

Използване на GSM за предаване на диференциални поправки между GPS приемници

Георги Митев Митев, Петър Георгиев Ковачев, Николай Ганчев Димитров,
Катя Манолова Коцева
БАН - ЦЛВГ - София

Mitev G.M., P.G. Kovachev, N.G. Dimitrov, K.M. Kotzeva GSM implementation for transmission of differential corrections between GPS receivers. This paper proposes MCU controlled switch solution for data transmission over GSM network. It is primarily designed for transference of differential corrections between GPS receivers. Several control tests and analyses are presented and the possibility of such implementation is proven.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Глобалната позиционна система (GPS) е разработена, реализирана и поддържана от Министерството на отбраната на САЩ. Използването и позволява изключително точното определяне на местоположението и времето във всяка точка от Земята, в тримерна координатна система, по всяко време на денонощието. Първоначално създадена за военни цели, сега GPS се използва широко в разнообразни цивилни приложения като: транспорт, енергетика, комуникации, геодезия, археология и др.

GPS е космически базирана радио-навигационна система състояща се от 24 спътника и наземни станции за контрол.

За да се изчисли местоположението на ползвателя се определят разстоянията между приемника и спътниците посредством измерване на времето или фазовите разлики, получени от сравнението между приети от спътниците и генерирани от приемника сигнали. Поради грешки в часовниците на спътниците и на приемника, измерените разстоянията се различават от действителните и затова се наричат псевдоразстояния.

Точността на определяне на местоположението зависи от редица фактори, представени в Таблица 1.

Източник на грешка	Грешка в разстоянието	DGPS ⁽¹⁾ грешка
Часовник на спътника	1m	
Ефемеридни данни	2.1m	
Селективен достъп	10m	
Тропосфера	1m	
Ионосфера	10m	
Шум в псевдоразстоянието	1m	1m
Шум в приемника	1m	1m
Приемане на непряк сигнал	1 m	0.5m
Средна стойност на грешката	15m	1.6m
Грешка*PDOP ⁽²⁾	60m	6m

⁽¹⁾DGPS - Differential GPS (Диференциален GPS)

⁽²⁾PDOP - Position Dilution of Precision (3-D) (Критерий за точност по положение)

При използването на един приемник точността може да бъде повишена чрез по-продължителни измервания и допълнителна обработка на данните. Ако възникне необходимост от получаването на по-точни резултати в реално време, този метод е неприложим. Тогава се използват така наречените Диференциални GPS (DGPS) методи. Те се основават на факта, че източниците на грешки са подобни на разстояние до 500 km и могат да бъдат елиминирани в значителна степен (Таблица 1). За целта са необходими минимум два GPS приемника, единият от които се поставя на точка с предварително известни координати (референтен приемник), а другият извършва измерванията и може да бъде подвижен.

При първия DGPS метод референтният приемник изчислява своите координати, използвайки същите спътници които използват и подвижните приемници. Разликата между известните и изчислените координати дават поправките в местоположението. Тези стойности се приемат телеметрично (по канал за връзка) от подвижните приемници и се използват за подобряване на координатите им.

При втория DGPS метод се получават диференциални поправки за псевдоразстоянията като разлика от наблюдаваните и изчислените псевдоразстояния (кодovi и/или фазови) за референтния приемник. С тези диференциални поправки след това се коригират получените псевдоразстояния в подвижните приемници. Този метод е по-точен, по-гъвкав и се прилага често, но изисква по-сложен алгоритъм и по-голяма изчислителна мощност.

Използването на фазовите корекции позволява постигане на сантиметрова точност при позициониране в реално време на движещи се обекти и се нарича carrier-phase differential GPS метод, по-известен още като real-time kinematic (RTK) метод. За да сме сигурни, че фазовите измервания попадат в един и същи фазов цикъл, двата приемника (референтният и подвижният) трябва да се намират на разстояние по-малко от 30 km, в противен случай разликите в закъснението на сигналите, дължащи се на йоносферата, могат да надхвърлят дължината на вълната на носещата честота.

Най-разпространеният формат за излъчване и приемане на диференциални поправки е този на Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM). За да изпълни изискванията на RTK - метода, през 1994 г., RTCM Special Committee 104 (SC-104) въведе 4 нови съобщения във версията RTCM SC-104 Version 2.1.

2. ПРОБЛЕМИ, ВЪЗНИКВАЩИ ПРИ ПРЕДАВАНЕ НА ДИФЕРЕНЦИАЛНИТЕ ПОПРАВКИ

2.1 Изисквания към канала за връзка

Според вида на използваните DGPS поправки се дефинират различни изисквания към канала за връзка, свързващ приемниците.

Информацията е необходимо да се обновява на всеки 0.5+2 секунди. Допустимото закъснение по канала за връзка е в рамките на този интервал.

За обикновени DGPS поправки се изисква пропускателна способност на канала за връзка от 200 бита за секунда (bps). За DGPS RTK обаче се изискват минимум 2400 bps (препоръчително 9600 и дори 19200 bps).

Според проведените експерименти, дължината на съобщението, което трябва да бъде предадено, е от порядъка на 480 байта. При предаване по сериен интерфейс, минимално добавената информация е по един стартов и един стопов бит на всеки байт, което означава дължина на съобщението 4800 бита. Времето, за което цялото съобщение би се предало при директна серийна връзка между два GPS приемника при скорост 9600 bps, е съответно 0.5 секунди.

2.2 Използване на радиоканал

Използването на радиоканал предполага закупуването (или разработката) на скъпо струващи приемо-предаватели, които да могат да осигурят радиопокрытие на значителна територия (радиус до 500 km). Необходимо е осигуряването на лицензирана радиочестота, която да бъде използвана като носеща.

Един стандартен радиоканал осигурява честотна лента за предаване на говор 300+3600 Hz. Чрез FSK модулация се постига скорост 1200 bps. По-високи скорости могат да бъдат постигнати, като се използва друга модулация и компресия на данните. Те обаче изискват по сложна апаратна част и допълнително време за компресиране и разкомпресиране, което увеличава закъснението. Тези съображения правят радиоканала неподходящ и труден за употреба.

2.3 Използване на клетъчна радиомрежа (GSM)

В световен мащаб GSM операторите изграждат мрежа, осигуряваща все по-добро покритие в почти всички точки на земното кълбо. Заедно с услугата за предаване на глас се предлага и предаване на данни. Поддържат се различни скорости на предаване (обикновено 9600 или 19200 bps). Голямата конкуренция поддържа цените на услугата и клетъчните телефони ниски.

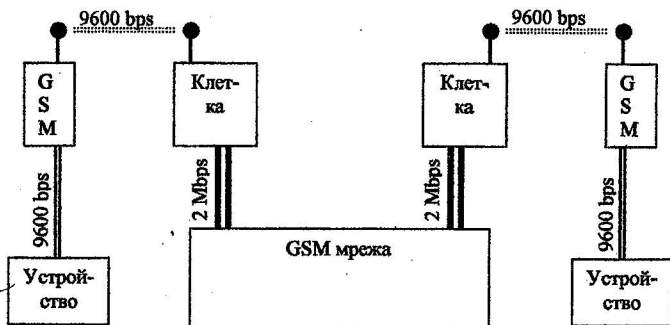
Много GSM апарати са снабдени с вграден модем, управляван по интерфейс RS232 или по IRDA. Проблемът е, че повечето GPS приемници не са снабдени с необходимия за управление на модем логически блок.

На фиг. 1 е показана блокова схема на такъв тип канал за връзка.

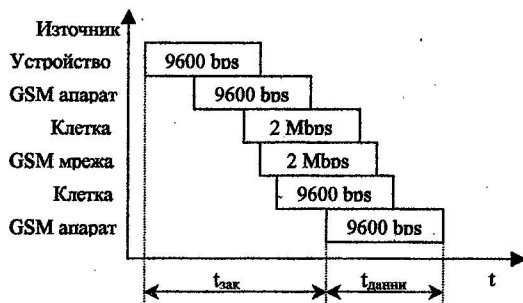
От спецификата на изграждане на GSM мрежата произхожда друго затруднение. Разпределено във времето, предаването на информация през подобен канал би изглеждало както е показано на фиг. 2.

Беше проведен експеримент, при който едното крайно устройство бе заменено с loop-back кабел и бе измерено $2t_{\text{зак}} = 1.1\text{s}$. При $t_{\text{зак}} = 550\text{ms}$ е възможно предаването на диференциални поправки на всяка секунда при скорост на GPS приемниците 19200 bps и на всеки две при 9600 bps.

Възникна необходимост да се разработи логически модул, който да поеме функциите по изграждане на връзка, след което да препредаде информацията от GPS приемника по линията, внасяйки минимално възможно закъснение.



Фиг. 1



Фиг. 2

3. ПРЕДАВАНЕ НА ДИФЕРЕНЦИАЛНИ ПОПРАВКИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА GSM

3.1 Структура на системата

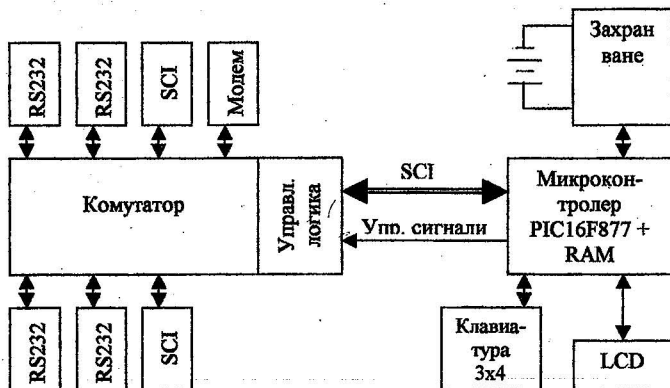
Необходимо е между GSM и GPS приемника да се постави логическо устройство, което да управлява GSM чрез AT команди и да препредава информацията след изграждане на връзка. Това би могло да бъде произволен микроконтролер с вградени SCI интерфейси. Решението, обаче, не е много подходящо, тъй като MCU ще внася допълнително закъснение.

Друго възможно решение е устройство от тип комутатор. То осигурява минимално закъснение на сигналите (закъснението на ключовете) при максимална гъвкавост на системата.

Реализираното устройство (фиг.3) е базирано на MCU PIC16F877, който извършва управлението на комутатора и GSM устройството, извежда информация за състоянието на LCD дисплей и осигурява управлението на

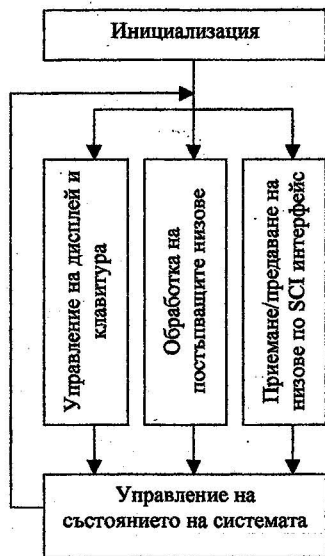
устройството от клавиатура. Захранващият блок генерира необходимите работни напрежения от напрежението на акумулатора, захранващ GPS приемника.

Комутаторът е реализиран на база аналогови ключови схеми, необходимото им логическо управление и формироваател на лог. ниво за всеки интерфейс. Към единия канал е включен чип-модем за връзка през радиоканал.



Фиг. 3

3.2 Структура на управляващата програма



Фиг. 4

Управляващата програма извършва логическите операции за вход/изход от клавиатура и дисплей, формиране и обработка на необходимите за управление на модем низове и реализира чрез тях подходяща последователност от команди (състояния) за установяване на канал за данни.

Възможните състояния на системата са:

- Изчакване за свързване на модем
- Инициализация на модема
- Въвеждане на PIN код
- Избиране
- Отговаряне на повикване
- Установяване на връзка
- Превключване на комутатора в необходимото състояние
- Прекратяване на връзката

Необходимо е да се организира паралелна обработка на процесите - голяма част от тях са с много различна продължителност и честота на повторение.

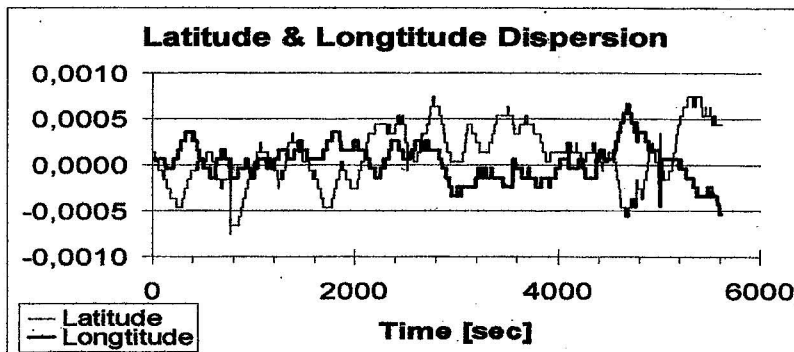
3.3 Възможни приложения и ограничения

Гъвкавостта, заложена при изграждане на системата, позволява разнообразни приложения – RS232/SCI/Modem транслатор-комутатор; управление на устройства, включени към системата; потребителски интерфейс към тези устройства; събиране, обработка и съхраняване на данни. Комбинирането на основния набор от възможности, дава много богат спектър на приложения.

Структурата на системата налага ограничения – не може да се извършва комуникация между повече от два канала и обработка на данните за повече от един канал в един и същи момент.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

Проведените експерименти (фиг 4) с двучестотни приемници Trimble 4000SSE потвърждават, че е възможно приложението на DGPS RTK метода с използване на клетъчна телефонна мрежа за предаване на диференциалните поправки.



$$\Delta_{\text{LATITUDE}} = 0,0014 \text{ min} \approx 2,6 \text{ m} \quad \Delta_{\text{LONGITUDE}} = 0,0012 \approx 1,8 \text{ m}$$

Фиг. 4

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Global Positioning System: Theory and Practice, 4th revised edition, by B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, published by Springer-Verlag, Vienna and New York, 1997
2. Real-time Carrier Phase Positioning Using the RTCM Standard Message Types 20/21 and 18/19, " by J.B. Neumann, K.J. Van Dierendonck, A. Manz, and T.J. Ford, published in the <I>Proceedings of ION GPS-97, the 10th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation, Kansas City, Missouri, 16 -;19 September 1997, pp. 857 -;866
3. RTCM Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems), <I>Version 2.2, RTCM Paper 11-98/
4. SC-104-STD, by RTCM Special Committee No. 104, Radio Technical Commission for Maritime Services, Alexandria, Virginia, January 1998.

Докладът е рецензиран от ст. н.с. д-р Валентин Коцев – ЦЛВГ, БАН.