению от маячка до устройства
- Наличие поблизости поверхностей из материалов, хорошо отражающих радиосигнал, а также большое скопление маячков Beacon на одной территории, за счёт многолучевой интерференции с основным лучём

Решаем проблемы (Фильтр Калмана)



Эскиз планировочного решения 4-го этажа на уточненном плане



Карты разных масштабов

$C(x_2, y_2, z)$
 $A(0,0)$ $B(x_1, 0)$
 PC KB

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = p^2 z^2 \\ (x - x_1)^2 + y^2 = k^2 z^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = z^2 \end{cases} \quad \begin{cases} y^2 = p^2 z^2 - x^2 \\ y^2 = k^2 z^2 - (x - x_1)^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = z^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y^2 = p^2 z^2 - x^2 \quad (*) \\ p^2 z^2 - x^2 = k^2 z^2 - (x - x_1)^2 + 2xx_1 - x_1^2 \quad (**) \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = z^2 \end{cases}$$

$$(**) \quad p^2 z^2 - k^2 z^2 + x_1^2 = 2xx_1 \quad \cancel{2xx_1}$$

$$x = \frac{p^2 z^2 - k^2 z^2 + x_1^2}{2x_1}$$

Подставим в $y^2 = p^2 z^2 - x^2$

$$y^2 = p^2 z^2 - \left(\frac{p^2 z^2 - k^2 z^2 + x_1^2}{2x_1} \right)^2 =$$

$$= p^2 z^2 - \frac{(z^2(p^2 - k^2) + x_1^2)^2}{4x_1^2} = \frac{4x_1^2 p^2 z^2 - z^4(p^2 - k^2)^2 - 2z^2(p^2 - k^2)x_1^2 - x_1^4}{4x_1^2}$$

$$\Rightarrow \frac{4x_1^2 p^2 z^2 - z^4 p^4 + 2z^4 p^2 k^2 - z^4 k^4 - 2z^2 p^2 x_1^2 + 2z^2 k^2 x_1^2 - x_1^4}{4x_1^2}$$

$$y = \sqrt{\frac{4x_1^2 p^2 z^2 - z^4 p^4 + 2z^4 p^2 k^2 - z^4 k^4 - 2z^2 p^2 x_1^2 + 2z^2 k^2 x_1^2 - x_1^4}{4x_1^2}}$$

В 3-й ступени

$$\left(\frac{p^2 z^2 - k^2 z^2 + x_1^2}{2x_1} - x_2 \right)^2 + \left(\frac{z^2(p^2 - k^2) + x_1^2}{2x_1} - y_2 \right)^2 = z^2$$

$$\left(\frac{z^2(p^2 - k^2)}{2x_1} + x_1 - x_2 \right)^2 + \left(\frac{z^2(p^2 - k^2) + x_1^2}{2x_1} - y_2 \right)^2 = z^2$$

$$\left(\frac{z^2(p^2 - k^2)}{2x_1} + x_1 - x_2 \right)^2 + \left(\frac{z^2(p^2 - k^2) + x_1^2}{2x_1} - y_2 \right)^2 = z^2$$

$$z^4 = R$$

$$-R^3(p^2 - k^2)^2 + 2R(x_1^2 p^2 + x_1^2 k^2) - x_1^4 = 0$$

$$R = (x_1^2 p^2 + x_1^2 k^2) \pm (p^2 - k^2) x_1^2$$

$$= (x_1^2 p^2 + x_1^2 k^2) - (p^2 - k^2) x_1^2 = (x_1^2 p^2 + x_1^2 k^2) + (p^2 - k^2) x_1^2$$

$$= (x_1^2 p^2 + x_1^2 k^2 - x_1^2 p^2 + x_1^2 k^2) (x_1^2 p^2 + x_1^2 k^2 + p^2 x_1^2 - x_1^2 k^2)$$

$$= 2x_1^2 k^2 \cdot 2x_1^2 p^2 = 4x_1^4 k^2 p^2$$

$$R_1 = \frac{-x_1^2 p^2 - x_1^2 k^2 - 2x_1^2 k p}{-(p^2 - k^2)^2} = + \frac{(x_1 p + x_1 k)^2}{(p^2 - k^2)^2}$$

$$R_2 = \frac{-x_1^2 p^2 - x_1^2 k^2 + 2x_1^2 k p}{-(p^2 - k^2)^2} = \frac{(x_1 p - x_1 k)^2}{(p^2 - k^2)^2}$$

$$z_1 = \frac{x_1 p + x_1 k}{p^2 - k^2} \quad z_3 = - \frac{x_1 p - x_1 k}{p^2 - k^2}$$

$$z_2 = \frac{x_1 p + x_1 k}{p^2 - k^2} \quad z_4 = + \frac{x_1 p - x_1 k}{p^2 - k^2}$$

Спасибо за внимание!

Q&A?