Симулационен модел на многочестотна персонална комуникационна система с директно разширяване на спектъра

Валентин Мутков

A Simulation Model of a Multi-carrier Personal Communication System with Direct Spread Spectrum: *In the paper a Simulation Model of a Multi-carrier Personal Communication System with Direct Spread-Spectrum is presented. The model includes 6 users and 6 carrier frequencies and reflect the physical processes of a real communication system. The simulation results substantiate the applicability of the matrix signals in the MC-DS-CDMA communication systems.*

Key words: *Simulation, Model, Direct Spread-Spectrum.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Целта на получените от програмата, описана в предния доклад, модифицирани кодови последователности и матрични сигнали е, последните да бъдат използвани в многочестотните персонални комуникационни системи с директно разширяване на спектъра и кодово разделяне на множествения достъп (Multi-carrier Direct Spread-Spectrum Code-Division Multiple Access, MC-DS-CDMA).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Формулираният по-горе проблем е решен чрез създаването на програмна система за симулационно изследване на свойствата и характеристиките на подобни синтезирани сложни сигнали по отношение на тяхното използване в MC-DS-CDMA [1, 2].

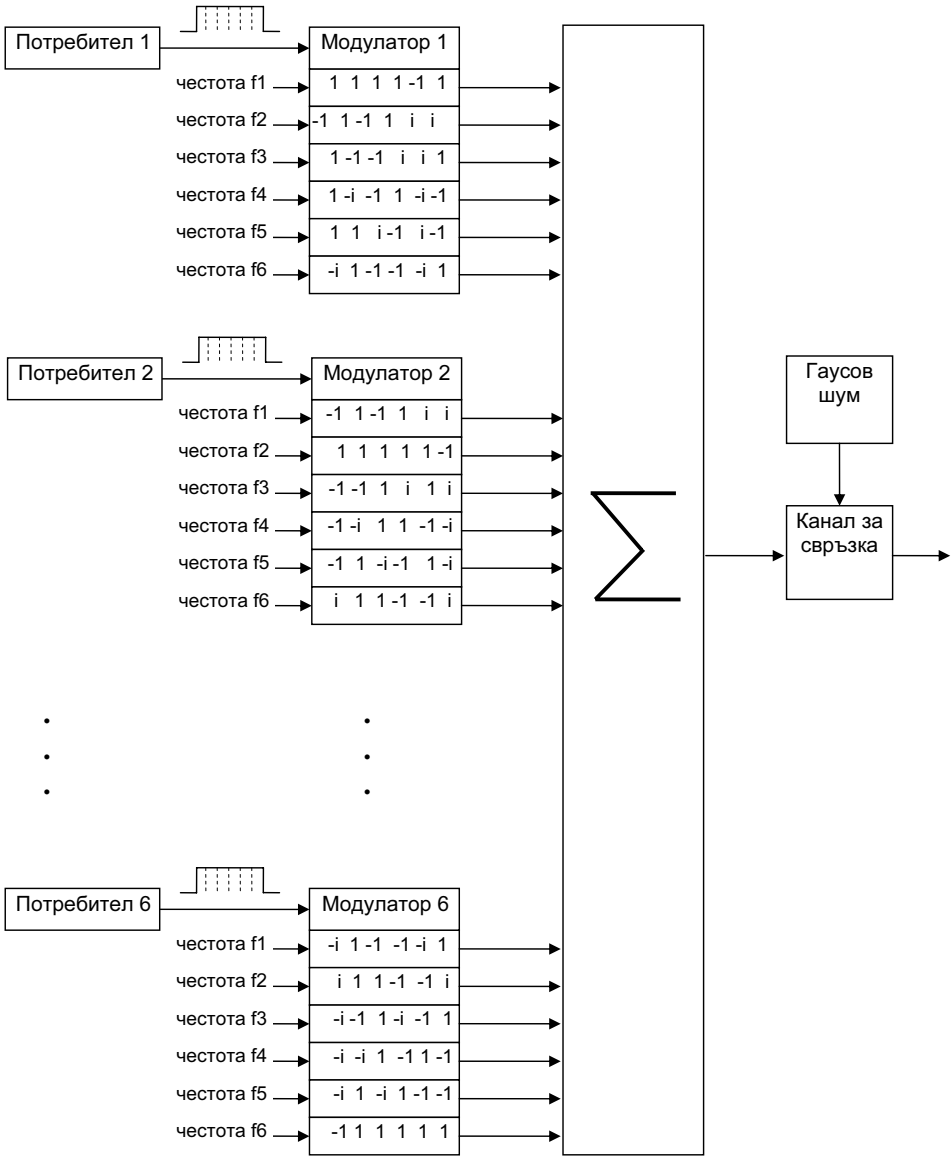
На Фиг. 1 и Фиг. 2 са представени блоковите схеми съответно на предавателната и приемната част на комуникационна система с 6 потребителя, използваща свойствата на модифицираните кодови последователности с идеална автокорелационна функция (АКФ).

Механизмът на директното разширяване на спектъра чрез фазова манипулация на високочестотен радиосигнал, при което един информационен бит от предаваните данни се сумира по модул 2 с разширяваща функция, представляваща поток от елементарни импулси (чипове). Разширяващата функция е уникална за получателя на информацията и в неговият приемник се извършва корелационно приемане, чрез сравняване на приетата разширяващата функция с тази, заложена в приемника му. За да се извърши правилно разпознаване е необходимо разширяващата функция да притежава идеална АКФ с форма на делта-импулс. За да не влияе на работата на останалите абонати, разширяващата функция трябва да притежава нулева ВКФ с всички останали разширяващи функции на абонатите на ПКС.

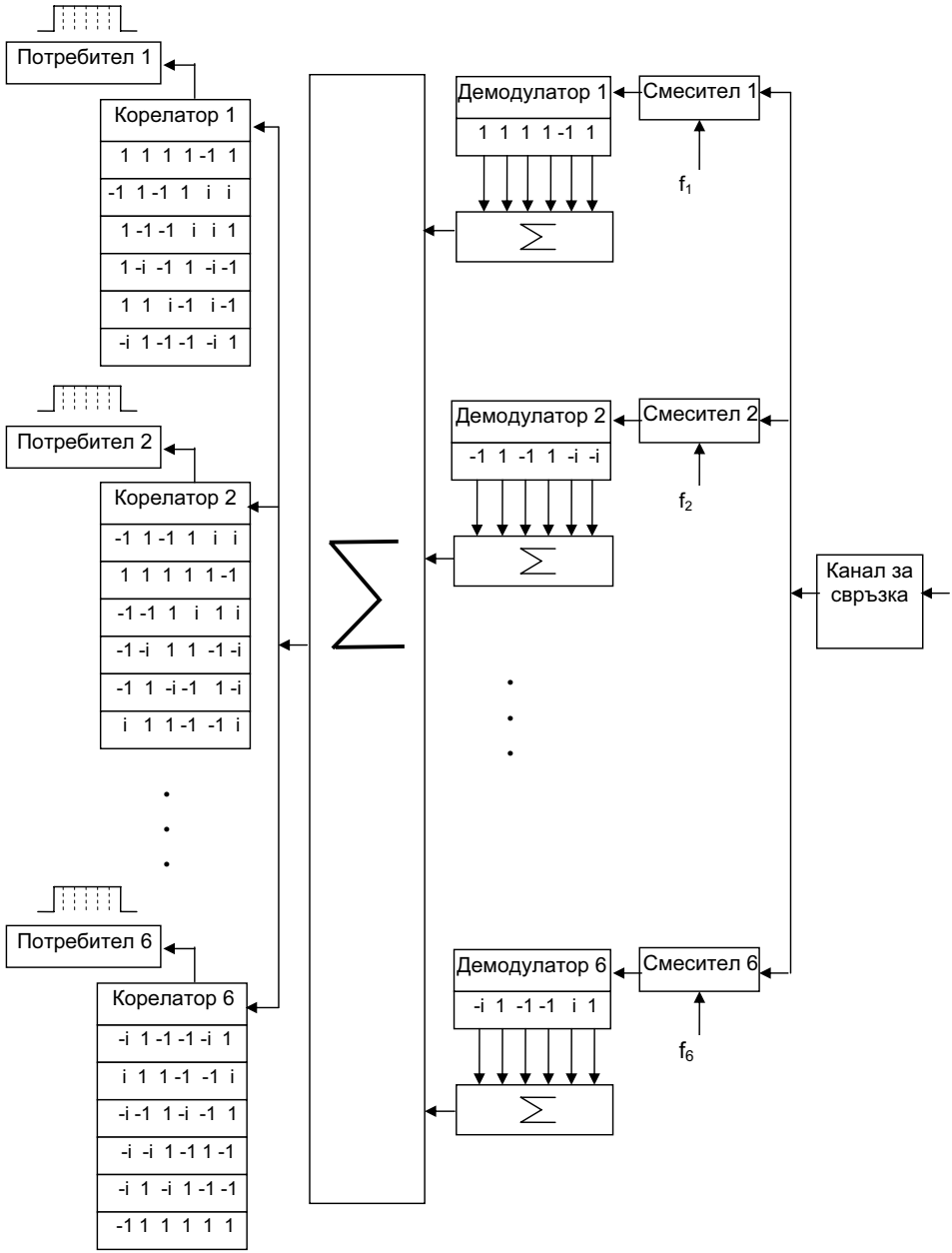
Директното разширяване на спектъра е относително по-просто от техническа гледна точка, но е практически неприложимо при свръх-широколентовите ПКС, които сега навлизат в практиката, тъй като се изисква твърде висока скорост на фазова модулация. По-голямо разпространение намират MC-CDMA ПКС, използващи различни носещи честоти, всяка от които е фазово модулирана.

В предавателя на всеки потребител символите от входната информация се сумира по модул 2 с последователните символи (чипове), представляващи елементи на различни последователности за директно разширяване на спектъра с функции на адрес на абоната. С всяка от тези последователности фазово се модулира една от носещите честоти.

До всички абонати на системата достигат сигналите, излъчени от всички потребители. В приемника на даден потребител с помощта на комплект от режекторни филтри се отделят сигналите в различните честотни подканала. Във всеки подканал сигналите се демодулират по фаза и се сумират.



Фиг. 1. Блокова схема на предавателната част на MC-DS-CDMA с 6 потребителя с използване на матрични кодови разширяващи последователности.



Фиг. 2. Блокова схема на приемната част на MC-DS-CDMA с 6 потребителя с използване на матрични кодови разширяващи последователности.

Сумарният сигнал се сравнява в корелаторите на абонатите с присвоената на всеки един от тях матрица (адрес). Ако полученото съобщение е предназначено за съответния потребител, то резултатът от сумирането се явява последователност от информационни символи, която е много близка до излъчената.

Използването на много честоти за модулация изисква стойностите им да се изчислят по такъв начин, че те да бъдат взаимно-ортогонални една на друга, т.е. да се използва модулация ортогонално честотно разделяне и мултиплексиране (OFDM). Подносещите честоти са разпределени равномерно, като отстоянието между тях се избира така, че съседните подносещи сигнали да са взаимно-ортогонални.

НАЧАЛНИ УСЛОВИЯ И РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТА

Целта на експеримента е да се покаже възможността на комуникационната система да осигури съвместимост на едновременно предаване на данни от всички потребители при достатъчна точност на детектиране на моментите, в които се предава информация, т.е. да се гарантира правилното приемане на информацията за всеки един от потребителите.

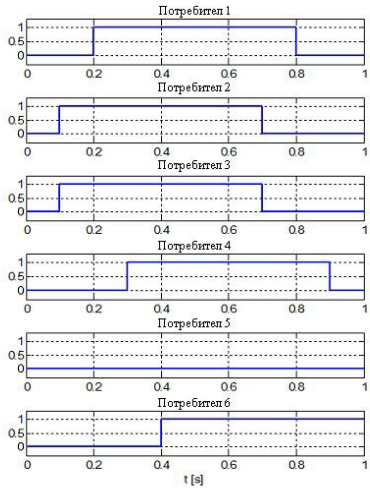
Експериментът е проведен при следните начални условия, които са избрани да бъдат пропорционални на модел на MC-DS-CDMA ПКС:

- брой на потребителите –q = 6;
- времеви интервал – 1 s;
- честота на дискретизация – 10 kHz;
- основна честота – 1024 Hz;
- разлика между съседните честоти – 360 Hz;
- продължителност на информационната единица (1 бит) – 0,6 s;
- продължителност на един чип – 0,1 s.

Началните условия не са типични, а са подбрани по такъв начин, че да улеснят анализа и визуализацията на протичащите процеси [3].

За реализиране на тази цел при избора на началните условия на експеримента са подбрани различни времена на предаване на информацията от различните потребителите:

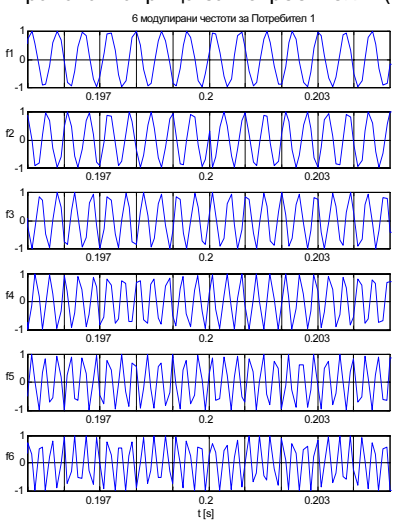
- потребители 2 и 3 (User 2, User 3) предават своите съобщения в един и същ момент от време – от 0,1 до 0,7 s;
- потребители 1, 4 и 6 (User 1, User 4, User 6) предават своите съобщения с относително времезакъснение от 0,1 s един от друг;
- потребител 5 (User 5) не предава съобщение в този времеви диапазон.



Фиг. 3. Времедиаграма на моментите, в които различните потребители предават информационно съобщение (1 бит) с продължителност 0,6 s.

Формират се шест подносещи честоти с разлика от 360 Hz:
f1 = 1024 Hz;
f2 = 1024 + 360 Hz;
f3 = 1024 + 720 Hz;
f4 = 1024 + 1080 Hz;
f5 = 1024 + 1440 Hz;
f6 = 1024 + 1800 Hz.

Времедиаграмите на Фиг. 4 илюстрират фазовата манипулация на честоти f1 ÷ f6 в съответствие с формираната матрица за потребител 1 (User 1).



Фиг. 4. Фазова манипулация на честотите f1 ÷ f6 за потребител 1 в момента 0,2 s.

Фазовата манипулация на сигналите се осъществява за всеки от потребителите в съответствие с набор от матрици, получени от една базова матрица (Фиг. 5а, б).

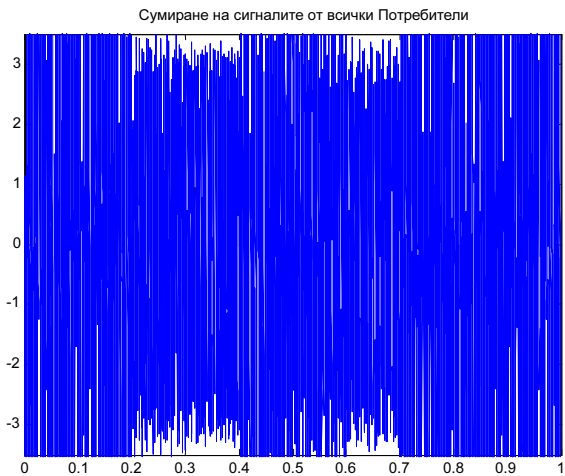
$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 & -j & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -j \\ 1 & -1 & 1 & -j & -1 & -1 \\ 1 & -j & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -j & 1 & -1 & 1 \\ -j & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix} \qquad \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & j & j \\ 1 & -1 & -1 & j & j & 1 \\ 1 & -j & -1 & 1 & -j & -1 \\ 1 & 1 & j & -1 & j & -1 \\ -j & 1 & -1 & -1 & -j & 1 \end{vmatrix}$$

а) б)

Фиг. 5. Пораждаща матрица а) и матрица за първия потребител б).

Законът на фазовата манипулация е както следва:
- за стойност 1 от матрицата на потребителя – без промяна;
- за стойност j от матрицата на потребителя – + 90о;
- за стойност -1 от матрицата на потребителя – + 180о;
- за стойност -j от матрицата на потребителя – + 270о;

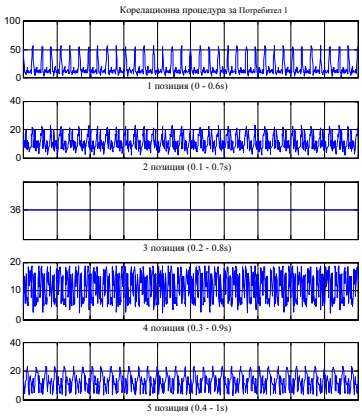
На следващия етап от експеримента се осъществява сумиране на всички честоти f1 ÷ f6, които се подават към канала за свръзка (Фиг. 6) в съответствие със структурната схема на Фиг. 1.



Фиг. 6. Сумарен сигнал в канала за свръзка.

В приемната част на моделираната комуникационна система се осъществява смесване с последваща филтрация на честотите и фазово демодулиране. При демодулацията се използват комплексно спрегнатите матрици (Фиг. 5) за всеки от потребителите.

Резултатите от демодулацията на сигналите за първия потребител е представен на Фиг. 7.



Фиг. 7. Резултати от демодулацията на сигналите за потребител 1.

От анализа на времедиаграмата на Фиг. 7. може да се направи извод, че потребител 1 е предал своето съобщение (информационна единица) на времева позиция 3, т.е. във времевия диапазон 0,2 ÷ 0,8 s, с което задачата по правилното приемане на информационният бит е решена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическото използване на създадения симулационен модел на многочестотна персонална комуникационна система с директно разширяване на спектъра, проведените симулационни експерименти и получените резултати позволяват да се направят следните изводи:

1. Разработването на симулационният модел се обуславя от необходимостта за изследване на приложението на кодови последователности, притежаващи идеална АКФ, които да обезпечат съвместната работа на много потребители в съвременните MC-DS-CDMA персонални комуникационни системи. Моделът отразява основните моменти от физическите процеси, протичащи в реалните комуникационни системи.

2. Проведен е симулационен експеримент, при който се моделират процесите в многочестотна ПКС с 6 потребителя с използване на сложни ФМ сигнали. Получените резултати потвърждават целесъобразността на проведеното изследване по отношение на възможностите на приложение на матрични кодови последователности в съвременните MC-DS-CDMA системи.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кнут Д. Е., Исскуство программирования для ЭВМ, Том 2, Пер. с англ., М., Мир, 1978, - 848 с.

[2]. Milev A., Ch. Minchev, A simulation model of an optical communication CDMA system, In: CompSysTech'07, Ruse, pp. IIIA19-1- IIIA19-6

[3]. Радев, Д., Т. Илиев, Г. Христов. Компютърно моделиране на телетрафични системи. Русе, Русенски университет, 2008

За контакти:

Гл. ас. д-р инж. Валентин Ангелов Мутков, Катедра "Електроника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 365, e-mail: vmutkov@ecs.ru.acad.bg

Докладът е рецензиран.