
Инструкция по применению по Псевдодалности/Дэльта-фазе(PDP) и GL1DE фильтрам

Введение

Эта инструкция содержит информацию о фильтре Псевдодалности/Дэльта-фазе(PDP) и общие рекомендации к использованию. Этот документ вводит GL1DE в команды PDPFILTER и PDPMODE (см. стр. 7-8).

О PDP

PDP фильтр производит выборку измерений основываясь на предполагаемой динамике транспортного средства и выдает уже отфильтрованные решения координат и скоростей. Преимуществом такого подхода является выдача более сглаженных решений и повышение их достоверности. При подключении в решение фильтра PDP происходит оптимизация абсолютных точностей кодовых наблюдений, а также значительно повышается стабильность фазовых и доплеровских наблюдений. По отношению к стандартным алгоритмам, использующих наблюдения только по коду, стабильность решений повышается за счет использования оптимальной комбинации указанных выше типов сигналов.

PDP отличается от стандартного алгоритма мгновенного определения координат, при котором получение решения возможно только при видимости более 3 спутников. PDP позволяет получить решение для короткого периода времени, когда наблюдалось менее чем 4 спутника используя все доступные измерения и предположение о динамике транспортного средства. Использование всех возможных измерений позволяет лучше определять ошибку измерений, таким образом, некачественные измерения не берутся в решение вовсе.

В условиях, когда проход GNSS сигналов затруднен какими-либо препятствиями, такими как деревья или здания, фильтр PDP способен затянуть короткие срывы или даже полную потерю сигналов непрерывными решениями по координатам и скоростям. В условиях, когда спутники то берутся, то исключаются из решения, PDP помогает минимизировать скачки в решениях по координатам, которые часто связаны с изменением геометрии спутников.

Тем не менее, при использовании PDP не всегда можно получить решение. В условиях когда сигнал отсутствует долгий период времени, например, в туннеле или на сильно застроенной территории PDP будет иметь те же проблемы, что и все спутниковые навигационные системы и решение будет невозможно.

О GL1DE

В то время как PDP фильтр выдает оптимальные решения в сложных условиях, фильтр GL1DE разработан для достижения единственной важной цели. Он идеален при отличных условиях видимости неба, когда пользователю необходимо постоянно получать жестко связанные, сглаженные решения. Фильтр GL1DE

лучше показывает себя при работе в автономном режиме или с подключением дифференциального сервиса WAAS, чем в режиме ДГНСС.

Фильтр PDP выдает более сглаженные решения по сравнению с методом наименьших квадратов, но решения остаются шумными. Фильтр GLIDE выдает сильно сглаженные решения с точностью относительных, а не абсолютных координат. На рисунке 1 представлено сравнение СКО решений по псевдодальности, PDP и GLIDE. Обычно разница от эпохи к эпохе не превышает 1 см.

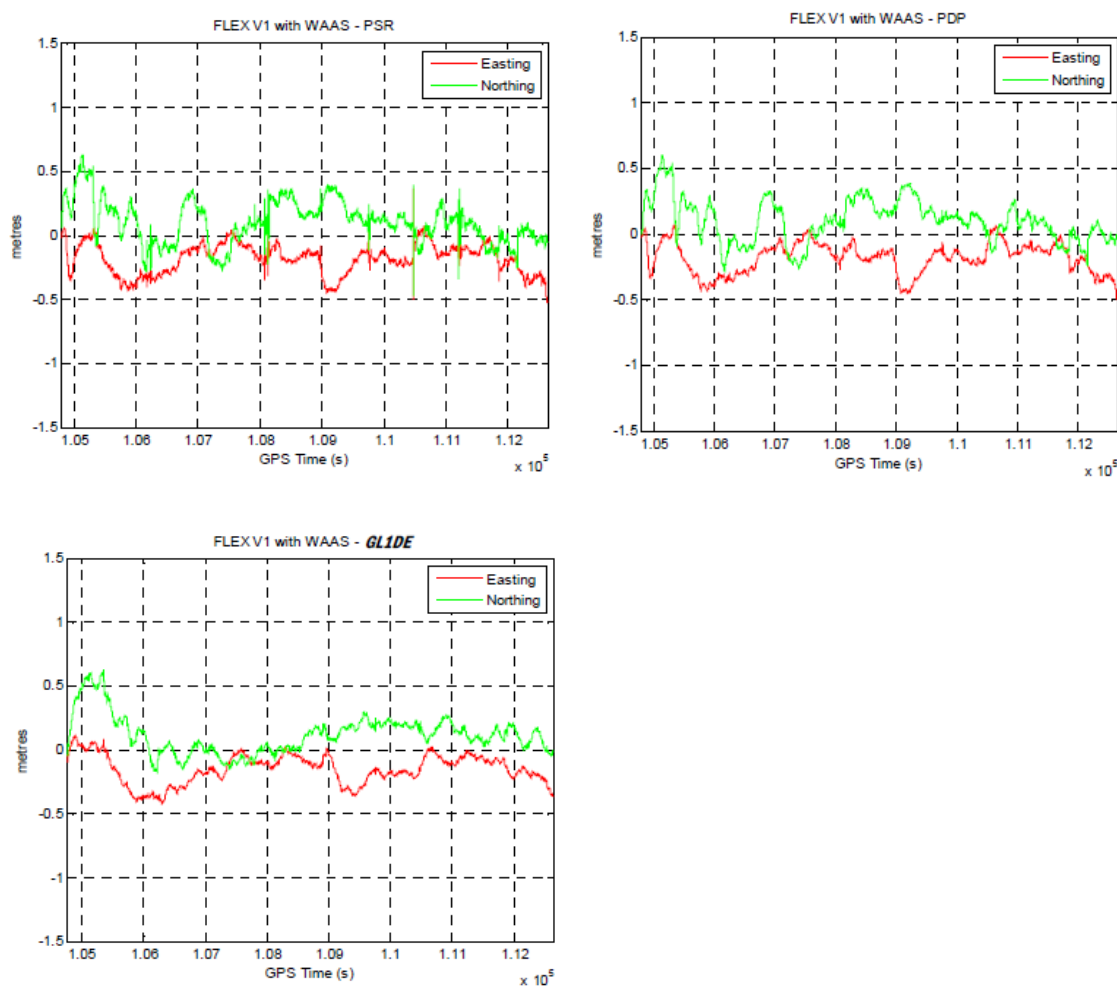


Рис. 1 Метод наименьших квадратов, PDP, GLIDE

Для выполнения приведенного выше сравнения были использованы приемник FlexPak-V1 и антенна GPS-702-GGL установленная на машине движущаяся с востока на запад со скоростью от 5 до 12 км/час. Было собранно 2 часа данных. Хорошо видно насколько СКО по псевдодальностям (PSR) шумнее PDP решения. Решение же GLIDE является еще более сглаженным.

Эффект при применении GLIDE наиболее заметен при использовании антенны SMART-V1, которая имеет более низкое качество, чем антенна серии 700, которая использовалась для сравнения. Решения PSR с использованием этой антенны более шумные, а сглаженные решения GLIDE получились лучше. Вы можете посмотреть сравнения и результаты по GLIDE выполненные на разном оборудовании на сайте компании NovAtel:

<http://www.novatel.com/products/whitepapers.htm>

Ниже рассмотрен пример для сельскохозяйственного использования, при вспахивания поля равномерными грядами. В этом случае при отличной видимости спутников пользователь предпочел бы иметь минимальную разницу между определяемым местоположением сейчас и тем, которое было 15 минут назад, а не высокоточные координаты.

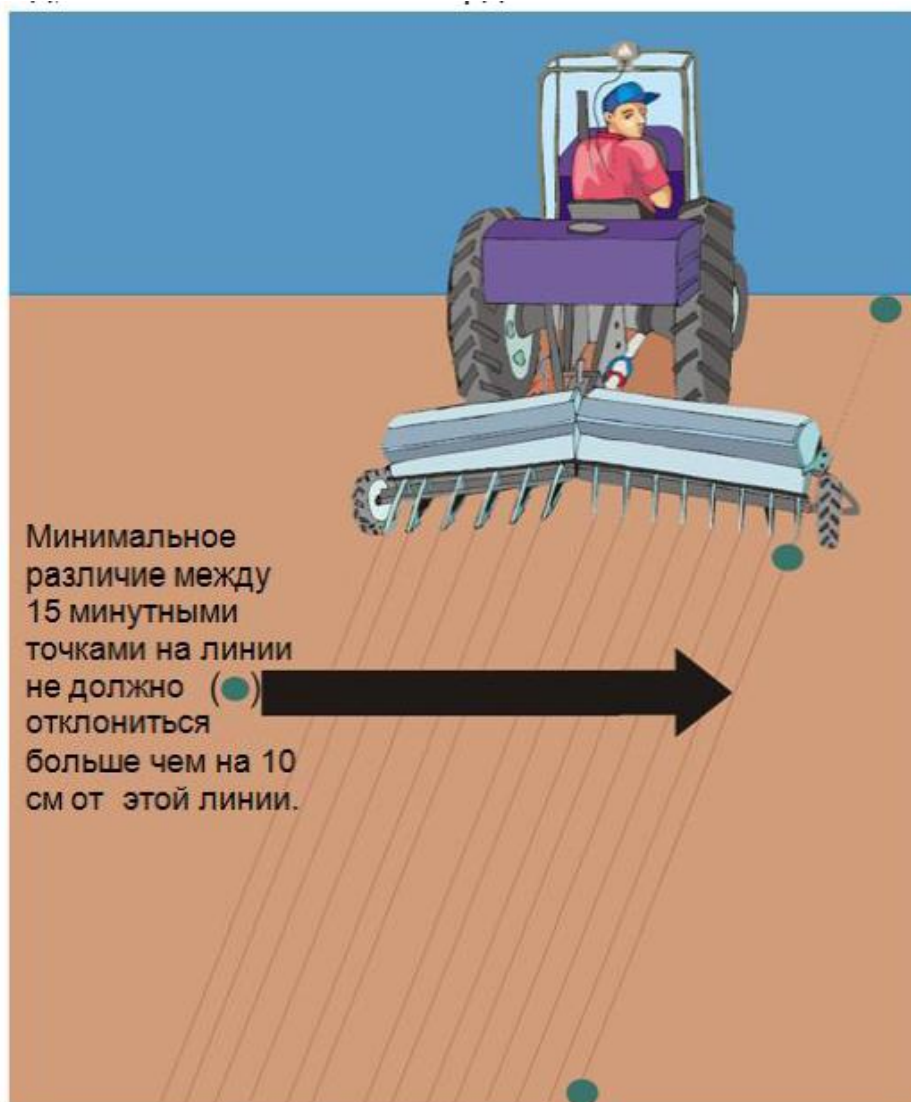


Рис. 2 Использование GLIDE в сельском хозяйстве

Историческая справка

Стимул для разработки фильтра PDP был подан фирмой Sportvision, клиентом компании NovAtel. У Sportvision было несколько пожеланий к разработчикам NovAtel для использования оборудования в условиях гонки. Необходимо было иметь метровую точность определения положения автомобилей на треках NASCAR, таким образом обеспечивая в реальном времени компьютерную графику, которая появляется следом за проездом машин на экране. Трудность состояла в том, что было необходимо получать координаты с лучшей точностью, чем это обычно возможно по наблюдениям псевдодальности, но продолжительность наблюдения спутников была слишком мала как для фиксирования целых, так и для получения точного плавающего решения. Технология PDP удовлетворила все требования Sportvision и теперь они используют её, результаты которой можно увидеть во время трансляции гонок NASCAR на каналах FOX или NBC.

Результаты Теста

Графики на рисунках 3 и 4 показывают данные собранные в окрестностях жилых кварталов города Калгари, известных разросшимися кронами деревьев. Графики на рисунке 7 и 8 показывают данные собранные в центре Калгари, напоминающий своими высотными зданиями городской каньон.

Данные из окрестностей жилых кварталов города Калгари

Далее производится сравнение траектории основанной на решении методом наименьших квадратов (МНК) с эталонной траекторией инерциальной системы на рисунке 3 и с траекторией на

основе PDP фильтра на рисунке 4. Инерциальная система NovAtel создавала инерциальный контроль и состояла из приемника на базе платы OEM4 работающего в дифференциальном режиме с измерениями по фазе несущей и инерциального измерительного блока Honeywell HG1700-AG11. Траектория PDP отображает данные полученные при помощи фильтра PDP Калмана.

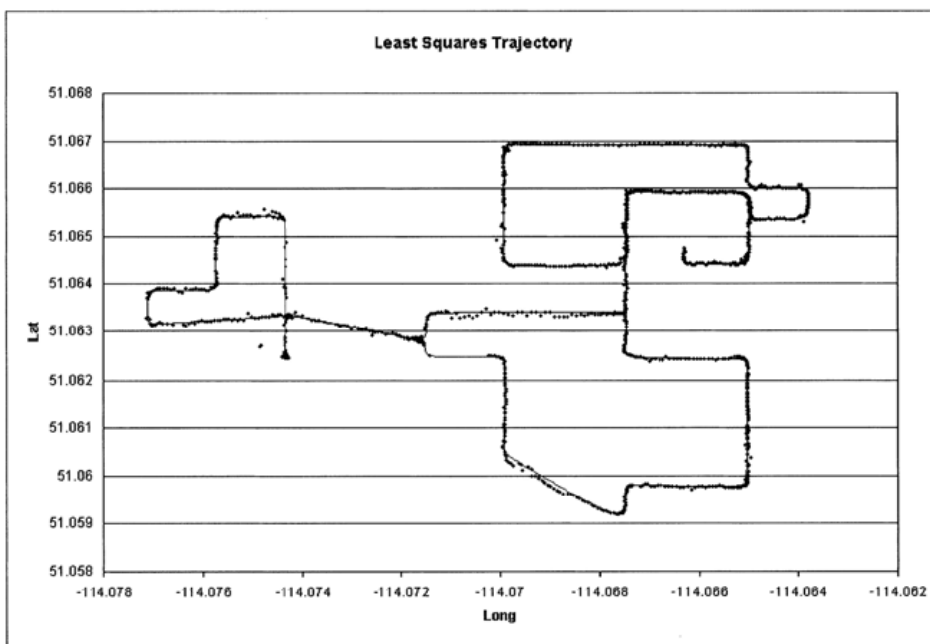


Рис. 3 Жилой район. График инерциальной траектории метода наименьших квадратов.

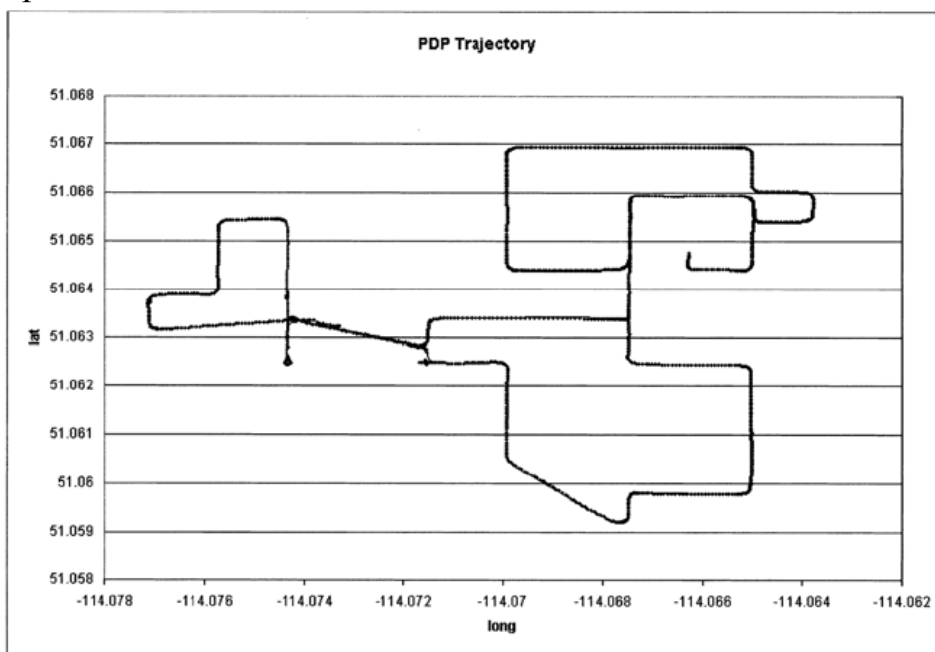


Рис.4 Жилой район. Инерциальная траектория PDP.

При сравнении этих двух траекторий хорошо видно, что с использованием PDP была получена более сглаженная и точная траектория. Фильтр также затянул решениями те места, где наблюдалось менее чем 4 спутника. Максимальная ошибка в плановых координатах по результатам этого теста уменьшилась в два раза, с 40 метров до 20. Процент пригодных (или взятых в решение) координат вырос с 87% до 100% (см. таблица 1 и таблица 2 ниже).

Таблица 1: Решение задачи для жилого района

параметры	Метод наименьших квадратов	PDP фильтр, все решения
Рассчитанные данные	1,270	1,459
Максимальная возможность	1,459	1,459
Результат в процентах	87	100

Таблица 2: Точность определения координат для жилого района

параметры	Метод наименьших квадратов	PDP фильтр, все решения
Ошибки в широте СКО	3.814	2.788
Ошибки в долготе СКО	1.784	0.786
Ошибки в высоте СКО	13.721	12.508
Ошибки плановых координат СКО	4.210	2.896

Данные из делового центра Калгари

На застроенной территории более заметны преимущества фильтра PDP. Рисунок 5 и график видимости спутников на рисунке 6 ниже отражает сложность слежения сигналов в городской черте. Необходимо не только задавать маску для спутников, но и иметь возможность принимать иногда отраженные сигналы

помимо прямого. На рисунке 6 видно, что большую часть времени наблюдается



менее четырех спутников.

Рис. 5 Городская территория.

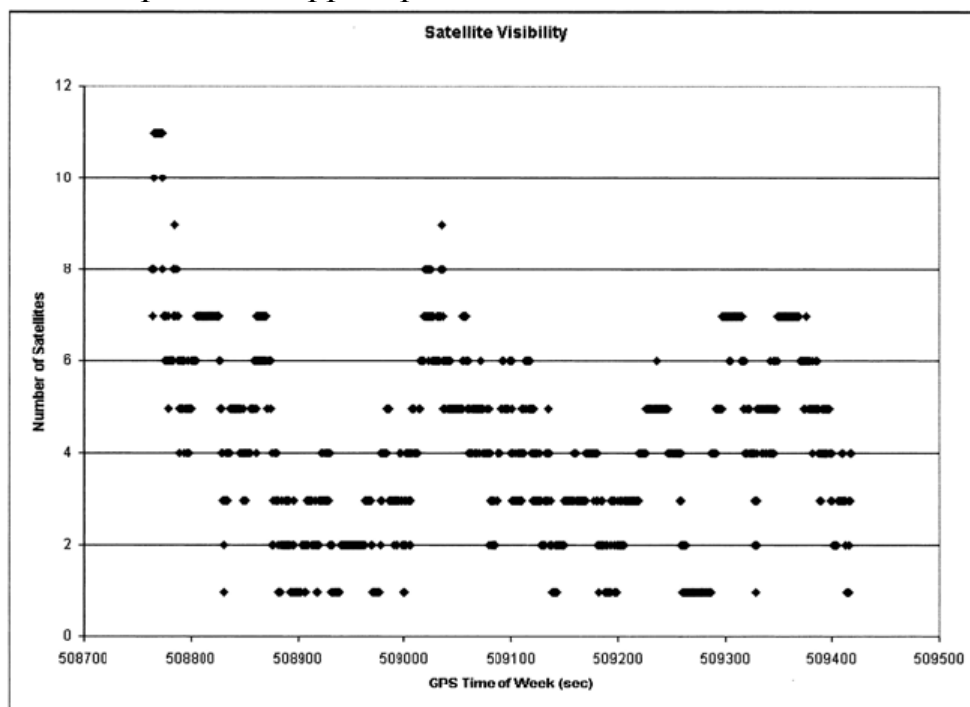


Рис. 6 Видимость спутников в городских условиях

Рисунок №7 показывает горизонтальные координаты в центре города полученные методом наименьших квадратов. Траектория полученная методом наименьших квадратов из первого набора данных в центре города показывает, что данные очень зашумлены и подробно демонстрирует эффект непроверенных

ошибок многолучевости. Максимальная горизонтальная ошибка в этом наборе данных достигает 600 м.

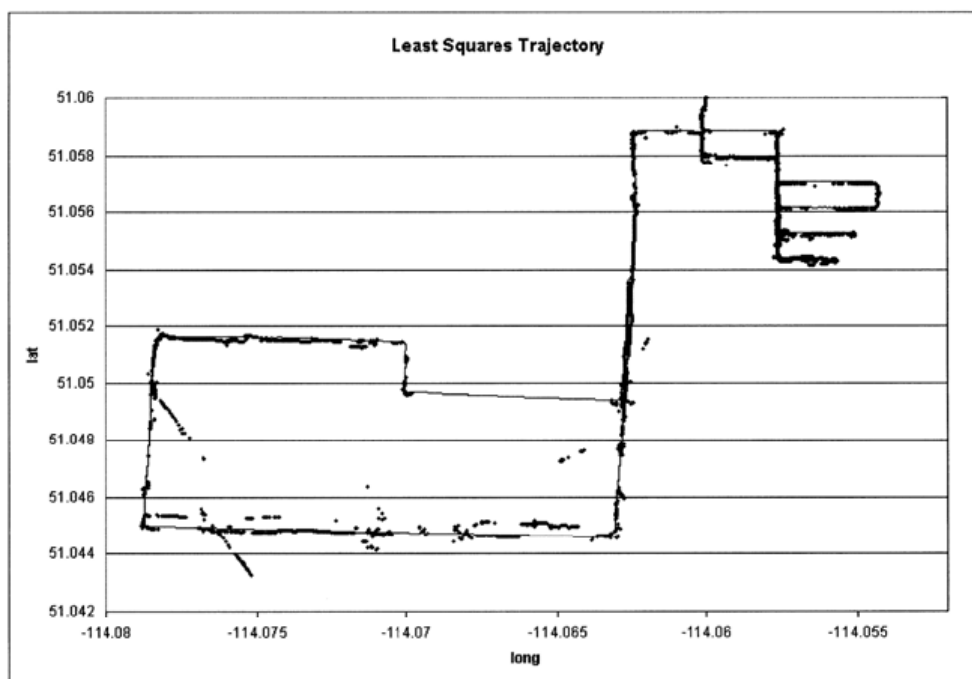


Рис. 7 Траектория полученная методом наименьших квадратов.

На рисунке 8 ниже показана траектория PDP, которая является результатом применения фильтра. Пригодность решений увеличилась – составляет 99 процентов (см. таблицу 3) Максимальная ошибка в плане с 600 м уменьшилась до 95 м. Точность координат (см. таблицу 4) в направлении север/юг гораздо лучше, чем в направлении запад/восток. Поскольку в этом тесте преимущественное движение выполнялось в направлении восток/запад с высокими зданиями с севера и юга от машины, геометрия спутников была лучше вдоль движения машины

RSM		
-----	--	--

Выводы

По результатам теста можно сказать, что при использовании фильтра PDP значительно улучшается качество решений. Особенно это заметно по уменьшению времени ожидания получения решения, а также по значительному сглаживанию эффекта многолучевости. С фильтром PDP восстановление связи со спутниками происходит с незначительной потерей работоспособности, если отслеживалось хотя бы 4 спутника (те же или другие) на протяжении этого времени.

Результаты теста показали, что PDP увеличивает пригодность решений на лесистой территории на 10 процентов и на застроенной территории на 40. PDP также улучшило качество автономных определений, в плане точность возросла с 4 метров до 3 на лесистой территории. На застроенной территории с PDP точность увеличилась более значительно – с 64 метров до 20 в первом эксперименте и с 7.6 до 6.0 метров во втором.

Команды PDP

Команды перечисленные ниже доступны для всех приемников на основе плат OEMV с версией микропрограммного обеспечения 3.400 и новее.

PDPFILTER Установка PDP фильтра

Command: PDPFILTER (enable/disable/reset)

Logs: PDPPOS
PDPVEL

Основное преимущество PDP фильтра это сглаживание шумных решений и затягивание срывов слежений (качество решения будет хуже, чем обычно, но при этом не будет пробелов).

Если PDP фильтр активен, то решения по PDP будут записываться в протоколы BESTPOS, BESTVEL, NMEA.

Аббревиатура ASCII Syntax:

Сообщение ID: 424

PDPFILTER switch

Factory Default:

pdpfilter disable

Пример ASCII:

pdpfilter enable

по ле	Тип поля	ASCII значение	Binary значени	описание	Binary формат	Binary Bytes	Binary Offset
1	PDPFILTE R header	-	-	Это поле содержит название команды или заголовок сообщения в зависимости от того является ли это укороченным сообщением в формате ASCII, полное в ASCII или бинарное.	-	H	0
2	switch	недоступн ый	0	Активировать, отключить или перезапустить фильтр (команда по умолчанию = DISABLE)	Enum	4	H
		доступный	1				
		reset	2				

PDPMODE

Установка режима PDP

Команды: PDPMODE (normal/relative) (auto/static/dynamic)
 Протоколы: PDPPOS
 PDPVEL
 PDPXYZ

Эта команда позволяет выбрать режим работы фильтра и задать динамику объекта. Для начала необходимо убедиться, что фильтр активирован (см. выше PDPFILTER ENABLE).

При выборе относительного режима (relative) с использованием сервисов WAAS или CDGPS необходимо задавать тип модели ионосферных поправок GRID при вводе команды SETIONOTYPE (см. ниже).

Аббревиатура ASCII Syntax:

Сообщение ID: 970

PDPMODE mode dynamics

Factory Default:

pdpmode normal auto

Пример ASCII:

pdpmode relative dynamic

поле	Тип поля	ASCII значение	Binary значение	описание	Binary формат	Binary Bytes	Binary Offset
1	PDPMODE	-	-	Это поле содержит название команды или заголовок сообщения в зависимости от того является ли это укороченным сообщением в формате ASCII, полное в ASCII или бинарное.	-	H	0
2	mode	NORMAL	0	В относительном режиме, (<i>GLIDE</i>), система оптимизирована на получение равномерных ошибок в долготу и широту за небольшие промежутки времени (15 минут и менее), а не на получение наименьших абсолютных ошибок ¹ .	Enum	4	H
		RELATIVE	1				
3	dynamics	авто	0	Автоматическое определение динамики	Enum	4	H+ 4
		статика	1	Статический режим.			
		динамический	2	Динамический режим.			

¹ GLIDE это режим фильтра PDP, который оптимизирует координаты для согласования во времени, а не абсолютной точности. Если координаты содержат постоянную ошибку смещения, но смещение не изменяется вообще, то GLIDE работает идеально. За период более 15-ти минут ошибка постоянна и составляет 20см в широте и 15см в долготу для режимов WAAS и CDGPS. GLIDE также может работать для одной точки и DGPS режима, но ошибки иногда выше.

SETIONOTYPE Включение модели ионосферы

Настройка этой команды позволяет выбрать, какая модель поправок ионосферы будет использоваться приемником.

Аббревиатура ASCII Syntax:

Сообщение ID: 711

SETIONOTYPE model

Factory Default:

setionotype auto

Пример ASCII:

setionotype grid

п оле	Тип поля	ASCII значение	Binary значение	описание	Binary формат	Binary Bytes	Binary Offset
1	SETIONO- TYPE header	-	-	Это поле содержит название команды или заголовок сообщения в зависимости от того является ли это укороченным сообщением в формате ASCII, полное в ASCII или бинарное.	-	H	0
2	model	См. таблицу №5		Выберете модель поправок которая должна использоваться (по умолчанию = NONE)	Enum	4	H

Таблица 5: Модели поправок ионосферы

ASCII	Бинарная	Описание
NONE	0	Не использует моделирования ионосферы
KLOBUCHA R	1	Использовать передаваемую модель, например Клобушара
GRID	2	Использовать модель SBAS/L-диапазона
L1L2	3	Использует модели L1/L2
AUTO	4	Автоматическое определение модели

PDPPOS

PDP фильтр позиционирования

Этот протокол содержит координаты рассчитанные приемником по псевдодальностям с использованием PDP фильтра.

Сообщение ID: 469

Тип протокола: Synch

Рекомендуемый ввод:

log pdpposa ontime 1

Пример ASCII:

```
#PDPPOSA,COM1,0,75.5,FINESTEERING,1431,494991.000,00040000,a210,35548;
SOL_COMPUTED,SINGLE,51.11635010310,-114.03832575772,1065.5019,-16.9000,
WGS84,4.7976,2.0897,5.3062,"",0.000,0.000,8,8,0,0,0,0,0*3cbfa646
```

№ поля	Тип поля	Описание	Формат	Binary Bytes	Binary Offset
1	PDPPOS header	Главный протокол		H	0
2	sol status	Решение задачи положения	Enum	4	H
3	pos type	Тип координат	Enum	4	H+4
4	lat	Широта	Double	8	H+8
5	lon	Долгота	Double	8	H+16
6	hgt	Высота над уровнем моря	Double	8	H+24
7	undulation	Волна- разность между геоидом и эллипсоидом WGS84(m) ²	Float	4	H+32
8	datum id#	Datum ID number	Enum	4	H+36
9	lat σ	Стандартное отклонение по Широте	Float	4	H+40
10	lon σ	Стандартное отклонение по долготы	Float	4	H+44
11	hgt σ	Стандартное отклонение по высоте	Float	4	H+48
12	stn id	ID базовой станции	Char[4]	4	H+52
13	diff_age	Дифференциальный возраст в секундах	Float	4	H+56
14	sol_age	Возраст решения задачи в секундах	Float	4	H+60
15	#SVs	Количество спутников принимаемых машиной	Uchar	1	H+64
16	#solnSVs	Количество спутников участвующих в решении задачи	Uchar	1	H+65
17		зарезервированный	Uchar	1	H+66
18			Uchar	1	H+67
19			Uchar	1	H+68
20			Uchar	1	H+69
21			Uchar	1	H+70
22			Uchar	1	H+71
23	xxxx	32-bit CRC (ASCII и Binary)	Hex	4	H+72
24	[CR][LF]	Sentence terminator (ASCII)	-	-	-

² Когда используется система координат не WGS84, волна также включает вертикальный сдвиг из-за различий используемой СК и WGS84.

DPVEL PDP фильтр скорости

Этот протокол содержит значения скоростей рассчитанные приемником с помощью фильтра PDP.

Сообщение ID: 470

Тип протокола: Synch

Рекомендуемый ввод:

log pdpvela ontime 1

Пример ASCII:

```
#PDPVELA,COM1,0,75.0,FINESTEERING,1430,505990.000,00000000,b886,2859;
SOL_COMPUTED,SINGLE,0.150,0.000,27.4126,179.424617,-0.5521,0.0*7746b0fe
```

№ поля	Тип поля	Описание	Формат	Binary Bytes	Binary Offset
1	PDPVEL header	Главный протокол		H	0
2	sol status	Решение задачи положения	Enum	4	H
3	vel type	Тип определения скорости	Enum	4	H+4
4	latency	Измерения задержки скорости в секундах. Они должны быть вычтены из времени, чтобы дать более высокие результаты.	Float	4	H+8
5	age	Дифференциальный возраст в секундах.	Float	4	H+12
6	hor spd	Горизонтальная скорость над землей в м/с.	Double	8	H+16
7	trk gnd	Фактическое направление движения над землей по направлению к истинному северу, в градусах.	Double	8	H+24
8	height	Высота в метрах, где положительное значение указывает на увеличение абсолютной высоты и отрицательное значение указывает на уменьшение.	Double	8	H+32
9		зарезервированный	Float	4	H+40
10	xxxx	32-bit CRC (ASCII и Binary)	Hex	4	H+44
11	[CR][LF]	Sentence terminator (ASCII)	-	-	-

PDPXYZ**Координаты в декартовой системе и скорость псевдодальности**

Этот протокол содержит значения координат X, Y и Z в декартовой системе рассчитанные приемником с помощью фильтра PDP.

Сообщение ID: 471

Тип протокола: Synch

Рекомендуемый ввод:

log pdrxyza ontime 1

ПримерASCII:

```
#PDPXYZA,COM1,0,75.5,FINESTEERING,1431,494991.000,00040000,33ce,35548;  
SOL_COMPUTED,SINGLE,-1634531.8128,-3664619.4862,4942496.5025,2.9036,  
6.1657,3.0153,SOL_COMPUTED,SINGLE,-2.5588e-308,-3.1719e-308,3.9151e-308,  
0.0100,0.0100,0.0100,"",0.150,0.000,0.000,8,8,0,0,0,0,0* a20dbd4f
```

№ поля	Тип поля	Описание	Формат	Binary Bytes	Binary Offset
1	PDPXYZ header	Главный протокол		H	0
2	P-sol status	Решение задачи положения	Enum	4	H
3	pos type	Тип координат	Enum	4	H+4
4	P-X	Координата X в м	Double	8	H+8
5	P-Y	Координата Y в м	Double	8	H+16
6	P-Z	Координата Z в м	Double	8	H+24
7	P-X σ	Стандартное отклонение P-X в м	Float	4	H+32
8	P- Y σ	Стандартное отклонение P-Y в м	Float	4	H+36
9	P-Z σ	Стандартное отклонение P- Z в м	Float	4	H+40
10	V-sol status	Решение задачи положения	Enum	4	H+44
11	vel type	Тип определения скорости	Enum	4	H+48
12	V-X	Вектор скорости вдоль оси X в м	Double	8	H+52
13	V-Y	Вектор скорости вдоль оси Y в м	Double	8	H+60
14	V-Z	Вектор скорости вдоль оси Z в м	Double	8	H+68
15	V-X σ	Стандартное отклонение V-X в м	Float	4	H+76
16	V-Y σ	Стандартное отклонение V-Y в м	Float	4	H+80
17	V-Z σ	Стандартное отклонение V- Z в м	Float	4	H+84
18	stn ID	ID базовой станции	Char[4]	4	H+88
19	V-latency	Измерения задержки скорости в секундах. Они должны быть вычтены из времени, чтобы дать более высокие результаты.	Float	4	H+92
20	diff_age	Дифференциальный возраст в секундах	Float	4	H+96
21	sol_age	Возраст решения задачи в секундах	Float	4	H+100
22	#SVs	Количество спутников принимаемых машиной	Uchar	1	H+104
23	#solnSVs	Количество спутников участвующих в решении задачи	Uchar	1	H+105
24	резервированный		Uchar	1	H+106
25		Uchar	1	H+107	
26		Uchar	1	H+108	
27		Uchar	1	H+109	
28		Uchar	1	H+110	
29		Uchar	1	H+111	

30	xxxx	32-bit CRC (ASCII и Binary)	Hex	4	H+112
31	[CR][LF]	Sentence terminator (ASCII)	-	-	-