

0.1 Формат описания входных данных

Формат входных данных обратно совместим с форматом, использованным в некоторых версиях Oregmon для описания сообщений и битовых полей на основе спецификации ПИВ.

Входные данные представляют собой XML-документ следующего содержания:

```
<?xml version="1.0"?>

<piv version="1.1">
  <signals>
    <!-- ...signals -->
    <signal identifier="" type="" signed="">
      <restrict type="" value="" level="" />
    <!-- ... -->
  </signal>
  <!-- ... -->
</signals>

<abonents>
  <!-- ...abonents -->
  <abonent identifier="" mil1553_addr="">
    <!-- ...type_messages -->
    <mil1553_messages>
      <!-- controller messages -->
      <mil1553_contrMessage identifier="" direction="" addr=""
        subaddr="" numWords="">
        <!-- ...bitfields -->
        <bitfield identifier="" signal="" firstWord=""
          firstBit="" numBits="" lowerBitCost="" />
        <!-- ... -->
      </mil1553_contrMessage>

      <!-- terminal messages -->
      <mil1553_termMessage identifier="" direction=""
        subaddr="" numWords="">
        <!-- ...bitfields -->

      </mil1553_termMessage>
    </mil1553_messages>
    <!-- ... -->
  </abonent>
  <!-- ... -->
</abonents>
```

```

</abonents>

<restricts>
  <!-- restricts -->
  <restrict messageId="" type="" level="" value="">
    <!-- special restriction params -->
    <param name="" value="" />
    <!-- ... -->
  </restrict>
  <!-- ... -->
</restricts>
</piv>

```

Листинг 1: Структура файла описания входных данных

Атрибуты описания абонента (тег `abonent`):

- `identifier` - идентификатор абонента (строка - идентификатор Си);
- `mil1553_addr` - адрес абонента на шине MIL STD-1553B.

Атрибуты описания сигнала (тег `signal`):

- `identifier` - идентификатор сигнала (строка - идентификатор Си);
- `type` - тип данных сигнала (например, `int`, `unsigned int`, `double`); приведён для справки;
- `signed` - является ли сигнал знаковым (`true|false`, по умолчанию `true`).

Атрибуты описания ограничений для сигнала (тег `restrict` внутри тега `signal`):

- `type` - тип ограничения (см. Ограничения для сигналов);
- `value` - значение для ограничения (необязательный параметр), зависит от типа ограничения;
- `level` - уровень критичности ограничения (`info`, `notice`, `warning`, `error`).

Тег `restrict` также может содержать элементы внутри, если это требуется для определённого типа ограничений.

Атрибуты сообщения MIL STD-1553B для контроллера (тег `mil1553_contrMessage`):

- identifier - идентификатор сигнала (строка - идентификатор Си);
- direction - направление (input | output - к/от контроллера);
- addr - адрес ОУ (число от 1 до 31);
- subaddr - подадрес ОУ (целое число от 1 до 30);
- numWords - число слов в сообщении (от 1 до 32).

Атрибуты сообщения MIL STD-1553В для оконечного устройства (тег mil1553_termMessage):

- identifier - идентификатор сигнала (строка - идентификатор Си);
- direction - направление (input | output - к/от контроллера);
- subaddr - подадрес ОУ (целое число от 1 до 30);
- numWords - число слов в сообщении (от 1 до 32).

Стоит заметить, что в описании сообщений MIL STD-1553В для оконечных устройств не указан адрес ОУ-получателя сообщения. Это связано с особенностями внутреннего устройства используемых БД ПИВ. Для формирования полного заголовка сообщения требуется найти два “полусообщения” - сообщения mil1553_termMessage у двух абонентов, где атрибуты identifier для сообщений совпадают.

0.2 Формирование проверяющих объектов

0.3 Ограничения для сообщений

0.3.1 Частота появления сообщения

Проверяется частота появления сообщения требуемого типа на шине.

Подсчёт частоты происходит вычислением временного интервала между получением текущего и предыдущего сообщений (точное время получения сообщений записано в структуре Exchange).

Параметры ограничения:

- *value* - требуемое значение частоты в герцах (Гц);
- *maxDeviation* - максимальное отклонение значения частоты (по модулю). Может быть записано в абсолютной величине (без суффикса; например, 1.0), так и в процентах (с суффиксом '%'). По умолчанию - 5%.

Описание ограничения в файле протокола:

```
<restrict messageId="message_id" type="frequency" level="warning"
  value="10.0">
  <param name="maxDeviation" value="1.0" />
</restrict>
```

Листинг 2: Частота появления сообщения

0.3.2 Ошибочные состояния

Проверяются ошибочные состояния сообщения (флаги MIL STD-1553B).

Флаги описаны в структуре Exchange.

Параметров у ограничения нет.

Описание ограничения в файле протокола:

```
<restrict messageId="message_id" type="errors" level="warning" />
```

Листинг 3: Ошибочные состояния сообщения

0.3.3 Последовательность сообщений

Проверяется последовательность сообщений.

Последовательность сообщений задаётся с помощью идентификатора последовательности. Каждое сообщение, входящее в последовательность, имеет в ней порядковый номер. Анализатор проверяет, соблюдается ли порядок появления сообщений в канале согласно порядку номеров.

Стоит заметить, что сообщения не обязательно должны следовать друг за другом; между сообщениями одной последовательности могут появляться другие сообщения. Проверяется порядок именно тех сообщений, которые включены в последовательность.

В параметрах ограничения описывается строковый идентификатор последовательности (идентификатор Си) и номер сообщения в последовательности.

Если после анализа файла протокола выяснится, что номера каких-либо сообщений в последовательности совпадают, пользователь получит сообщение об ошибке и ограничение проверяться не будет. Последовательность пар номер - тип сообщения будет упорядочена по номеру.

При получении первого сообщения за время работы анализатор выставит внутренний индекс на номер полученного сообщения. При получении следующего анализатор сравнит номер следующего полученного сообщения со следующим сообщением в последовательности. При несовпадении будет выведено сообщение об ошибке, при этом внутренний индекс вновь будет сброшен.

Параметры ограничения:

- `sequenceId` - идентификатор последовательности (строка - идентификатор Си);
- `order` - номер сообщения в последовательности.

Описание ограничения в файле протокола:

```
<restrict messageId="message1" type="sequence" level="warning">
  <param name="sequenceId" value="sequence1" />
  <param name="order" value="1" />
</restrict>
<restrict messageId="message2" type="sequence" level="warning">
  <param name="sequenceId" value="sequence1" />
  <param name="order" value="2" />
</restrict>

<!-- ... -->

<restrict messageId="messageN" type="sequence" level="warning">
  <param name="sequenceId" value="sequence1" />
  <param name="order" value="N" />
</restrict>
```

Листинг 4: Последовательность сообщений

В случае несовпадения параметра `level` у описаний одной и той же последовательности, пользователь получит предупреждение, при этом будет выбрано самое сильное значение параметра.

0.3.4 Значение контрольной суммы в полезной нагрузке

Проверяется значение контрольной суммы для некоторого диапазона байт в полезной нагрузке сообщения.

Подразумевается, что в полезной нагрузке сообщения можно специально выделить две последовательности байт, где одна из них - блок данных, а вторая - значение контрольной суммы для этого блока данных.

Параметры ограничения:

- `function` - функция подсчёта контрольной суммы (`crc8`, `crc16`);
- `dataStart` - номер первого байта последовательности блока данных;
- `dataSize` - длина последовательности блока данных;
- `checksumStart` - номер первого байта поля контрольной суммы. Подразумевается, что длина поля контрольной суммы известна по функции подсчёта.

Описание ограничения в файле протокола:

```
<restrict messageId="message_id" type="checksum" level="warning">
  <param name="function" value="crc8" />
  <param name="dataStart" value="0" />
  <param name="dataSize" value="8" />
  <param name="checksumStart" value="8" />
</restrict>
```

Листинг 5: Проверка контрольной суммы

0.4 Ограничения для параметров

0.4.1 Частота обновления параметра

Проверяется минимальная частота обновления значения параметра.

Подсчёт частоты происходит вычислением временного интервала между получением текущего и предыдущего сообщений. Точное время получения значения параметра передаётся вместе со значением в структуре `ParameterContainer::ParamValue`.

Параметры ограничения:

- *value* - требуемое минимальное значение частоты в герцах (Гц);

Описание ограничения в файле протокола:

```
<signal identifier="signal1">
  <restrict type="minFrequency" level="error" value="1.0" />
</signal>
```

Листинг 6: Частота появления сообщения

0.4.2 Пороговые значения

Проверяется выход значения параметра за некоторое пороговое значение (вверх или вниз).

Для одного параметра можно описать несколько различных пороговых значений (в том числе одного типа) при том, что у ограничений будут различаться уровни критичности (параметры *level*). В случае, если значение параметра вышло за несколько пороговых значений одного типа (*min* или *max*), сообщение будет выведено для порогового значения с самым сильным значением уровня критичности.

Типы ограничений:

- *min* - минимальное значение параметра;
- *max* - максимальное значение параметра.

Параметры ограничения:

- *value* - пороговое значение.

Описание ограничения в файле протокола:

```
<signal identifier="signal1">
  <restrict type="max" level="error" value="10.0" />
  <restrict type="max" level="warning" value="9.0" />

  <restrict type="min" level="warning" value="2.0" />
  <restrict type="min" level="error" value="1.0" />
</signal>
```

Листинг 7: Пороговые значения параметра

0.4.3 Равенство константе

Проверяется равенство значения параметра определённой константе (или равенство с допустимой погрешностью).

Параметры ограничения:

- *value* - константа,
- *maxDeviation* - максимальное отклонение значения от константы в абсолютной величине (по модулю). По умолчанию - 0.

Описание ограничения в файле протокола:

```
<signal identifier="signal1">
  <restrict type="const" level="error" value="10.0" />
</signal>

<signal identifier="signal2">
  <restrict type="const" level="error" value="120.0">
    <param type="maxDeviation" value="2.0" />
  </restrict>
</signal>
```

Листинг 8: Равенство значения параметра константе

0.4.4 Гладкость

Проверяется гладкость параметра - ограничение на максимальную (по модулю) скорость изменения значения параметра.

Скорость изменения параметра измеряется в единицах измерения значения параметра в секунду и считается между двумя соседними событиями обновления значения параметра по формуле:

$$v = \frac{val_2 - val_1}{t_2 - t_1},$$

где v - скорость изменения значения параметра, val_2, val_1 - соответственно текущее и предыдущее значения наблюдаемого параметра, t_2, t_1 - время получения текущего и предыдущего значения параметра соответственно (в секундах с момента начала записи трассы).

Параметры ограничения:

- *value* - максимальное значение скорости изменения параметра (по модулю).

Описание ограничения в файле протокола:


```
<signal identifier="signal1">
  <restrict type="smooth" level="error" value="0.25" />
</signal>
```

Листинг 9: Гладкость значения параметра

0.4.5 Связанные параметры

Проверяется соответствие значений нескольких различных параметров, имеющих общую природу.

Например, высота над уровнем моря на борту самолёта может быть получена от модуля позиционирования, использующего GPS, и от модуля, использующего барометрический датчик. Каждый модуль предлагает свой собственный параметр, требуется сравнить эти параметры с некоторой заранее заданной погрешностью.

Параметры связываются в группы, определёнными с помощью строковых идентификаторов группы (идентификатор Си). Для каждого отдельного параметра устанавливается максимальная погрешность измерений (в абсолютной или относительной величине), а также “время жизни” - интервал времени, в течение которого значение параметра считается валидным.

При получении нового значения параметра, включённого в группу, происходят следующие действия:

1. Значение параметра и время получения этого значения вносится в таблицу значений группы;
2. Определяются все “живые” значения параметров (те значения, для времени получения которых верно: $t_{now} \leq t_{recv} + timeout$);
3. Вычисляются абсолютные значения погрешностей для каждого параметра группы;
4. Строится множество отрезков, заданных центральной точкой (значение параметра) и радиусом (величина погрешности);
5. Строится пересечение полученных отрезков. Если пересечение отрезков пусто - ограничение нарушено.

Параметры ограничения:

- group - идентификатор группы связанных параметров (строка - идентификатор Си);

- `measureError` - допустимая ошибка измерения параметра. Может быть записана в абсолютной величине (без суффикса) или относительной величине (с суффиксом '%');
- `timeout` - время жизни последнего полученного значения.

Описание ограничения в файле протокола:

```
<signal identifier="signal1">
  <restrict type="bind" level="error">
    <param name="groupId" value="group1" />
    <param name="measureError" value="5%" />
    <param name="timeout" value="10s" />
  </restrict>
</signal>

<signal identifier="signal2">
  <restrict type="bind" level="error">
    <param name="groupId" value="group1" />
    <param name="measureError" value="0.3" />
    <param name="timeout" value="1s" />
  </restrict>
</signal>
```

Листинг 10: Связанные параметры

В случае несовпадения параметра `level` у описаний одной и той же группы связанных параметров, пользователь получит предупреждение, при этом будет выбрано самое сильное значение параметра.

0.4.6 Автоинкремент значения параметра

Автоинкремент - свойство целочисленного значения параметра увеличиваться на 1 с определённой частотой. Такие параметры могут использоваться для проверки работоспособности модуля абонента.

Проверяется соблюдение свойства автоинкремента значения параметра.

Параметры ограничения:

- `timeout` - длина максимального временного интервала, в течение которого значение параметра может оставаться неизменным.

Описание ограничения в файле протокола:

```
<signal identifier="signal1">  
  <restrict type="autoincrement" level="error">  
    <param name="timeout" value="1s" />  
  </restrict>  
</signal>
```

Листинг 11: Автоинкремент