

Сопряжение клиентского ПО с ИРЗ Радаром 24 ГГц через ИРЗ Адаптер Json

1 Общие сведения

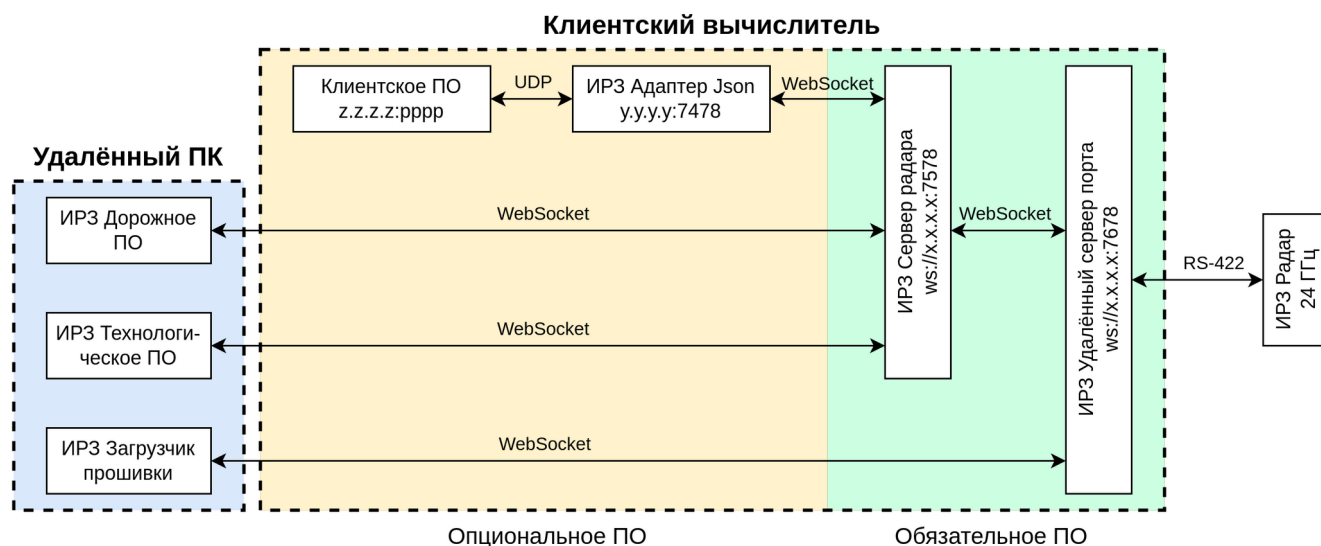


Рисунок 1 — Диаграмма сопряжения ПО

ИРЗ Радар 24 ГГц подключается к клиентскому вычислителю по цифровой UART- подобной линии **RS-422**. На рисунке 1 показана диаграмма сопряжения ПО. Зелёной заливкой отмечено ПО, установка которого обязательна для функционирования ИРЗ Адаптера Json, а также для обеспечения возможности удалённой перепрошивки ИРЗ Радара 24 ГГц. Жёлтым цветом обозначено ПО, реализующее сопряжение, описанное в настоящем документе.

2 Подключение через ИРЗ Адаптер Json

Поскольку транспорт Udp не предполагает установления соединения, ИРЗ Адаптер Json хранит в своей конфигурации перечень всех клиентов, которым рассылаются пакеты от радара. Клиентское ПО также должно хранить в своей конфигурации адрес адаптера. В типовом сопряжении ПО (см. рисунок 1) адаптер доступен по адрес **y.y.y.y:7478**, а клиентское ПО может иметь любой Udp-адрес **z.z.z.z:pppp**.

ИРЗ Адаптер Json осуществляет преобразование поступающих с радара бинарных данных в текстовое представление Json, а также обратное преобразование текстовых команд от клиентского ПО в бинарные команды, которые через сервер радара передаются на устройство.

3 Формат Json-сообщений

Существует три базовых типа Json-сообщений для взаимодействия с ИРЗ Радаром 24 ГГц:

- 1) Данные о состоянии радара (только от радара к клиентскому ПО);
- 2) Регулярные данные о целях (только от радара к клиентскому ПО);
- 3) Команды настройки радара:
 - а) Запросы (от клиентского ПО к радару);
 - б) Ответ (от радара к клиентскому ПО).

Примечание: Параметры в Json-сообщениях могут располагаться в любой последовательности, т. к. это не оговорено в стандарте. В некоторых программных реализациях производится упорядочивание по алфавиту.

3.1 Данные о состоянии радара (Json-сообщение, тип 1)

Данное сообщение отсылается при каждом изменении состояния радара и периодически с интервалом 5 секунд. Структура сообщения с примером данных:

```
{
  "name": "STATE",
  "state_code": 2,
  "state_time": "2024-09-26T09:20:05.625+04:00",
  "sensor_id": "id радара"
}
```

Таблица 1 — Параметры данных о состоянии радара

Параметр	Тип данных	Возможные значения	Единицы измерения	Описание
state_code	integer enum	{0, 1, 2}, {-1}		код состояния радара: 0 — нет сообщений: радар не подключен, не запитан, запускается или перезагружается; 1 — радар занят: инициализируется или меняет режим работы; 2 — радар работает и готов принимать команды; -1 — ИРЗ Адаптер Json настроен неправильно: радар работает по другому бинарному протоколу
state_time	string			дата-время изменения состояния, формат согласно ISO 8601
sensor_id	string			строка с id радара

3.2 Регулярные данные о целях (Json-сообщение, тип 2)

Структура сообщения с примером данных:

```
{
  "name": "OBJECTS",
  "protocol_version": "1.0",
  "cycle_id": 11965,
  "frame_time": "2024-09-26T09:23:31.795+04:00",
  "rows": 2,
  "rows_data": [
    {
      "sensor_id": "SensR-24.01 2201 000005",
      "time": "2024-09-26T09:23:31.795+04:00",
      "obj_id": 35,
      "lane": 2,
      "obj_class": "B",
      "obj_length": 4.4,
      "point_x": 22.56,
      "point_y": -3,
      "obj_speed": 6.48,
      "obj_speed_mps": 1.8,
      "heading": 0
    },
    {
      "sensor_id": "SensR-24.01 2201 000005",
      "time": "2024-09-26T09:23:31.645+04:00",
      "obj_id": 42,
      "lane": 5,
      "obj_class": "E",
      "obj_length": 18,
      "point_x": 43.72,
      "point_y": 11.4,
      "obj_speed": -36,
      "obj_speed_mps": -10,
      "heading": 180
    }
  ]
}
```

Таблица 2 — Параметры регулярных данных о целях

Параметр	Тип данных	Возможные значения	Единицы измерения	Описание
protocol_version	string	"1.0"		версия Json-протокола
cycle_id	integer	[0; 2 ³² -1]		порядковый номер замера ¹
frame_time	string			дата-время приёма кадра, формат согласно ISO 8601
rows	integer	[0; 64]		количество записей в массиве целей
rows_data	object array			массив целей
sensor_id	string			строка с id радара
time	string			дата-время последней фиксации цели ² , формат согласно ISO 8601
obj_id	integer	[0; 63]		id цели
lane	integer	[0; 7], {-1}		номер полосы, начиная с 0; -1 — номер полосы не определён ³
obj_class	string	{"A", "B", "C", "E"}, {"N"}		класс транспортного средства (ТС): "A" — мотоцикл, квадроцикл, мопед, велосипед; "B" — легковой автомобиль; "C" — грузовой автомобиль; "E" — длинномерный грузовой автомобиль или автопоезд; "N" — класс ТС не определён
obj_length	float		м	длина цели
point_x	float		м	координата цели по оси X (вдоль дороги) ⁴
point_y	float		м	координата цели по оси Y (поперёк дороги) ⁴
obj_speed	float	(-360; +360)	км/ч	скорость цели ⁴
obj_speed_mps	float	(-100; +100)	м/с	скорость цели ⁴
heading	float	(-180; 180]	угл. градусы	азимут движения цели ⁵

¹ Параметр **cycle_id** является инкрементальным счётчиком. При переполнении значение сбрасывается в ноль. Когда радар занят (см. сообщение STATE), значение счётчика не увеличивается.

² Если цель зафиксирована в текущем замере, значение её параметра **time** совпадает со значением **frame_time** всего кадра, в противном случае цель выдаётся адаптером ещё в течение **500 мс** во избежание «мерцания» (пропадания и появления вновь), предсказание изменения позиции при этом не производится.

³ Разделение дороги на полосы производится посредством накопления и обработки статистики проездов целей в течение **первых суток** с момента включения или перезапуска радара. Определение номера полосы становится доступным не ранее чем через **1 час** работы с момента включения или перезапуска радара. **Примечание:** этот функционал в процессе разработки.

⁴ Если радар располагается над осью (разделительной полосой) дороги с правосторонним движением, то попутные цели будут иметь отрицательную координату **Y** и положительную скорость, встречные — наоборот. Координата **X** целей всегда имеет положительные значения (она может быть отрицательной, только если координата **X** самого радара установлена отрицательной, см. сообщение SET_POSITION).

⁵ Значение параметра **heading** является приблизительным, значение **0 градусов** соответствует попутному направлению движения, **+180 градусов** — встречному.

3.3 Команды настройки радара (Json-сообщения, тип 3)

Примечание: Команды настройки рекомендуется подавать последовательно, переходя к следующей только после получения ответа с положительным результатом исполнения текущей команды. В связи с тем, что некоторые текстовые команды (например, SET_LIMITATIONS) подразумевают передачу на радар более десятка бинарных команд, время ожидания прихода ответного сообщения может составлять до одной минуты. Во всех командах параметр **sensor_id** может быть оставлен пустым или убран, т. к. он пока не используется.

На все команды настройки (тип 3, а) приходят односторонние ответные сообщения (тип 3, б), при этом параметр **name** ответа совпадает с аналогичным параметром отправленной команды. Структура ответного сообщения с примером данных:

```
{
  "name": "SET_POSITION",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "result": true,
      "sensor_id": "SensR-24.01 2201 000005"
    }
  ]
}
```

Таблица 3 — Параметры ответа на команду

Параметр	Тип данных	Возможные значения	Единицы измерения	Описание
count	integer	1		всегда 1
data	object array			массив присланных данных с единственным элементом
result	bool			результат выполнения команды: true — выполнена; false — не выполнена
sensor_id	string			строка с id радара

3.3.1 Команда изменения расположения радара

Структура сообщения (тип 3, а) с примером данных:

```
{
  "name": "SET_POSITION",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "x": 0,
      "y": 4,
      "z": 5.2,
      "xy": -7.5,
      "xz": 9.1,
      "yz": 0,
      "sensor_id": "id радара"
    }
  ]
}
```

Таблица 4 — Параметры команды изменения расположения радара

Параметр	Тип данных	Допустимые значения	Единицы измерения	Описание
count	integer	1		всегда 1
data	object array			массив передаваемых данных с единственным элементом
x	float	[-25; 25]	м	смещение по оси X ¹ (обычно 0)
y	float	[-25; 25]	м	смещение по оси Y ¹
z	float	[0. 20]	м	высота установки ¹
xy	float	[-30; 30]	угл. градусы	угол азимута (курса) ¹
xz	float	[-30; 30]	угл. градусы	угол места (тангажа) ¹
yz	float	[-30; 30]	угл. градусы	угол собственной оси (крена) ¹ (обычно 0)
sensor_id	string			строка с id радара (не используется)

¹ Оси дороги **X**, **Y** и **Z**, в которых оперирует радар, образуют правую тройку векторов Евклидова пространства. Если радар установлен над осью (разделительной полосой) дороги с правосторонним движением, угол азимута (курса) принимает положительные значения при повороте нормали радара в сторону встречных полос (против часовой стрелки при взгляде с конца оси **Z**). Угол места (тангажа) увеличивается при склонении нормали радара вниз от горизонтального положения (против часовой стрелки при взгляде с конца оси **Y**), см. рисунок 2. Угол собственной оси (крена) увеличивается при вращении радара против часовой стрелки при взгляде с конца оси **X**.

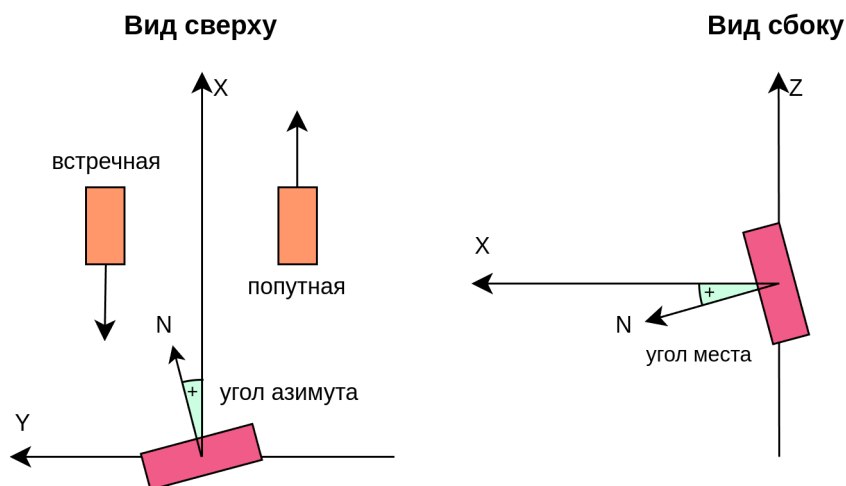


Рисунок 2 — Оси радара

Примечание: Автоматическое сохранение позиции радара в ПЗУ после обработки данной команды не производится. Для сохранения в ПЗУ позиции и прочих параметров используйте текстовую команду `RESTART_RADAR` с параметром `save_to_flash`, установленным в `true`.

3.3.2 Команда выбора режима работы радара

Структура сообщения (тип 3, а) с примером данных:

```
{
  "name": "SET_MODE",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "mode": 0,
      "sensor_id": "id радара"
    }
  ]
}
```

Таблица 5 — Параметры команды выбора режима работы радара

Параметр	Тип данных	Допустимые значения	Единицы измерения	Описание
count	integer	1		всегда 1
data	object array			массив передаваемых данных с единственным элементом
mode	integer enum	{0, 1, 2}		режим работы, в который необходимо переключиться ¹ : 0 — штатный (дорожный) режим; 1 — режим поверки по имитатору «ИС-24»; 2 — режим поверки по имитатору «Сапсан ЗМ лит. 2»
sensor_id	string			строка с id радара (не используется)

¹ Радар всегда запускается в штатном режиме работы. Переход в режим поверки по имитатору приводит к автоматическому прекращению режима демонстрационных целей (см. сообщение SET_FAKE_TARGETS) и отключению ограничений по выдаче целей (см. сообщение SET_LIMITATIONS). По возвращении в штатный (дорожный) режима работы их необходимо активировать повторно, если требуется.

3.3.3 Команда включения режима демонстрационных целей

Структура сообщения (тип 3, а) с примером данных:

```
{
  "name": "SET_FAKE_TARGETS",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "enabled": true,
      "sensor_id": "id радара"
    }
  ]
}
```

Таблица 6 — Параметры команды включения режима демонстрационных целей

Параметр	Тип данных	Допустимые значения	Единицы измерения	Описание
count	integer	1		всегда 1
data	object array			массив передаваемых данных с единственным элементом
enabled	bool			режим демонстрационных целей: true — включить ¹ ; false — выключить
sensor_id	string			строка с id радара (не используется)

¹ Включенное состояние режима демонстрационных целей не сохраняется в ПЗУ и не будет восстановлено после перезапуска радара.

3.3.4 Команда настройки ограничений выдачи целей

Структура сообщения (тип 3, а) с примером данных:

```
{
  "name": "SET_LIMITATIONS",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "spd_x_min": 1,
      "spd_x_max": 100,
      "spd_y_min": 0,
      "spd_y_max": 10,
      "pos_x_min": 5,
      "pos_x_max": 100,
      "pos_y_min": -10,
      "pos_y_max": 10,
      "enabled": true,
      "sensor_id": "id радара"
    }
  ]
}
```

Таблица 7 — Параметры команды настройки ограничений выдачи целей

Параметр	Тип данных	Допустимые значения	Единицы измерения	Описание
count	integer	1		всегда 1
data	object array			массив передаваемых данных с единственным элементом
spd_x_min	float	[0; 10]	м/с	ось X, минимум скорости (по модулю)
spd_x_max	float	[10; 100]	м/с	ось X, максимум скорости (по модулю)
spd_y_min	float	[0; 10]	м/с	ось Y, минимум скорости (по модулю)
spd_x_max	float	[10; 100]	м/с	ось Y, максимум скорости (по модулю)
pos_x_min	float	[0; 50]	м	ось X, минимум позиции (всегда ≥ 0)
pos_x_max	float	[50; 250]	м	ось X, максимум позиции (всегда > 0)
pos_y_min	float	[-25; 25]	м	ось Y, минимум позиции (со знаком)
pos_y_max	float	[-25; 25]	м	ось Y, максимум позиции (со знаком)
enabled	bool			ограничения выдачи целей: true — включить; false — выключить
sensor_id	string			строка с id радара (не используется)

3.3.5 Команда выставления порога чувствительности радара

Структура сообщения (тип 3, а) с примером данных:

```
{
  "name": "SET_SENSITIVITY",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "threshold": 100,
      "sensor_id": "id радара"
    }
  ]
}
```

Таблица 8 — Параметры команды выставления порога чувствительности радара

Параметр	Тип данных	Допустимые значения	Единицы измерения	Описание
count	integer	1		всегда 1
data	object array			массив передаваемых данных с единственным элементом
threshold	integer	[1; 500]		порог чувствительности радара ¹
sensor_id	string			строка с id радара (не используется)

¹ Наличие металлических объектов, ограждений, рекламных конструкций, подвесных знаков и прочего в поле излучения-приёма радара может приводить к ложным срабатываниям. Чем выше значение параметра **threshold**, тем сильнее подавляются шумы и помехи, что побочно приводит к уменьшению дальности обнаружения целей и пропуску некоторых из них. Чем ближе к поверхности дороги установлен радар, тем выше значение порога чувствительности следует устанавливать. Подбор данного параметра желательно производить на каждом конкретном месте установки радара. Общая рекомендация по подбору порога чувствительности такова: увеличивать значение до тех пор, пока дальность обнаружения не опустится ниже необходимой или пока в дальних полосах не начнут часто появляться цели без трека, после чего обратно уменьшить порог на **20–40** единиц.

3.3.6 Команда выбора канала частоты

Структура сообщения (тип 3, а) с примером данных:

```
{
  "name": "SET_CHANNEL",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "channel_id": 1,
      "sensor_id": "id радара"
    }
  ]
}
```

Таблица 9 — Параметры команды выбора канала частоты

Параметр	Тип данных	Допустимые значения	Единицы измерения	Описание
count	integer	1		всегда 1
data	object array			массив передаваемых данных с единственным элементом
channel_id	integer	[0; 16]		номер канала ¹
sensor_id	string			строка с id радара (не используется)

¹ При наличии неподалеку другого действующего радара с базовой частотой 24 ГГц вероятны искажения в измерениях: искривления треков и ложные срабатывания, особенно если радары направлены навстречу друг другу. Если радар регулярно выдаёт в каких-то точках или зонах ложные срабатывания, например, не сдвигающиеся с места цели с сохраняющейся скоростью, вероятно, имеет место конфликт частот с другим радаром. В этом случае следует опытным путем подобрать такой частотный канал, на котором количество ложных срабатываний станет минимальным. Если оба радара производства ИРЗ, то номера каналов частоты на них необходимо выбирать из ряда **{0, 8, 16}**, т. к. каналы с этими номерами попарно полностью разнесены по диапазону излучаемых частот.

3.3.7 Команда отправки произвольной бинарной команды на запись

Примечание: Данную команду следует использовать только в тех случаях, когда для выполнения требуемой операции нет специализированной Json-команды.

Структура сообщения (тип 3, а) с примером данных:

```
{
  "name": "FREE_SET_COMMAND",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "is_fixed": false,
      "action": 148,
      "param_number": 4,
      "param_value": 150,
      "sensor_id": "id радара"
    }
  ]
}
```

Таблица 10 — Параметры команды отправки произвольной бинарной команды на запись

Параметр	Тип данных	Допустимые значения	Единицы измерения	Описание
count	integer	1		всегда 1
data	object array			массив передаваемых данных с единственным элементом
is_fixed	bool			тип данных ¹ устанавливаемого параметра: true — тип fixed; false — тип integer
action	integer	[0; 255]		номер действия ¹
param_number	integer	[0; 255]		номер параметра ¹
param_value	integer / float			значение параметра: для типа integer — передаётся в радар как есть; для типа fixed — присланное значение типа float будет преобразовано в число фиксированной точности (fixed) с шестью знаками после запятой (точность представления 10⁻⁶)
sensor_id	string			строка с id радара (не используется)

¹ Тип данных, номер действия и номер параметра см. в Части 2 Руководства по эксплуатации ИРЗ Радара 24 ГГц.

3.3.8 Команда перезагрузки радара и сохранения параметров в ПЗУ

Структура сообщения (тип 3, а) с примером данных:

```
{
  "name": "RESTART_RADAR",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "save_to_flash": false,
      "sensor_id": "id радара"
    }
  ]
}
```

Таблица 11 — Параметры команды перезагрузки радара и сохранения параметров в ПЗУ

Параметр	Тип данных	Допустимые значения	Единицы измерения	Описание
count	integer	1		всегда 1
data	object array			массив передаваемых данных с единственным элементом
save_to_flash	bool			сохранение текущих параметров в ПЗУ: true — радар сохранит текущие параметры в ПЗУ и перезагрузится; false — радар перезагрузится, сбросив параметры к предыдущим сохранённым значениям
sensor_id	string			строка с id радара (не используется)