

## Алгоритм автопереключения этажей

Основа алгоритма описана в ГуглДоке ([https://docs.google.com/document/d/14-eeRuD7uKcdSLBYyXT-B3fKs9Ota3S\\_AvwU4GdkTkQ/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/14-eeRuD7uKcdSLBYyXT-B3fKs9Ota3S_AvwU4GdkTkQ/edit?usp=sharing) proposed by Alexey Grechnev) – **алгоритм №1**.

Для проверки алгоритма в коридоре возле офиса Каа было повешено 2 маяка (см. рис. 1-2, обозначены черными окружностями). Далее было записано 4 лога: 2 лога – движение из коридора в офис, и 2 – из офиса в коридор. Для контроля точного момента переключения карт, параллельно с записью логов, записывалось и видео движения по траектории ([https://drive.google.com/drive/folders/1K1au-kofWG8rXJTizfx\\_QWl82sih5GL?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1K1au-kofWG8rXJTizfx_QWl82sih5GL?usp=sharing)). Как результат, в Таблице 1 приведены значения моментов времени, когда в идеальном случае должно произойти переключение карт.

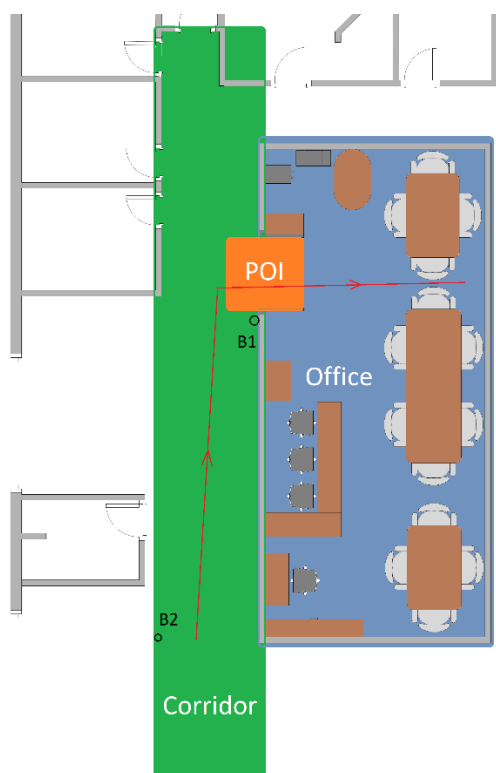


Рис. 1 – Траектория движения из коридора в офис

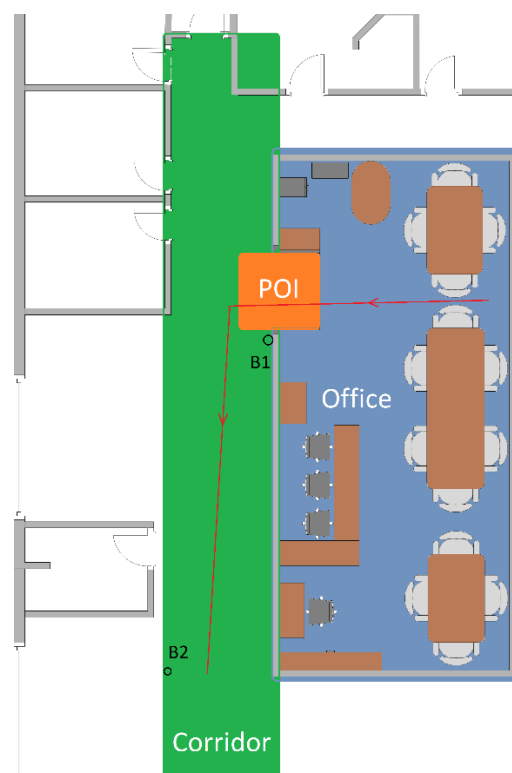


Рис. 2 – Траектория движения из офиса в коридор

Таблица 1 – Моменты времени переключения карт

| Лог  | Случай         | Видеофайл      | Момент переключения |
|--|----------------|----------------|---------------------|
| 2018-05-30_16-43-39_ble_logger.json<br>(тест 1а) | «Коридор-офис» | «IMG_0823.mov» | 20 сек.             |
| 2018-05-30_16-44-36_ble_logger.json<br>(тест 1б) | «Коридор-офис» | «IMG_0824.mov» | 14-15 сек.          |

|  |                |                |            |
|--|----------------|----------------|------------|
| 2018-05-30_16-45-13_ble_logger.json<br>(тест 2а) | «Офис-коридор» | «IMG_0825.mov» | 13-14 сек. |
| 2018-05-30_16-46-08_ble_logger.json<br>(тест 2б) | «Офис-коридор» | «IMG_0826.mov» | 14 сек.    |

В Таблице 2 приведены результаты, полученные модификацией исходного алгоритма (добавлен feedback-фильтр с коэффициентом 0,9 и вектором весов [7 5 3 1] – **алгоритм №2**).

Таблица 2 – Моменты времени переключения карт (**алгоритм №2**)

| Тестовые случаи | Случай         | Момент переключения по видео | Момент переключения по алгоритму №2 | Ложные срабатывания |
|-----------------|----------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| Тест 1а         | «Коридор-офис» | 20 сек.                      | 22,36                               | 1 раз, одиночное    |
| Тест 1б         | «Коридор-офис» | 14-15 сек.                   | 15,93                               | нет                 |
| Тест 2а         | «Офис-коридор» | 13-14 сек.                   | 24,46                               | нет                 |
| Тест 2б         | «Офис-коридор» | 14 сек.                      | 24                                  | нет                 |

К особенностям можно отнести довольно малую задержку (около 2 сек.) при переключении для случаев «Коридор-офис» и значительную задержку (около 10 сек.) для случаев «Офис-Коридор». К особенностям можно отнести довольно малую задержку (около 2 сек.) при переключении для случаев «Коридор-офис» и гораздо меньшую, чем в предыдущем случае, задержку (около 3,5-4,5 сек.) для случаев «Офис-Коридор».

А на рис. 3-6 для сравнения приведены графики исходных значений функций максимального правдоподобия для офиса и коридора, а также их отфильтрованные значения. Слева приведены результаты для конфигурации (0,9 и [7 5 3 1], Табл. 2), справа – (0,83 и [7 2 1], Табл. 3, **алгоритм №3**).

Таблица 3 – Моменты времени переключения карт (**алгоритм №3**)

| Тестовые случаи | Случай         | Момент переключения по видео | Момент переключения по алгоритму №3 | Ложные срабатывания |
|-----------------|----------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| Тест 1а         | «Коридор-офис» | 20 сек.                      | 22,81                               | 1 раз, одиночное    |
| Тест 1б         | «Коридор-офис» | 14-15 сек.                   | 16,8                                | 1 раз, два подряд   |
| Тест 2а         | «Офис-коридор» | 13-14 сек.                   | 18,59                               | нет                 |
| Тест 2б         | «Офис-коридор» | 14 сек.                      | 17,28                               | 1 раз, два подряд   |

Feedback-фильтр:

$$MLF_{filt}(t) = MLF_{filt}(t-1) * C_{filt} + MLF_{raw}(t) * (1-C_{filt})$$

где  $MLF_{raw}(t)$  – текущее значение функции максимального правдоподобия для заданного этажа;

$MLF_{filt}(t)$  – текущее отфильтрованное значение функции максимального правдоподобия для заданного этажа;

$C_{filt}$  – коэффициент фильтра (от 0 до 1).

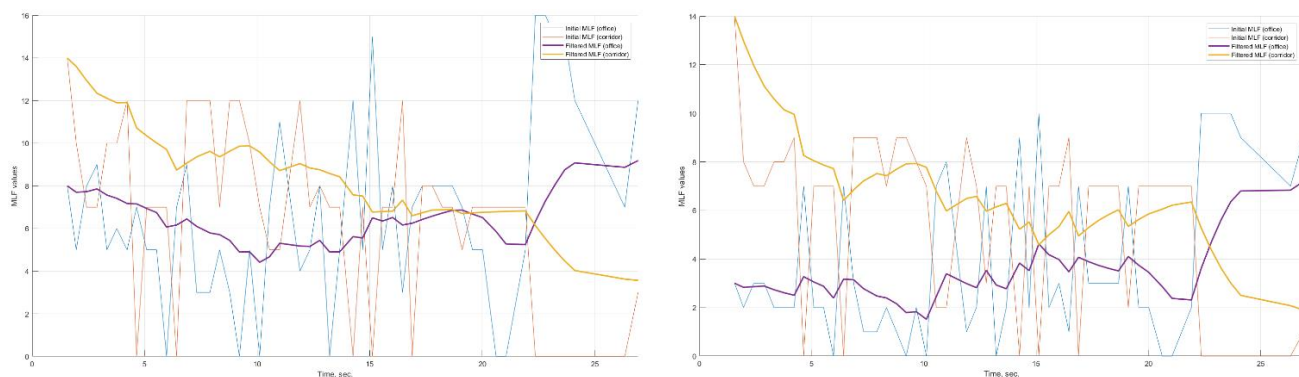


Рис. 3 – Тест 1а, случай «Коридор-офис»

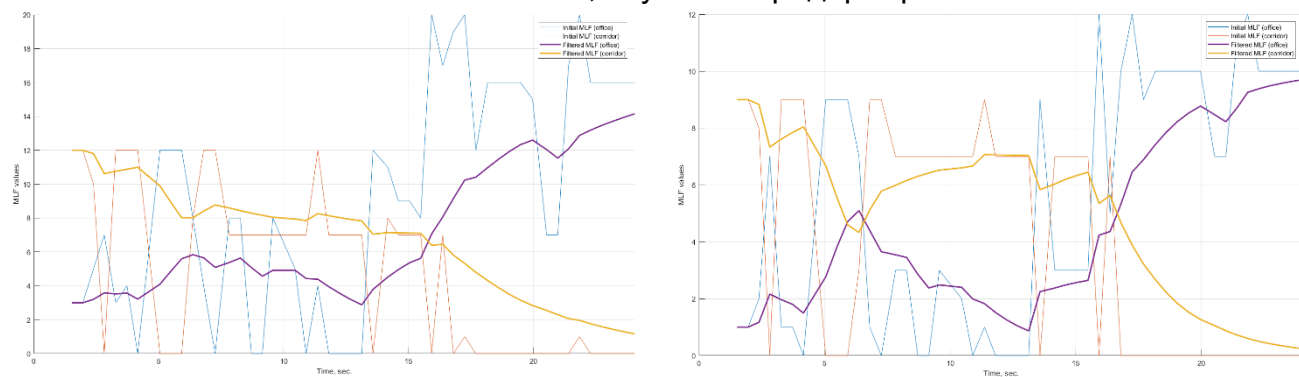


Рис. 4 – Тест 1б, случай «Коридор-офис»

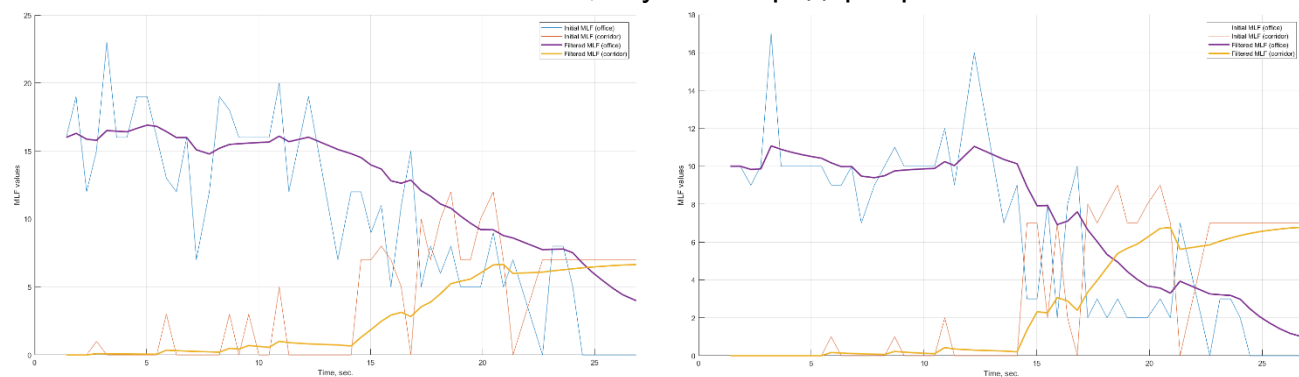


Рис. 5 – Тест 2а, случай «Офис-коридор»

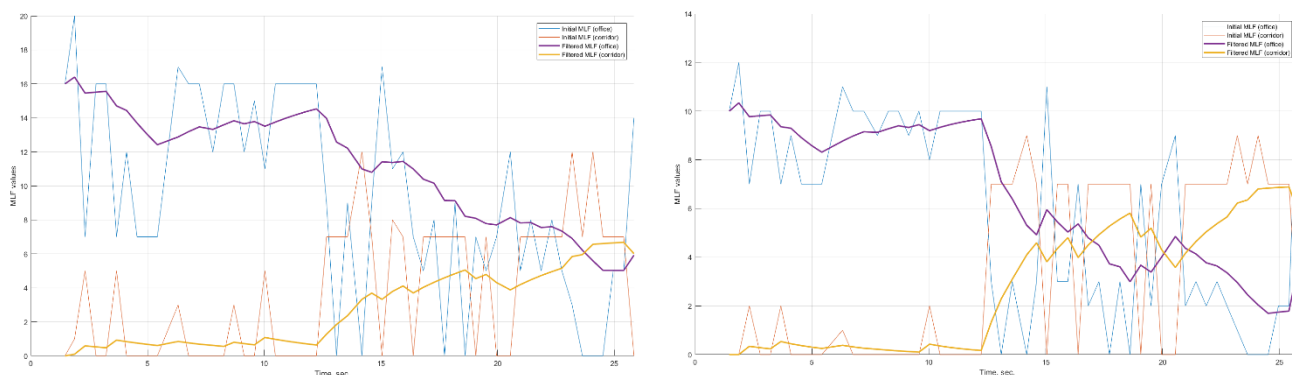


Рис. 6 – Тест 2б, случай «Офис-коридор»

Как видно из результатов в Таблицах 2-3, лучшие (стабильные) результаты показывает **алгоритм №3** (см. также рис. 3-6, справа). Однако в трех из четырех тестовых случаях у данного подхода есть несколько ложных срабатываний, что не приемлемо для практического решения.

### Модификация алгоритма №3 - устранение ложных срабатываний

Идея модификации (**алгоритм №4**) в том, что переключать карту надо только в том случае, когда исходный алгоритм последовательно  $N$  раз (по умолчанию  $N=3$ ) выдает новый этаж в качестве текущего. Для каждой карты здания вводится счетчик «*mapSwitchCounter*», который обнулен при старте.

Пример для случая двух карт – CORRIDOR и OFFICE. Первые 20 секунд исходный алгоритм выдавал в качестве текущего значения (переменной «*currentMap*») этажа карту CORRIDOR. На 21й секунде алгоритм выдал текущей карту OFFICE (переключения карты при этом нет, но *mapSwitchCounter*++). На следующем timestamp – снова алгоритм выдал карту OFFICE (переключения карты все еще нет, *mapSwitchCounter*++ и становится равным 2). На следующем timestamp – снова выдается карта OFFICE и только здесь срабатывает переключение карты, т.к. после инкремента счетчик *mapSwitchCounter* карты OFFICE достиг числа  $N$ . Если в данной ситуации на третьем timestamp алгоритм выдает карту CORRIDOR, то счетчик *mapSwitchCounter* карты OFFICE сбрасывается в 0.

Варианты обработки частных случаев:

- В начале работы счетчики «*mapSwitchCounter*» для всех карт обнулены;
- Текущее значение карты, переменная *currentMap*, устанавливается в то значение (можем использовать, например, ID карты), которое исходный алгоритм детектирования этажа покажет для данных в первом timestamp (не уверен в том, что это решение хорошо работает на практике, так как часто пакеты от близлежащих маяков приходят с опозданием; скорее всего, подкорректируем эту

часть после тестов; например, введем задержку для определения карты в 1 сек., т.е. будем показывать карту по результату алгоритма только на третий *timestamp*);

- Если на старте системы (в первый момент времени) максимальные значения ФМП на выходе исходного алгоритма равны, то в качестве текущей карты выбираем первую по ID (либо не по ID, а по какому-либо другому значению) и записываем это значение в переменную *currentMap*;
- Если максимальные значения ФМП на выходе исходного алгоритма равны в произвольный момент времени И «*mapSwitchCounter*»==2 (для той карты, которая имеет равное значение ФМП с текущей), то переключаем карту (меняем значение переменной *currentMap*); если «*mapSwitchCounter*»!=2, то ничего не делаем и оставляем карту без изменений и не увеличиваем счетчик ни одной из карт.

**Минус данной модификации:** появляется задержка в переключении карты, примерно в 1 сек., если N=3.

**Плюс данной модификации:** устраняются переключения карт из-за ложных срабатываний алгоритма (по крайней мере, на тех логах, которые есть в моем распоряжении на данный момент); решение становится приемлемым для практического использования.

Сравнительный анализ времени переключения карт для четырех тестовых случаев приведен в Табл. 4.

Таблица 4 – Сравнительный анализ времени переключения карт для четырех тестовых случаев (алгоритм №4)

| Тестовые случаи | Случай         | Реальный момент переключения (по видео) | Момент переключения по исходному алгоритму | Момент переключения по модификации алгоритма |
|-----------------|----------------|---|--|--|
| Тест 1а         | «Коридор-офис» | 20 сек.                                 | 22,81                                      | 23,67  |
| Тест 1б         | «Коридор-офис» | 14-15 сек.                              | 16,8                                       | 17,7   |
| Тест 2а         | «Офис-коридор» | 13-14 сек.                              | 18,59                                      | 19,46  |
| Тест 2б         | «Офис-коридор» | 14 сек.                                 | 17,28                                      | 18,18  |

**Дальнейшие модификации алгоритма:  
отключение фильтрации значений функции МП,  
различные значения параметра N**

Идея модификации в том, что отключаем feedback-фильтр, однако оставляем счетчик «mapSwitchCounter» и проверяем работу алгоритма для различных значений N (по умолчанию N=3).

**Алгоритм №5** – фильтр выключен, N=3.

**Алгоритм №6** – фильтр выключен, N=4.

**Алгоритм №7** – фильтр выключен, N=5.

Таблица 5 – Сравнительный анализ различных модификаций алгоритмов

| Тестовые случаи | Момент переключения (по видео) | Момент переключения / false det. (алгоритм №4) | Момент переключения / false det. (алгоритм №5) | Момент переключения / false det. (алгоритм №6) | Момент переключения / false det. (алгоритм №7) |
|-----------------|--------------------------------|--|--|--|--|
| Тест 1а         | 20 сек.                        | 22,81 / 0                                      | 23,24 / 0                                      | 23,67 / 0                                      | 24,12 / 0                                      |
| Тест 1б         | 14-15 сек.                     | 16,80 / 0                                      | 17,70 / 2                                      | 18,17 / 2                                      | 18,61 / 0                                      |
| Тест 2а         | 13-14 сек.                     | 18,59 / 0                                      | 18,12 / 0                                      | 18,59 / 0                                      | 19,02 / 0                                      |
| Тест 2б         | 14 сек.                        | 17,28 / 0                                      | 13,57 / 0                                      | 14,19 / 0                                      | 14,61 / 0                                      |

**Выводы:** 1) модификации №5 и №6 не подходят, так как есть ложные переключения;

2) особого улучшения или лучших результатов от модификации №7 не видно: ложных переключений нет, но значительно увеличилась задержка для трех из четырех случаев.

**Фильтрация значений функции МП и  
нормировка ненулевых значение функций МП на  
среднее геометрическое значение**

Идея модификации в том, что feedback-фильтр включен. Однако решение о текущем этапе принимается не по отфильтрованным значениям ФМП, а по **нормированным** отфильтрованным значениям вида. Нормировка осуществляется на среднее геометрическое ненулевых значений ФМП:

$$\widehat{MLF}_{raw}^1(t) = MLF_{raw}^1(t) / \sqrt[n]{MLF_{raw}^1(t) * MLF_{raw}^2(t)}$$

где  $MLF_{raw}^1(t)$  – функция МП для 1го этажа для  $t$ -го момента времени.

Счетчик «mapSwitchCounter» остается, проверяем работу алгоритма для различных значений N (по умолчанию N=3).

**Алгоритм №8** – фильтр включен, нормировка ФМП, N=3, (0,83 и [7 2 1]).

**Алгоритм №9** – фильтр включен, нормировка ФМП, N=3, (0,83 и [7 5 3 1]).

**Алгоритм №10** – фильтр включен, нормировка ФМП, N=4, (0,83 и [7 2 1]).

Таблица 6 – Сравнительный анализ различных модификаций алгоритмов

| Тестовые случаи | Момент переключения (по видео) | Момент переключения / false det. (алгоритм №4) | Момент переключения / false det. (алгоритм №8) | Момент переключения / false det. (алгоритм №9) | Момент переключения / false det. (алгоритм №10) |
|-----------------|--------------------------------|--|--|--|---|
| Тест 1а         | 20 сек.                        | 22,81 / 0                                      | 26,34 / 0                                      | 23,67 / 0                                      | 26,93 / 0                                       |
| Тест 1б         | 14-15 сек.                     | 16,80 / 0                                      | 18,61 / 0                                      | 16,80 / 0                                      | 19,04 / 0                                       |
| Тест 2а         | 13-14 сек.                     | 18,59 / 0                                      | 19,02 / 0                                      | 20,48 / 0                                      | 19,46 / 0                                       |
| Тест 2б         | 14 сек.                        | 17,28 / 0                                      | 16,39 / 0                                      | 24,09 / 0                                      | 16,82 / 0                                       |

**Выводы:** 1) в модификациях №8-10 отсутствуют ложные переключения, однако задержки в трех из четырех случаев увеличились по сравнению с алгоритмом №4;

2) алгоритм №4 по-прежнему считаю наиболее предпочтительным.

### Нормировка весов одинаковых значений RSSI

Согласно исходному алгоритму, если RSSI значения входной выборки совпадают, то этим сигналам присваиваются одинаковые веса. Идея модификации в том, чтобы нормировать одинаковые веса на их количество. Т.е., если есть схема весов [7 5 3 1]. По входной выборке получили следующий вектор весов: [7 7 7 5 5 3 1]. Далее, делим одинаковые веса на число одинаковых RSSI, т.е. [7/3 7/3 7/3 5/2 5/2 3 1]. По мнению Алексея это может дать более "непрерывные по времени" функции, если мы все же фильтруем ФМП.

**Алгоритм №11** – фильтр включен, одинаковые веса нормируются, N=3, (0,83 и [7 2 1]).

**Алгоритм №12** – фильтр включен, одинаковые веса нормируются, N=3, (0,83 и [7 5 3 1]).

**Алгоритм №13** – фильтр включен, нормировка ФМП, одинаковые веса нормируются, N=3, (0,83 и [7 2 1]).

Таблица 7 – Сравнительный анализ различных модификаций алгоритмов

| Тестовые случаи | Момент переключения (по видео) | Момент переключения / false det. (алгоритм №4) | Момент переключения / false det. (алгоритм №11) | Момент переключения / false det. (алгоритм №12) | Момент переключения / false det. (алгоритм №13) |
|-----------------|--------------------------------|--|---|---|---|
| Тест 1а         | 20 сек.                        | 22,81 / 0                                      | 23,67 / 0                                       | 21,06 / 3                                       | 26,34 / 0                                       |
| Тест 1б         | 14-15 сек.                     | 16,80 / 0                                      | 17,70 / 0                                       | 16,80 / 0                                       | 18,61 / 0                                       |
| Тест 2а         | 13-14 сек.                     | 18,59 / 0                                      | 19,46 / 0                                       | 20,93 / 0                                       | 19,02 / 0                                       |
| Тест 2б         | 14 сек.                        | 17,28 / 0                                      | 18,18 / 0                                       | 24,09 / 0                                       | 16,39 / 0                                       |

**Выводы:** 1) алгоритм №4 по-прежнему считаю наиболее предпочтительным, так как алгоритмы №11 и 13 работают хуже с точки зрения задержки переключения.