

А.З. Меликов, Л.А. Пономаренко, Г.М. Велиджанова

Многопараметрические гибридные схемы виртуального разделения каналов в интегральных сотовых сетях связи. II

Предложена многопараметрическая схема виртуального разделения общего пула каналов в интегральной сотовой сети связи, в которой обрабатываются новые и хэндовер-вызовы данных и речи. Выделены две индивидуальные зоны каналов для вызовов данных и речи и общая зона для их совместного использования. Даны два варианта доступа разнотипных вызовов в общую зону.

Запропоновано багатопараметричну схему віртуального розподілу загального пулу каналів в інтегральній стільниковій мережі зв'язку, де обробляються нові та хендовер-виклики даних і мови. Виокремлено дві індивідуальні зони для викликів даних і мови та загальна зона для спільного їх використання. Подано два варіанти доступу різнотипних викликів у загальну зону.

Введение. Эта статья – продолжение статьи [1], где сохраняются все введенные там определения и обозначения. Во второй части также исследуется модель интегральной сотовой сети связи (ССС), в которой обрабатываются четыре типа вызовов: хэндовер речевые вызовы (*hv*-вызовы), новые речевые вызовы (*ov*-вызовы), хэндовер-вызовы данных (*hd*-вызовы) и новые вызовы данных (*od*-вызовы). Однако здесь, в отличие от [1] и [2], исследуются схемы распределения каналов, которые базируются на идеях виртуального разделения каналов.

Отметим, что изолированные схемы (*IP*-схемы) разделения не всегда эффективны, отчего требуются и неизолированные схемы разделения. Такие схемы разделения каналов в СССР с одним трафиком были предложены в [3] и в главе первой книги [4]. Особенность этих схем состоит в том, что в них разделение каналов не жесткое, т.е. в них используется схема виртуального разделения каналов (*Virtual Partitioning, VP*).

В работах [5] и [6] предложена *VP*-схема разделения каналов в интегральных СССР, где, в отличие от *IP*-схемы, допускается процедура переназначения (переупаковки) канала из одной зоны в другую. Там же разработан аналитический метод расчета характеристик соты при использовании *VP*-схемы разделения каналов. Отметим, что в них не допускается воз-

можности организации общей зоны каналов. Вместе с тем организация такой зоны позволит улучшить желаемые показатели качества обслуживания (*QoS*) разнотипных вызовов.

В данной статье предложена новая гибридная многопараметрическая схема виртуального разделения всего пула каналов, в которой, наряду с индивидуальными зонами, также учитывается наличие общей зоны каналов для разнотипных вызовов, т.е. в предложенной схеме допускается процедура перетягивания канала из одной зоны в другую. Она называется виртуальным разделением с общей зоной (*Virtual Partition with Common Zone, VPwCZ*), которая есть обобщением известной схемы [5, 6]. Для исследования этой схемы предложен аналитический подход.

VPwCZ-схемы разделения каналов

В интегральной СССР обрабатываются четыре пуассоновских потока вызовов, при этом интенсивность x -вызовов обозначается λ_x , $x \in \{hv, ov, hd, od\}$ Базовая станция соты имеет $N > 1$ радиоканалов. Весь пул каналов разделен на три группы: N_v каналов из общего числа N каналов выделяются лишь для речевых вызовов (v -вызовов), N_d каналов из общего числа N каналов выделяются лишь для вызовов данных (d -вызовы), а остальные $N_{vd} = N - N_v - N_d$ каналов используются совместно вызовами ре-

чи и данных. Иными словами, весь пул из N каналов делится на три зоны: индивидуальную зону из N_v каналов (v -зона лишь для v -вызовов), индивидуальную зону из N_d каналов (d -зона лишь для d -вызовов) и общую из N_{vd} каналов (vd -зона для v - и d -вызовов).

Основное отличие данной схемы от $IPwCZ$ -схемы разделения каналов [1] заключается в следующем: по завершении обработки v -вызова (d -вызова) освобожденный канал, находящийся в v -зоне (d -зоне), закрепляется за vd -зоной при наличии там v -вызова (d -вызова), при этом одновременно канал в vd -зоне, осуществляющий обработку v -вызова (d -вызова), закрепляется за v -зоной (d -зоной). Иными словами, осуществляется процедура перетягивания канала из одной зоны в другую и таким путем проводится переупаковка каналов.

Функции распределения времени занятия каналов разнотипными вызовами экспоненциальны, среднее время занятия канала для одного речевого вызова (нового или хэндовер) равно $1/\mu_v$, а соответствующий показатель для вызовов данных (новых или хэндовер) равен $1/\mu_d$. Идентичность среднего времени занятия каналов новых и хэндовер-вызовов обоих типов объясняется отсутствием памяти экспоненциального распределения.

Предложены два варианта рассматриваемой схемы разделения каналов. В обоих вариантах внутри индивидуальных зон используется полноступенчатая схема (*Complete Sharing, CS*) для соответствующих типов вызовов. Вместе с тем они отличаются друг от друга стратегией доступа в общую зону каналов, а именно: в первом варианте общая зона также используется согласно CS -схеме, а во втором варианте используется стратегия отсечения части (*Cutoff Strategy*) новых вызовов обоих трафиков.

I вариант. В этом варианте схемы разделения каналов (обозначим ее $VPwCZv1$ -схема) доступ v -вызовов и d -вызовов осуществляется следующим образом. Если в момент поступления v -вызова (d -вызова) имеется хотя бы один свободный канал в v -зоне (d -зоне), то он занимает любой свободный канал этой зоны; иначе свободный канал ищется в vd -зоне. В данном

варианте схемы распределения каналов нет ограничения на максимальное число разнотипных вызовов в общей зоне, т.е. общая зона используется согласно CS -схеме. Это означает, что поступивший вызов любого типа принимается в vd -зону, если имеется хотя бы один свободный канал в этой зоне; в противном случае, т.е. если все каналы общей зоны заняты, поступивший в vd -зону вызов любого типа теряется. Отметим, что функция распределения времени занятия канала v -вызовом (d -вызовом) каждого типа в vd -зоне также экспоненциальна с тем же средним $1/\mu_v$ ($1/\mu_d$).

II вариант. В этом варианте схемы разделения каналов (обозначим ее $VPwCZv2$ -схема) доступ v -вызовов и d -вызовов в соответствующие индивидуальные зоны осуществляется как и в $VPwCZv1$ -схеме. Вместе с тем, в этой схеме, в отличие от предыдущей, имеются ограничения на максимальное число новых вызовов в общей зоне, т.е. общая зона не используется согласно CS -схеме. А именно, поступившие hv -вызовы и hd -вызовы принимаются в vd -зону с вероятностью единица, если в моменты их поступления имеется хотя бы один свободный канал этой зоны; иначе они теряются. Однако ov -вызовы (od -вызовы) принимаются в vd -зону, если в момент его поступления суммарное число речевых вызовов (вызовов данных) меньше, чем R_{ov} (R_{od}), $1 \leq R_{od} \leq R_{ov} \leq N_{vd}$. Это означает, что если в момент поступления ov -вызова (od -вызова) число вызовов данного типа в vd -зоне равно R_{ov} (R_{od}), то он теряется независимо от числа свободных каналов в vd -зоне. Отметим, что функция распределения времени занятия канала v -вызовом (d -вызовом) каждого типа в vd -зоне также экспоненциальна с тем же средним $1/\mu_v$ ($1/\mu_d$).

Основными показателями QoS разнотипных вызовов являются вероятности их потери. Вероятность потери x -вызовов обозначается как P_x , $x \in \{hv, ov, hd, od\}$. Проблема состоит в нахождении этих параметров.

Методы расчета

Рассмотрим решение задачи для $VPwCZv1$ -схемы разделения каналов. Поскольку исполь-

зуется виртуальная схема разделения каналов и среднее время обработки новых и хэндовер-вызовов каждого типа одинаковы, то состояние данной системы в произвольный момент времени определяется двумерным вектором $\mathbf{n} = (n_d, n_v)$, где n_d и n_v указывают соответственно суммарное число d -вызовов и v -вызовов в системе (безотносительно их распределения в индивидуальных зонах или в общей зоне). В этом варианте разнотипные вызовы равноправно используют каналы общей зоны, поэтому фазовое пространство состояний (ФПС) системы определяется так (рис. 1):

$$S = \{ \mathbf{n} : n_d = 0, 1, \dots, N_d + N_{vd}, n_v = 0, 1, \dots, N_v + N_{vd}; n_d + n_v \leq N \}. \quad (1)$$

Неотрицательные элементы производящей матрицы данной двумерной цепи Маркова (ЦМ) обозначим через $q(\mathbf{n}, \mathbf{n}')$. Они определяются из следующих соотношений (рис. 1):

$$q(\mathbf{n}, \mathbf{n}') = \begin{cases} \lambda_d, & \text{если } \mathbf{n}' = \mathbf{n} + \mathbf{e}_1, \\ \lambda_v, & \text{если } \mathbf{n}' = \mathbf{n} + \mathbf{e}_2, \\ n_d \mu_d, & \text{если } \mathbf{n}' = \mathbf{n} - \mathbf{e}_1, \\ n_v \mu_v, & \text{если } \mathbf{n}' = \mathbf{n} - \mathbf{e}_2, \\ 0 & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (2)$$

где

$$\lambda_d = \lambda_{od} + \lambda_{hd}, \lambda_v = \lambda_{ov} + \lambda_{hv}, \mathbf{e}_1 = (1, 0), \mathbf{e}_2 = (0, 1).$$

Вероятность состояния (n_d, n_v) обозначим через $p(n_d, n_v)$.

Утверждение 1. Стационарное распределение вероятностей состояний модели при использовании $VPwCZv1$ -схемы распределения каналов имеет следующий вид:

$$p(n_d, n_v) = p(0,0) \frac{v_d^{n_d} v_v^{n_v}}{n_d! n_v!}, \quad (3)$$

где $p(0,0)$ находится из условия нормировки,

$$\text{т.е. } \sum_{(n_d, n_v) \in S} p(n_d, n_v) = 1.$$

Доказательство этого факта осуществляется аналогично утверждению 1 работы [1] и базируется на том факте, что данная ЦМ обратима.

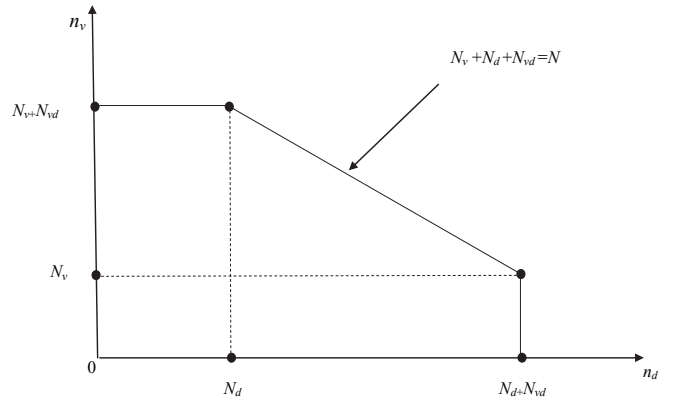


Рис. 1. Вид ФПС модели при $VPwCZv1$ -схеме разделения каналов

Речевые вызовы теряются в следующих случаях, если в момент поступления речевого вызова (нового или хэндовер):

- в каналах уже имеются $N_v + N_{vd}$ вызовов этого типа;
- все каналы заняты независимо от количества вызовов данного типа в каналах.

Следовательно, вероятность потери речевых вызовов (нового или хэндовер) определяется так (рис. 1):

$$P_{ov} = P_{hv} = \sum_{\mathbf{n} \in S} p(\mathbf{n}) (\delta(n_v, N_v + N_{vd}) + (1 - \delta(n_v, N_v + N_{vd})) \delta(n_v + n_d, N)), \quad (4)$$

где $\delta(i, j)$ – символы Кронекера.

В формуле (4) первое слагаемое определяет вероятность события (а), а второе – вероятность события (б).

Рассуждая аналогичным образом, получаем, что вероятность потери вызовов данных (нового или хэндовер) определяется так (см. рис. 1):

$$P_{od} = P_{hd} = \sum_{\mathbf{n} \in S} p(\mathbf{n}) (\delta(n_d, N_d + N_{vd}) + (1 - \delta(n_d, N_d + N_{vd})) \delta(n_v + n_d, N)). \quad (5)$$

Таким образом, с учетом (3) – (5) для вычисления искомых показателей QoS можно предложить следующие явные формулы:

$$P_{ov} = P_{hv} = p(0,0) \left(\frac{v_v^{N_v + N_{vd}}}{(N_v + N_{vd})!} \sum_{n_d=0}^{N_d} \frac{v_d^{n_d}}{n_d!} + \sum_{n_d=N_d+1}^{N_d + N_{vd}} \frac{v_d^{n_d}}{n_d!} \cdot \frac{v_v^{N - n_d}}{(N - n_d)!} \right); \quad (6)$$

$$P_{od} = P_{hd} = p(0,0) \left(\frac{v_d^{N_d+N_{vd}}}{(N_d+N_{vd})!} \sum_{n_v=0}^{N_v} \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} + \sum_{n_v=N_v+1}^{N_v+N_{vd}} \frac{v_d^{N-n_v}}{(N-n_v)!} \cdot \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \right) \quad (7)$$

Рассмотрим решения аналогичной задачи для $VPwCZv2$ -схемы распределения каналов. Здесь фазовое пространство состояний модели общей зоны каналов задается также с помощью (1). Вместе с тем, в данном варианте неотрицательные элементы производящей матрицы соответствующей двумерной ЦМ определяются так:

$$q(\mathbf{n}, \mathbf{n}') = \begin{cases} \lambda_d, & \text{если } n_d < N_d + R_{od}, \mathbf{n}' = \mathbf{n} + \mathbf{e}_1, \\ \lambda_{hd}, & \text{если } n_d \geq N_d + R_{od}, \mathbf{n}' = \mathbf{n} + \mathbf{e}_1, \\ \lambda_v, & \text{если } n_v < N_v + R_{ov}, \mathbf{n}' = \mathbf{n} + \mathbf{e}_2, \\ \lambda_{hv}, & \text{если } n_v \geq N_v + R_{ov}, \mathbf{n}' = \mathbf{n} + \mathbf{e}_2, \\ n_d \mu_d, & \text{если } \mathbf{n}' = \mathbf{n} - \mathbf{e}_1, \\ n_v \mu_v, & \text{если } \mathbf{n}' = \mathbf{n} - \mathbf{e}_2, \\ 0 & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (8)$$

Утверждение 2. Стационарное распределение вероятностей состояний модели при использовании $VPwCZv2$ -схемы распределения каналов имеет следующий вид:

Случай $R_{od} + R_{ov} \leq N_{vd}$:

$$p(n_d, n_v) = \begin{cases} \left(\frac{v_d^{n_d}}{n_d!} \cdot \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \right)_{R_{od}} \cdot p(0,0), & \text{если } 0 \leq n_d \leq N_d + R_{od}, 0 \leq n_v \leq N_v + R_{ov}, \\ \left(\frac{v_d^{n_d}}{n_d!} \cdot \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \right)_{R_{od}} \cdot \frac{v_d^{N-n_d}}{n_d!} \cdot \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \cdot p(0,0), & \text{если } 0 \leq n_d \leq N_d + R_{od}, \\ & N_v + R_{ov} + 1 \leq n_v \leq \min(N_v + N_{vd}, N - n_d), \\ \left(\frac{v_d^{n_d}}{n_d!} \right)_{R_{od}} \cdot \frac{v_d^{N-n_d}}{n_d!} \cdot \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \cdot p(0,0), & \text{если } N_d + R_{od} + 1 \leq n_d \leq N_d + N_{vd}, \\ & 0 \leq n_v \leq \min(N_v + R_{ov}, N - n_d), \\ \left(\frac{v_d^{n_d}}{n_d!} \right)_{R_{od}} \cdot \left(\frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \right)_{R_{ov}} \cdot \frac{v_d^{N-n_d}}{n_d!} \cdot \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \cdot p(0,0), & \text{если } N_d + R_{od} + 1 \leq n_d \leq N - N_v - R_{ov} - 1, \\ & N_v + R_{ov} + 1 \leq n_v \leq \min(N - N_d - R_{od}, N - n_d); \end{cases} \quad (9)$$

Случай $R_{od} + R_{ov} > N_{vd}$:

$$p(n_d, n_v) = \begin{cases} \left(\frac{v_d^{n_d}}{n_d!} \cdot \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \right)_{R_{od}} \cdot p(0,0), & \text{если } 0 \leq n_d \leq N_d + R_{od}, 0 \leq n_v \leq \min(N_v + R_{ov}, N - n_d), \\ \left(\frac{v_d^{n_d}}{n_d!} \right)_{R_{od}} \cdot \frac{v_d^{N-n_d}}{n_d!} \cdot \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \cdot p(0,0), & \text{если } 0 \leq n_d \leq N - N_d - R_{ov} - 1, \\ & N_v + R_{ov} + 1 \leq n_v \leq \min(N_v + N_{vd}, N - n_d), \\ \left(\frac{v_d^{n_d}}{n_d!} \right)_{R_{od}} \cdot \frac{v_d^{N-n_d}}{n_d!} \cdot \frac{v_v^{n_v}}{n_v!} \cdot p(0,0), & \text{если } N_d + R_{od} + 1 \leq n_d \leq N_d + N_{vd}, 0 \leq n_v \leq N - n_d. \end{cases} \quad (10)$$

В обоих случаях $p(0,0)$ находится из условия нормировки.

Доказательство этого факта осуществляется аналогично утверждению 2 статьи [1].

Рассмотрим проблемы определения вероятностей потерь в общей зоне каналов при использовании $VPwCZv2$ -схемы распределения

каналов. Эти показатели QoS определяются как соответствующие маргинальные распределения данной двумерной цепи.

Как и в первом варианте, hv -вызовы теряются в следующих случаях: (а) если в момент поступления hv -вызова в каналах уже имеются $N_v + N_{vd}$ речевых вызовов; (б) если в момент поступления hv -вызова все каналы заняты независимо от количества речевых вызовов. Следовательно, вероятность потери hv -вызовов также определяется из формулы (4). Аналогично получаем, что вероятность потери hd -вызовов определяется из формулы (5).

Вместе с тем, в данном варианте вероятности потери новых речевых вызовов и новых вызовов данных определяются другими формулами. Действительно, новые вызовы речи теряются, если в момент их поступления уже имеются $N_v + R_{ov}$ вызовов данного типа независимо от общего количества занятых каналов общей зоны. Таким образом, вероятности их потери определяется так:

$$P_{ov} = \sum_{\mathbf{n} \in S} p(\mathbf{n}) I(n_v \geq N_v + R_{ov}), \quad (11)$$

где $I(A)$ – индикаторная функция события A . Находим, что вероятности потери od -вызовов определяется так:

$$P_{od} = \sum_{\mathbf{n} \in S} p(\mathbf{n}) I(n_d \geq N_{od} + R_{od}). \quad (12)$$

Таким образом, с использованием соотношений (9)–(12) находим следующие явные формулы для вычисления вероятности потери новых вызовов при использовании $IPwCZv2$ -схемы разделения каналов:

$$P_{ov} = \sum_{n_d=0}^{N_d+N_{vd}-R_{ov}} \sum_{n_v=N_v+R_{ov}}^{\min(N_v+N_{vd}, N-n_d)} p(n_d, n_v); \quad (13)$$

$$P_{od} = \sum_{n_v=0}^{N_v+N_{vd}-R_{od}} \sum_{n_d=N_d+R_{od}}^{\min(N_d+N_{vd}, N-n_v)}. \quad (14)$$

Численные результаты

Разработанные алгоритмы позволяют изучить поведение показателей QoS относительно изменения структурных и нагрузочных параметров модели соты при использовании предложенной схемы разделения каналов.

Вначале рассмотрим результаты для $VPwCZv1$ -схемы распределения каналов. Нагрузочные параметры гипотетической модели выбирались следующим образом [1]: $\lambda_{ov} + \lambda_{hv} = 2,8$ вызов/с, $\lambda_{od} + \lambda_{hd} = 5,4$ вызов/с, $\mu_v^{-1} = 5$ с, $\mu_d^{-1} = 2$ с. Предполагается, что примерно 50 процентов суммарной интенсивности трафика вызовов каждого типа составляют хэндовер-вызовы. Система имеет 35 каналов ($N = 35$), из них 10 выделены для d -зоны ($N_d = 10$), т.е. принимается, что $N_v + N_{vd} = 25$.

На рис. 2 показано поведение вероятностей потери разнотипных вызовов относительно изменения параметра N_v (напомним, что согласно формулам (4) и (5) в $VPwCZv1$ -схеме распределения каналов имеют место соотношения $P_{ov} = P_{hv}$ и $P_{od} = P_{hd}$). Из этого графика видно, что обе функции P_{ov} и P_{od} почти не изменяются при $N_v \leq 15$, а именно для этих значений числа каналов имеем $P_{ov} \approx 0,7358$, $P_{od} \approx 0,0522$; при $N_v > 15$ функция P_{od} начинает с очень малой скоростью расти, а функция P_{ov} наоборот – убывает с очень малой скоростью, и при $N_v = 20$ имеем $P_{ov} \approx P_{od} \approx 0,0686$. Эти результаты имеют вполне логическое объяснение, так как с увеличением параметра N_v вероятности потери речевых вызовов не должны уменьшаться из-за того, что увеличиваются их шансы на принятие к обслуживанию, и одновременно при этом уменьшается параметр N_{vd} – число каналов общей зоны, и потому увеличивается вероятность потери вызовов данных.

Теперь рассмотрим результаты для $VPwCZv2$ -схемы распределения каналов. Поскольку эта схема содержит много структурных параметров ($N_v, N_d, N_{vd}, R_{ov}, R_{od}$), то изучение поведения показателей QoS относительно изменения каждого из них оказывается достаточно сложной проблемой. Она еще больше усложняется, если допустить одновременное изменение всех параметров. Поэтому ниже предполагается, что нагрузочные параметры модели считаются заданными и число каналов в каждой зоне фиксировано, т.е. принимается, что $N_v = 12$, $N_d = 8$, $N_{vd} = 15$, а

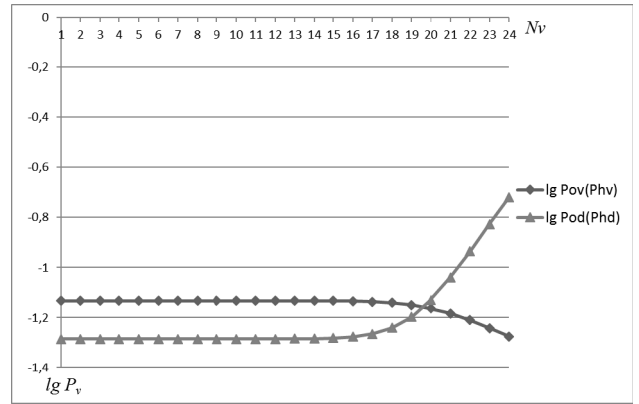
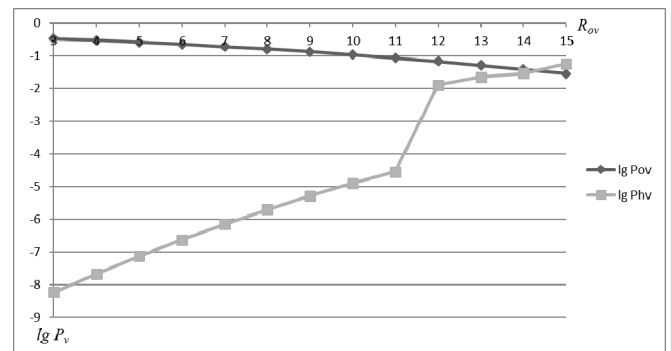


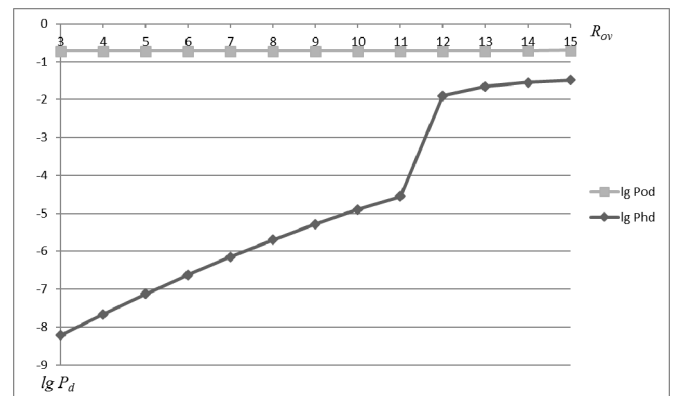
Рис. 2. Зависимость вероятностей потери вызовов речи от параметра N_v .

варьируются параметры R_{ov} и R_{od} . Для конкретности изложения здесь изучаются результаты экспериментов, в которых варьируется лишь параметр R_{ov} , но при этом рассматриваются два различных значения R_{od} т.е. предполагается, что $P_{od} = 3$ и $P_{od} = 6$.

На рис. 3, а и 3, б показано поведение вероятностей потери новых и хэндовер речевых вызовов относительно изменения параметра R_{ov} .



а



б

Рис. 3. Зависимость вероятностей потери вызовов речи (а) и данных (б) от параметра R_{ov} при $R_{od} = 3$

Из этих графиков видно, что с ростом параметра R_{ov} функция $P_{B_{ov}}$ уменьшается, а функция P_{hv} , наоборот, растет. Этого следовало ожидать, так как увеличение значения параметра R_{ov} в допустимых пределах $R_{od} \leq R_{ov} \leq N_{vd}$, приводит к увеличению шансов новых вызовов речи быть принятыми в общую зону, и тем самым уменьшаются шансы хэндовер речевых вызовов для доступа в эту зону. Отметим достаточно высокую скорость роста функции P_{hv} и, одновременно, очень низкую скорость уменьшения функции P_{ov} . При этом изменение значения параметра R_{od} существенным образом влияет лишь на значения функции P_{hv} , т.е. минимальное значение функции P_{hv} при $R_{od} = 3$ равно $5,94E-09$, но при $R_{od} = 6$ минимальное значение функции P_{hv} равно $1,61E-06$. Вместе с тем, их максимальные значения отличаются не существенно и равны соответственно $0,056$ и $0,076$.

На рис. 4, а и б показано поведение вероятностей потери новых и хэндовер-вызовов данных относительно изменения параметра R_{ov} . Из этих графиков видно, что с ростом параметра R_{ov} обе функции P_{od} и P_{hd} растут. Этого также следовало ожидать, так как увеличение значения параметра R_{ov} в допустимых пределах $R_{od} \leq R_{ov} \leq N_{vd}$ приводит к уменьшению шансов вызовов данных быть принятыми в общую зону. Здесь также наблюдается достаточно высокая скорость роста одной из этих функций, а именно, функция P_{hd} имеет высокую скорость роста, и одновременно функция P_{od} растет с очень низкой скоростью. При этом с ростом значения параметра P_{od} существенным образом уменьшаются значения функции $P_{B_{od}}$ т.е. при $R_{od} = 3$ значения этой функции изменяются в интервале $[0,1892; 0,1967]$, а при $R_{od} = 6$ этот интервал определяется как $[0,0733; 0,0809]$. Изменения значения параметра R_{od} аналогичным образом влияют лишь на минимальное значение функции P_{hd} , т.е. при $R_{od} = 3$ минимальное значения этой функции равно $6,09E-09$, а при $R_{od} = 6$ оно равно $1,61E-06$; вместе с тем, изменения значения параметра R_{od} почти не влияют на максимальное значение этой функ-

ции, т.е. эти значения равны $0,0325$ и $0,0496$ при $R_{od} = 3$ и $R_{od} = 6$ соответственно.

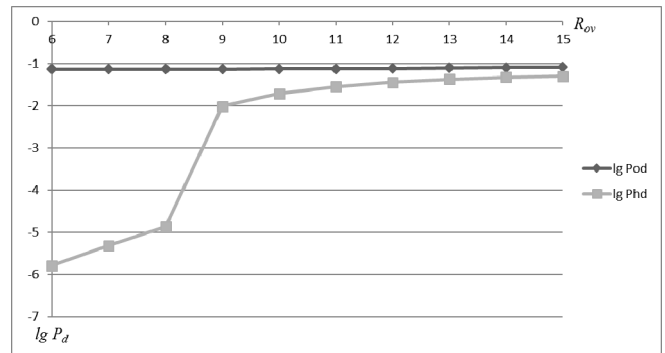
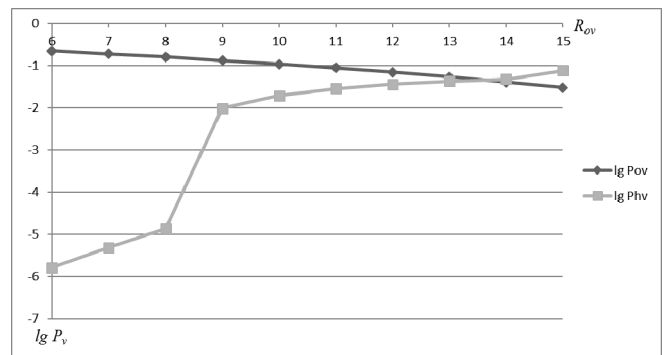


Рис. 4. Зависимость вероятностей потери вызовов речи (а) и данных (б) от параметра R_{ov} при $R_{od} = 6$

Интересно отметить, что в обоих случаях $R_{od} = 3$ и $R_{od} = 6$ имеет место соотношение $P_{hv} \approx P_{hd}$, и лишь при максимально возможном значении параметра R_{ov} они отличаются; так, например, при $R_{od} = 3$ их значения отличаются лишь при $R_{ov} = 15$, т.е. $R_{ov} = 15$ имеем $P_{hv} \approx 0,0560, P_{hd} \approx 0,0325$.

Заключение. В статье предложена новая схема разделения каналов в интегральных сотовых сетях связи, в которых осуществляется обработка речевых вызовов и вызовов данных. Согласно данной схеме весь пул каналов виртуально делится на три зоны: две индивидуальные зоны для вызовов данных и речи и общая зона для их совместного использования, при этом осуществляется процедура перетягивания канала из одной зоны в другую. Предложены два варианта доступа разнотипных вызовов в общую зону: в одном из них все типы вызовов равноправно ис-

пользуют каналы общей зоны, а во втором варианте имеются ограничения для новых вызовов обоих трафиков в зависимости от суммарного числа вызовов соответствующих типов. Предложены алгоритмы расчета показателей *QoS* системы при заданных значениях числа каналов, нагрузок разнотипных вызовов и параметров введенной схемы разделения каналов. Результаты работы могут быть использованы для нахождения оптимальных значений параметров предложенной схемы с целью удовлетворения заданных уровней качества обслуживания.

1. Меликов А.З., Пономаренко Л.А., Велиджанова Г.М. Многопараметрические гибридные схемы изолированного разделения каналов в интегральных сетях связи // УСиМ – 2016. – № 1. – С. 62–72.
2. Меликов А.З., Фаттахова М.И., Велиджанова Г.М. Метод расчета параметров интегральной сотовой сети связи с изолированным разделением каналов // Электронное моделирование. – 2014. – Т. 36, № 5. – С. 37–48.

3. Melikov A.Z., Fattakhova M.I., Babayev A.T. Investigation of cellular communication networks with private channels for service of handover calls // Automatic Control and Comp. Sci. – 2005. – 39, N 3. – P. 61–69.
4. Ponomarenko L., Kim C., Melikov A. Performance analysis and optimization of multi-traffic on communication networks. – Heidelberg–Dordrecht–London–New York: Springer, 2010. – 208 p.
5. Melikov A.Z., Ponomarenko L.A., Velidzanova G.M. Analysis of integrated cellular network model with virtual partitioning of channels // Cybernetics and System Analysis. – 2014. – 50, N 6. – P. 884–890.
6. Performance evaluation of integrated wireless networks with virtual partition of channels / A. Melikov, M. Fattakhova, G. Velidzanova et al. // Lectures notes in computer communications and information sciences. – Springer, 2014. – 487. – P. 269–276.

Поступила 10.11.2015

E-mail: laponomarenko@ukr.net

© А.З. Меликов, Л.А. Пономаренко, Г.М. Велиджанова,
2016

UDC 519.872:621.394.74

A.Z. Melikov, L.A. Ponomarenko, G.M. Velidzanova

Multi-parametric Hybrid Isolated Schemas to Partition of Channels in the Integrated Cellular Networks. II

Keywords: cellular network, channels partition schemas, quality of service, multiplicative solution.

Introduction. In Integrated Cellular Network (ICN) four type of calls are distinguished: handover voice calls (hv-calls), new voice calls (ov-calls), handover data calls (hd-calls) and new data calls (od-calls). The indicated calls have the different quality of service (QoS) requirements. To satisfy these requirements in the available literature the several channels partition schemas are proposed.

Purpose. New two schemas to common channels partition in Integrated Cellular Network (ICN) are presented. The indicated schemas allow to satisfy the different requirement of heterogeneous calls to quality of service (QoS) metrics. Both schemas are based on the idea of Virtual Partition with Common Zone (VPwCZ). Virtual partition means the following: on termination of v-call processing the released channel which is in a v-zone, is transferred in a vd-zone at presence of v-call, and the channel in a vd-zone, carrying out v-call processing, fixed to a v-zone. In both schemas in individual zone the guard channels scheme for handover calls are used. In one of them (VPwCZv2) the common zone of channels are used by Complete Sharing (CS) scheme; in another scheme (VPwCZv2) in common zone of channels the cutoff scheme is used. The problem develops the effective methods to calculate the QoS metrics of heterogeneous calls.

Method. The functioning of the investigated model is described by two-dimensional Markov Chain (2-D MC). Infinitesimal matrix of appropriate 2-D MC in both schemas are developed. It is shown that the stationary distribution of an indicated 2-D MC in both cases have the multiplicative form and the explicit formulas are developed. The algorithms to calculate QoS metrics of the different call types are proposed.

Results. The results of the numerical experiments for both schemas of channels partitions are demonstrated. In order to be accurate, only the dependencies of QoS metrics on parameters of channels partition schemas are shown. These results allow to perform detailed analysis of behavior of QoS metrics in wide area of the models with changing parameters.

Conclusion. The simple algorithms to calculate QoS metrics in ICN are developed. Complexities of the algorithms are very low and they allow to select the optimal partition scheme in the investigated networks.

