

# ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ МНОГОЛУЧЕВОЙ АНТЕННЫ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ДОСТУПА

Василенко Ю.А.

ЗАО «Киевстар Дж.Эс.ЭМ»,  
Украина.

E-mail: sunright@yandex.ru

## Abstract

*Historical priorities for implementation of the space-time access belong to the satellite communication systems, where the space-time access has demonstrated high efficiency with the use of multibeam antennas, carrying out the transmission of two independent polarizations of information stream on, which ensures fulfilment the conditions of gross assured the quality of service and in system solution electromagnetic compatibility.*

*Space-time access, fully applies to the signal-time characteristics, the use of this method in modern mobile communication systems requires upgrading receiving and transmitting equipment, antenna and feeder systems. There are comprehensive solutions dedicated to the idea of using the methods of the space-time access to mobile communication systems based on MIMO technology, depending on the situation, providing immunity. However, often considered the case where the input and output channels are equal to the bandwidth, in many cases, this restriction is not suitable when the intensity information in different areas varies greatly.*

*In this report, we consider the methods of implementation of the main switching node multibeam antenna the base station of a mobile broadband connection, and the feasibility of algorithm synthesis of spatial access in connection with methods of time access TDMA, realization of scheduler function of the packet to the downstream and upstream areas through the use of an optimal switching algorithm.*

Идея использования пространственно-временного доступа (ПВД) к общему ресурсу (ретранслятору, базовой станции, точке доступа и др.) не является новой и более того, она уже разрабатывается на протяжении 20-30 лет и даже реализована в ряде серийных систем связи, в частности в спутниковых системах (Intelsat, DSCS-2, DSCS-3, Inmarsat и др.). Очевидно, исторические приоритеты по внедрению пространственно-временного доступа принадлежат спутниковым системам связи. Во всех этих системах ПВД продемонстрировал высокую эффективность. Поначалу основной целью ПВД в спутниковых системах была экономия радиочастотного спектра (повторное использование частот – ПИЧ). Реализация ПИЧ (ПВД) осуществлялась с использованием многолучевых антенн (МЛА), у которых по каждому лучу можно было передавать два независимых информационных потока на разных (ортогональных: круговых, линейных или эллиптических) поляризациях. Развязка между соседними лучами в этих разработках составляла не менее 25...27 дБ, что при стандартном запасе высокочастотного уровня сигнала в спутниковой линии 20 дБ обеспечивало выполнение условий гарантированного предоставления качества и решение внутрисистемной ЭМС.

Несмотря на то, что доступ, в том числе и пространственно-временной, в полной мере относится к сигнально-временным характеристикам, сама приемно-передающая излучающая система (антенна, адаптивная антенная система), а вместе с ней и антенная опора и фидерная система, в современных системах широкополосной мобильной связи притерпевает определенную модернизацию.

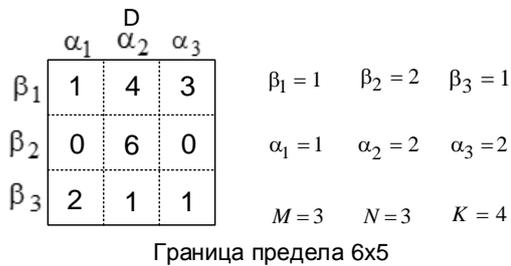
Известно также ряд научных работ, посвященных идее использования методов ПВД в системах мобильной связи [1,2], где предложены комплексные решения использования ММО или ПВД в зависимости от ситуации, использования адаптивных антенн, обеспечивающих помехозащищенность. В частности, в данном докладе, мы на базе научного обоснования рассматриваем особенности технической реализации основного узла коммутации МЛА и реализуемости алгоритма синтеза пространственного доступа в сочетании с методами временного доступа TDMA, реализации функции планировщика

передачи пакетов на нисходящем и восходящем участках. TDMA – система отсчета делится на несколько временных отрезков, каждый отрезок имеет соответствующую форму переключения, позволяющую передать определенное количество информации. Целью является, чтобы вся информация в данной матрице могла быть передана без конфликтов в пределах TDMA системы, и выполнить это с максимальной эффективностью импульсного повторителя.

В большинстве предыдущих работ рассматривался только случай, когда входные и выходные пучки имеют равные по ширине полосы пропускания. Во многих случаях, однако, такое ограничение не подходит, что особенно справедливо там, где интенсивность информации в различных зонах весьма различна. В данном докладе мы рассматриваем общую проблему, когда выходной пучок  $j$  имеет ширину полосы частот  $\alpha_j$ , а выходной пучок  $i$  имеет ширину полосы частот  $\beta_i$ , где  $\alpha_j$ -я и  $\beta_i$ -я – произвольные целые числа.

Более точно, что заявка на информацию может быть охарактеризована при помощи матрицы обмена  $D$  с неотрицательными целым числом входов с входом  $d_{ij}$  в  $D$ , представляющих собой обмен информацией в одной системе от входного пучка  $i$  к выходному пучку  $j$ . Затем проблема сводится к нахождению декомпозиции  $D$ .  $D = D_1 + D_2 + \dots + D_t$ , где в  $D$   $1 \leq i \leq t$  представляет собой прохождение передачи сигнала в TDMA системе в единичный отрезок времени.  $D_i$  - элементы матрицы от 0 и до 1 и в нашем случае мы можем позволить несколько входов в какой-нибудь строке или в каком-нибудь столбце, пока сумма всех входов в ряду  $i$  меньше, чем  $\beta_i$ , а сумма всех входов в колонку  $j$  меньше, чем  $\alpha_j$ . Как и в статье [3,4] мы рассматриваем основной случай нарушения симметрии входных пучков  $M$  и выходных пучков  $N$ . Мы так же вводим следующие ограничения на  $D_i$ -е, а именно, что в любой  $D_i$   $1 \leq i \leq t$ , а сумма всех входов должна быть не больше, чем целое число  $K$ . Количество  $K$ , представляет собой максимальную способность к передаче информации БС и имеет общее объяснение, чем объяснение в статье [3, 4] числа соединительных точек.

На рис. 1 показан пример декомпозиции матрицы информации.



Возможная декомпозиция:

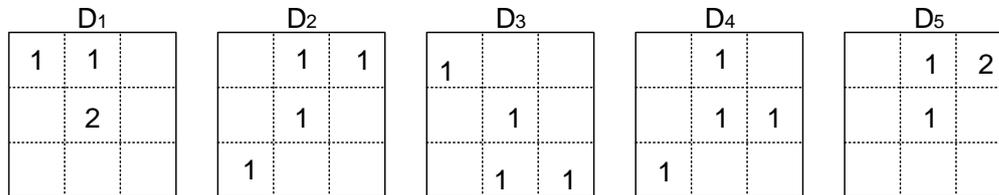


Рис. 1. Пример возможной декомпозиции

На рис.2 показано, как эта декомпозиция переводится к информации передачи в рамках TDMA системы.

Множитель (коэффициент), рассматриваемые в работах [3,4] является числом раз переключения на радиочастоту, должен быть преобразован в рамках системы TDMA. Целесообразно уменьшить это число и поэтому, если две матрицы  $D_i$  и в декомпозиции могут быть переданными с той же самой конфигурацией  $D_j$  переключений, они должны быть переданы

в последовательные временные интервалы. При построении алгоритмов коммутации как правило ограничением выступает количество позиций переключения, хотя первой целью оптимизации остается уменьшение времени передачи.

	Слот 1	Слот 2	Слот 3	Слот 4	Слот 5
Вход 1	1-я единица к 1-му выходу 1-я единица ко 2-му выходу	1 → 2 1 → 3	1 → 1	1 → 2	1 → 2 2 → 3
Вход 2	2 → 2	1 → 2	1 → 2	1 → 2 1 → 3	1 → 2
Вход 3	—	1 → 1	1 → 3 1 → 2	1 → 1	—

Рис. 2. Распределение временных интервалов соответствующих рис.1

На рис.3 показана система, в которой применяются мультиплексирование и демультимплексирование, и радиочастотное переключение. Здесь входные (АС-БС) пучки и выходные (БС-АС) пучки образуются из нескольких равных по ширине полос пропускания радиочастотных каналов и в любой текущий момент времени несколько или все эти каналы могут передавать информацию.

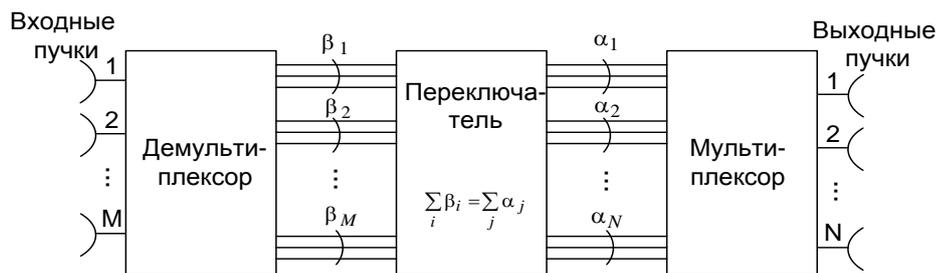


Рис. 3. Структура системы

Входные пучки демультимплексируются на БС, входной пучок  $i$  демультимплексируется в параллельных каналах  $\beta_i$ . Затем демультимплексированные каналы коммутируются к своим соответствующим выходным пучкам через радиочастотный переключатель и все каналы, предназначенные для каждого выхода демультимплексируются перед передачей обратно на АС. Ограничение, вызванное параметром  $K$ , или информационная способность БС, не указана в модели, отмеченной выше. Однако это ограничение появляется, если переключатель  $\sum \beta_i \times \sum \alpha_{ij}$  заменяется переключателем  $\sum \beta_i \times K$ , за которым следует следующее переключение  $K \times \sum \alpha_{ij}$ , как показано на рисунке 4. Эта схема может быть пригодна в определенных ситуациях, когда два коммутатора, соединенных параллельно, могут иметь меньше точек переключения и, следовательно, меньшую сложность и стоимость.

Матрица обмена информации  $D$  в матрице размером  $M \times N$  с неотрицательными входами, где вход  $d_{i,j}$  представляет собой обмен информации от входа  $i$  к выходу  $j$ .

Ширина полос выходного сигнала представлена посредством вектора  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)$ , где  $\alpha_j$  является положительным целым числом, представляющий полосу частот  $j$ -го выхода.



Рис. 4. Структура системы

Подобным образом вектор  $\beta$  представляет собой вход ширины полосы частот. Информационная емкость БС  $K$  является равной максимальному количеству информации, которую может передать в единичный временной отрезок и принимает значение  $1 \leq K \leq \min(\sum_i d_j, \sum_i \beta_i)$ , где  $j$ -я колонковая сумма  $c_j$  матрица определяется как сумма всех входов в  $j$ -й колонке. Также  $i$ -й ряд суммы  $r_i$  определяется как сумма всех входов в  $i$ -м ряду.

Стохастическая матрица  $\alpha\beta$  переключателя  $(\alpha, \beta)$  коммутации с неотрицательным числом входов, таких как  $c_j \leq \alpha_j, 1 \leq j \leq N$  и  $r_i \leq \beta_i, 1 \leq M$ , является матрицей размером  $M \times N$ . Она представляет собой информацию, которая может быть передана в единицу времени. Законченная стохастическая матрица  $\alpha\beta$  определяется как  $M \times N$   $\alpha\beta$  стохастическая матрица с  $c_j = \alpha_j, 1 < j < N$  и  $c_i = \beta_i, 1 < i < M$ . Квазидвойная стохастическая ( $QDS$ ) матрица представляет собой  $M \times N$  матрицу информации, для которой  $c_j = S, 1 \leq j \leq N$  и  $r_i = S$ , где  $S$  какое-то положительное целое число называется линейной суммой матрицы. Нормализованная квазидвойная стохастическая ( $NQDS$ ) матрица представляет собой  $M \times N$  матрицу информации с  $c_j/\alpha_j = S, 1 \leq j \leq N$  и  $r_i/\beta_i = S, 1 \leq i \leq M$ .  $S$  является суммой положительных целых чисел и называется приведенной к нормализованной линейной сумме матрицы.

Мы рассматриваем нижний предел времени передачи декомпозиции и можно показать, что в общем случае этот предел является достижимым [5]. Рассматриваемый алгоритм дает возможность для нахождения декомпозиции минимального времени передачи и выводит верхний предел максимального числа коммутационных схем.

### Литература:

1. Поповский В.В., Коляденко Ю.Ю. Пространственно-временной доступ до ретранслятора на стратосферной // Зв'язок. – 2004. - № 8. – С. 37-39.
2. Поповский В.В., Коляденко Ю.Ю. Использование пространственно-временного доступа в спутниковых системах подвижной связи с учетом стабилизации платформы ретранслятора связи // Праці УНДІРТ. Теоретичний та науково-практичний журнал радіозв'язку, радіомовлення і телебачення. - 2006. - № 2 (45). - С.101-109.
3. Bongiovanni G.A., Tang D.T., Wong C.K. General multibeam satellite switching algorithm // IEEE Trans. Commun. – 1981.– Vol. COM-29. – P.1025 -1036.
4. Bongiovanni G., Coppersmith D., Wong C.K. An optimal time slot assignment algorithm for an SS/TDMA system with variable number of transponders // IEEE Trans. Commun. – 1981. – Vol. COM-29. – P.721 -726.
5. Gopal, I.S., Bongiovanni G., Bonuccelli M.A., Tang D., Wong C.K. An Optimal Switching Algorithm for Multibeam Satellite Systems with Variable Bandwidth Beams // IEEE Trans. Commun. – 1982. –Vol. COM-30. – P. 2475 – 2481.