

# طرح تخصیص منبع پویا مبتنی بر استقراض کانال متقابل یکجانبه برای سرویس دهی به ترافیک نامتجانس در محیطهای سلولی

وحید طباطبا وکیلی

استادیار دانشکده مهندسی برق - دانشگاه علم و صنعت ایران

آرش عظیمی نژاد

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی برق - دانشگاه علم و صنعت ایران

arash1971@yahoo.com

(تاریخ دریافت ۸۱/۸/۱۹، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۲/۸/۱۷، تاریخ تصویب ۸۲/۱۱/۱۸)

## چکیده

کارایی طیفی بالا و دسترسی با نرخ داده های انعطاف پذیر به منظور ارائه سرویسهای سیار متنوع، دو گرانیگاه کلیدی در توسعه نسل آتی شبکه های بیسیم محسوب میگردند. درخواست سرویسهای متفاوت از طرف کاربران شبکه مقتضیات ترافیکی ناهمگن و نامتجانسی را از نقطه نظرهای پهنای باند، نرخ ورود تقاضاهای سرویس و توزیع آماری زمانهای سرویس پدید خواهد آورد. در پژوهش حاضر مسئله تخصیص منبع در شبکه های سلولی عرضه کننده سرویسهای بلادرنگ موجد ترافیک نامتجانس، با رویکردی نو مورد توجه قرار میگیرد. با فرض ارائه دو نوع سرویس بلادرنگ تماس صوتی و تماس تصویری با مشخصه های ترافیکی متفاوت توسط سیستم، کانالهای منطقی موجود در شبکه به دو گروه کانالهای صوتی و تصویری تقسیم گردیده و با استفاده از ایده استقراض کانال متعارف و نیز استقراض متقابل یکجانبه بین کانالهای نامتجانس، طرحی کارآ به منظور تخصیص منبع در چنین محیطی توسعه داده میشود. نتایج شبیه سازیهای انجام شده برای ارزیابی کمی عملکرد طرح تخصیص منبع HCBA-UCB حاکی از توانایی آن در کاهش قابل توجه نرخ انسداد کلی و در نتیجه بهبود کارایی طیفی شبکه سلولی میباشد.

**واژه های کلیدی:** تخصیص کانال پویا، استقراض کانال، ترافیک چند رسانه ای، کیفیت سرویس

## مقدمه

شده اند [۴-۹]. در شبکه های BISDN/ATM برای کاربردهای غیربلادرنگ روشهایی مانند دسترسی محدود شده متقابل<sup>۲</sup> به نحوی گسترده مورد مطالعه قرار گرفته اند [۱۰]. در این روش کنترل تخصیص پهنای باند برای دو نوع ترافیک باند پهن (تصویر) و باند باریک (صوت و داده ها) انجام گردیده و در آن ترافیک باند باریک دارای قابلیت صف بندی بوده و ترافیک باند پهن انسداد پذیر میباشد. این نحوه تخصیص پهنای باند مصالحه ای بین دو حالت حدی تفکیک کامل پهنای باندهای تخصیص داده شده به هر نوع ترافیک و اشتراک کامل منابع پهنای باند مورد بحث است.

در حالت کلی تماسهای صوتی و تصویری در یک شبکه مخابرات سلولی از مقتضیات بلادرنگی پیروی می کنند، در صورتیکه ارتباطات داده ها (به استثنای داده های کنترلی و نظارتی شبکه) فاقد این مقتضیات بوده و عموماً ارتباطاتی نامتقارن و رگبارهای<sup>۳</sup> محسوب می گردند. پهنای

کاربردهای چند رسانه ای بلادرنگ<sup>۱</sup> در شبکه های سلولی آنچنانکه توسط پیشنهاد فنی IMT2000/UMTS ابراز گردیده اند، چالشهای کاملاً جدیدی را به قلمرو مخابرات سلولی وارد خواهند نمود [۱]. پایانه های دستی سیستمهای سلولی نسل سوم قابلیت ارائه سرویسهای چندرسانه ای با نرخ انتقال داده های بالا را داشته و از هم اکنون انتظارات کاربران از چنین سیستمهایی بسیار فراتر از تأمین ارتباطات صوتی سنتی است. درخواست انواع متفاوت سرویس از طرف کاربران شبکه که از نظر مشخصه های ترافیکی ماهیتهایی کاملاً متفاوت دارند، ترافیکی ناهمگن و نامتجانس را در سیستم سلولی ایجاد خواهد نمود [۲، ۳].

برای انتقال ترافیک چندرسانه ای توام با استفاده بهینه از پهنای باند، طرحهای تخصیص منبع متعددی برای کاربردهای مختلف و رسانه های ارتباطی متفاوت پیشنهاد

هنگامی پذیرفته می‌شود که عمل اشتراک منبع باعث تنزل QoS سرویسها نگردد.

طرح تخصیص منبع مبتنی بر استقراض متقابل یک جانبه کانالهای نامتجانس<sup>۴</sup> (HCBA-UCB) پیشنهاد شده در این مقاله با استفاده از ایده استقراض کانال بین کانالهای تخصیص داده شده به ترافیک صوتی در سلولهای مجاور و نیز استقراض کانال یک جانبه بین کانالهای تخصیص داده شده به ترافیکهای صوتی و تصویری در یک سلول، سعی در ارتقاء عملکرد ترافیکی کلی سیستم در رابطه با سرویسهای بلادرنگ بدون تحمیل هزینه اضافی بر QoS هر یک از سرویسها دارد. همچنین استفاده معقول و مناسب از ایده تخصیص مجدد کانال [۱۵] تواناییهای تله ترافیکی این طرح را بیش از پیش تقویت نموده است. باتوجه به پهنای باند بزرگتر کانالهای تصویری در مقایسه با کانالهای صوتی و نیز نرخ ورود بسیار پایین تر تماسهای تصویری، تنها استقراض کانالهای تصویری توسط تماسهای صوتی در یک سلول مجاز می‌باشد. پهنای باند کانالهای تصویری اجازه حمل همزمان چند تماس صوتی توسط یک کانال تصویری استقراضی را نیز می‌دهد و در ادامه پژوهش به شرایط تحقق این نوع استقراض نیز پرداخته خواهد شد. در خاتمه با شبیه‌سازی طرح تخصیص کانال HCBA-UCB در یک محیط سلولی و ارائه نتایج عددی برای عملکرد ترافیکی آن، طرح پیشنهادی از زاویه کمی مورد ارزیابی واقع خواهد شد.

### راهبرد کلی تخصیص کانال در طرح HCBA-UCB

فرض بر این است که هر سلول با مختصات صحیح  $(i, j)$  در آرایه ای دو بعدی از سلولها مشخص گردد. کاربرد ایده سنتی استقراض کانال منتهی به بهبود عملکرد ترافیکی شبکه سلولی در نتیجه استفاده از کانالهای آزاد سلولهای همسایه واقع در یک خوشه سلولی خواهد شد [۱۵]. در مرحله تخصیص کانال طرح HCBA-UCB نخست کلیه کانالهای صوتی و تصویری بر مبنای یک الگوی استفاده مجدد معین مبتنی بر راهبرد تخصیص کانال ثابت (FCA) یکنواخت بین سلولها تقسیم می‌گردند. اگر پس از تخصیص کانال اولیه هر سلول دارای  $N_A$  کانال صوتی نامی و  $N_V$  کانال تصویری نامی فرض

باند مورد نیاز برای برقراری یک ارتباط تصویری چندین برابر پهنای باند مربوط به ارتباط صوتی است و این دو گروه تماس دارای ویژگیهای ترافیکی (نظیر نرخ ورود و توزیع زمان تماس) متفاوت می‌باشند. معیار کمی کیفیت سرویس (QoS) که بطور عام برای سرویسهای بلادرنگ صوتی و تصویری استفاده می‌شود، احتمال انسداد تماس<sup>۴</sup> است. درمورد تماسهای داده‌ها، QoS برحسب عملکرد تاخیر بسته‌های داده‌ها و گذردهی<sup>۵</sup> بیان می‌شود. بمنظور تضمین الزامات QoS سرویسهای متفاوت درعین حصول به کارایی طیفی بهینه، غالباً منابع پهنای باند برحسب نیازهای طراحی ترافیکی شبکه سلولی ازپیش به سرویسهای صوتی، تصویری و داده‌ها بصورت مستقل تخصیص داده می‌شوند.

به هنگام مطرح نمودن ایده اشتراک منبع بین سرویسهای متفاوت با هدف بهبود عملکرد ترافیکی یک سرویس خاص، باید مسئله منصفانه بودن<sup>۶</sup> تسهیم [۱۱] و نیز هزینه تحمیل شده بر سرویسهای دیگر از نظر QoS را مورد توجه قرار داد. پژوهشهای انجام شده در این زمینه غالباً توجه خود را به اشتراک منبع بین ترافیک داده‌ها و یک سرویس بلادرنگ نظیر صوت یا تصویر معطوف نموده‌اند. بطور معمول ظرفیت آزاد تخصیص داده شده به سرویس بلادرنگ تحت نظارت الگوریتمهای مختلف متحقق شده در لایه کنترل دسترسی رسانه<sup>۷</sup>، موقتاً برای انتقال داده‌های سوئیچ شده بصورت پاکتی بکار گرفته می‌شود و باتوجه به اولویت بازدارنده سرویس بلادرنگ بر ترافیک داده‌ها، این اشتراک منبع منتهی به تنزل QoS سرویس بلادرنگ نخواهد شد [۱۴-۱۲]. باتوجه به دیدگاه اخیر در این پژوهش سیستم مخابرات سلولی مفروض قادر به پشتیبانی از هر سه نوع سرویس تماسهای صوتی، تصویری و داده‌ها فرض شده و تمرکز اصلی متوجه اشتراک منبع بین سرویسهای بلادرنگ صوتی و تصویری می‌گردد. انتقال داده‌ها که در حالت کلی از اولویت پایین‌تری برخوردار می‌باشند، از طریق پهنای باند آزاد تخصیص داده شده به سرویسهای بلادرنگ امکان‌پذیر است. هنگامیکه اشتراک منبع بین دو سرویس بلادرنگ مجاز باشد، یک مسئله اساسی تضمین QoS هر یک از دو سرویس در طول زمان استقراض منبع است. بعبارت دیگر، تقاضای استقراض

کلیه  $N_A$  کانال صوتی نامی سلول اشغال باشند با فعال شدن تابع Borrow در الگوریتم تخصیص کانال سعی در استقراض یک کانال صوتی از سلولهای مجاور برای پاسخگویی به درخواست مکالمه خواهد شد. استقراض کانال بر مبنای طرح اولین کانال در دسترس<sup>۹</sup> انجام میپذیرد [۱۵]. چنانچه نتیجه جستجو برای یافتن کانال حائز شرایط استقراض در سلولهای مجاور منفی بود، با فعال شدن تابع CrossBorrowing در جهت استقراض متقابل یکجانبه یک کانال تصویری در سلول  $(i, j)$  برای پاسخگویی به تقاضای تماس صوتی در همین سلول با شرط حفظ QoS تماسهای تصویری، تلاش خواهد شد. در صورتی که از این مرحله نیز نتیجه ای عاید نگردید، تقاضای تماس صوتی با انسداد روبرو میگردد. فلوجارت شکل (۱) مرحله تخصیص کانال طرح HCBA-UCB را تشریح کرده و شکل (۲) فلوجارت مرحله آزادسازی و تخصیص مجدد کانال را که متناسب با مرحله تخصیص کانال این راهبرد بمنظور ارتقای هر چه بیشتر عملکرد تله ترافیکی آن طراحی شده است را نشان میدهد. قابل توجه است که در هر بار آزادسازی کانال حداکثر یک تخصیص مجدد اتفاق میافتد تا بدینوسیله هزینه سربار تحمیل شده از انجام این روند بر زیرسیستم مدیریتی شبکه، کنترل شده باقی بماند. همچنین به منظور تنویر هر چه بیشتر الگوریتم تخصیص کانال مورد بحث، ذیلاً اسم متغیرهای بکار رفته در آن معرفی میشوند.  $m$  امین الگوی فشرده (الگوی استفاده مجدد با حداقل فاصله متوسط بین سلولهای هم کانال، تعداد الگوهای فشرده در یک ساختار سلولی با هندسه شش ضلعی منتظم دو برابر اندازه خوشه سلولی میباشد) [۱۵، ۱۶] برای طرح FCA تخصیص اولیه منابع به سلولها توسط آرایه سه بعدی  $C[m][i][j]$  تعریف میشود:

$$C_{ij}(m) = \begin{cases} 1 & \text{if cell } (i, j) \text{ belongs to the } m\text{-th CP} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

آرایه  $S[k][i][j]$  وضعیت اشغال بودن کانال  $k$  در سلول  $(i, j)$  را مشخص میسازد.

$$S_{ij}(k) = \begin{cases} \text{User's No.} & \text{if channel } k \text{ is being used in cell } (i, j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

گردد، هنگامی که تقاضای مکالمه جدیدی در سلول  $(i, j)$  پدید آید فرایند تخصیص منبع به این درخواست بر طبق الگوریتم زیر انجام خواهد شد.

```

if (T-State = 0) /*Voice-type traffic*/
{
    Min = No. of the first audio channel
    Max = No. of the last audio channel
}
else if (T-State = 1) /*Video-type traffic*/
{
    Min = No. of the first video channel
    Max = No. of the last video channel
}
/*Local FCA assignment of A or V channels to
corresponding call demands*/
for (m = Min to Max)
{
    if (S[m][i][j] = -1 & C[D[m]][i][j] = 1
    & Ch-Lock[m][i][j] = 0)
    /*Assign channel m to the call
    request*/
    Ch-No = m
    S[m][i][j] = User No.
    Ch-Lock[m][i][j] = 1
}
/*Borrowing between A-channels in adjacent
cells*/
if (T-State = 0)
    Ch-No = Borrow (i, j)
    if (Min <= Ch-No <= Max)
        S[Ch-No][i][j] = User No.
        /*Borrowed channel will be
        locked in donor cell and near
        co-channels*/
    else
    /*Unilateral cross borrowing between
    A-traffic and V-channels in the home-
    cell*/
    Ch-No=CrossBorrowing(i,j)
    if (Min V-channel
    No.<=Ch-No<=
    Max V-channel No.)
    S[Ch-No][i][j] = User No.
    /*Borrowed V-channel will
    be locked in the home-cell*/
    else
    The Audio call demand is blocked

```

مطابق الگوریتم فوق، درخواست تماس تصویری در سلول  $(i, j)$  در صورت عدم وجود کانال تصویری آزاد در میان  $N_V$  کانال تصویری نامی این سلول با انسداد روبرو خواهد شد. در مورد تقاضای تماس صوتی جدیدالورود، چنانچه

تصمیم گیری مارکوف و سپس حل مدل حاصل با کاربرد روشهای برنامه ریزی خطی است [۱۷]. اشکال روند اخیر پیچیدگی تحلیلی آن میباشد که در پاره ای از موارد دسترسی به جواب را عملاً غیرممکن میسازد. در پژوهش حاضر با استفاده از رهیافتی متفاوت، از پیچیدگی تحلیلی و بار محاسباتی حل مسئله به نحوی موثر کاسته شده است.

فرض میشود که ورود تقاضاهای تماس جدید برای ترافیکهای صوتی و تصویری از فرایندهای پواسون با نرخهای ورود متوسط بترتیب  $\lambda_A$  و  $\lambda_V$  پیروی نموده و فرایندهای سرویس دهی به تماسهای صوتی و تصویری نیز پواسون با نرخهای متوسط  $\mu_A$  و  $\mu_V$  باشند. اگر در زمان صفر تعداد  $n_0$  کانال تصویری از میان  $N_V$  کانال تصویری سلول  $(i, j)$  بعلت حمل تماسهای تصویری در این سلول اشغال باشند، آنگاه احتمال انسداد ناشی از حمل ترافیک تصویری  $n$  کانال تصویری در زمان  $t$  در این سلول، احتمال حالت گذرای یک سیستم صف  $M/M/N_V/N_V$  میباشد [۱۸]. حل کلی احتمالات حالت گذرا برای چنین سیستم صفی کاملاً پیچیده است ولی چنانچه ترافیک بسیار سنگین نباشد  $P_n(t, n_0)$ ، احتمال گذرای وقوع حالت  $n$  در سیستم صف  $M/M/N_V/N_V$  با شرط اولیه  $n_0$ ، بر حسب احتمال حالت گذرای صف  $M/M/\infty$ ،  $Q_n(t, n_0)$ ، بصورت زیر قابل تقریب میباشد [۱۸]:

$$P_n(t, n_0) = \frac{Q_n(t, n_0)}{\sum_{i=0}^{N_V} Q_i(t, n_0)} \quad (1)$$

در مورد صف  $M/M/\infty$  احتمالات حالت گذرا از حل معادلات دیفرانسیلی-تفاضلی زیر بدست میآیند [۱۸]:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} S_0(t) &= -\lambda_V S_0(t) + \mu_V S_1(t) \\ \frac{d}{dt} S_n(t) &= (n+1)\mu_V S_{n+1}(t) - (\lambda_V + n\mu_V) S_n(t) + \lambda_V S_{n-1}(t) \quad , n > 0 \end{aligned} \quad (2)$$

با قرار دادن:

$$R(z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} S_n(t) \cdot z^n \quad (3)$$

تابع  $R(z, t)$  بصورت زیر استخراج خواهد شد:

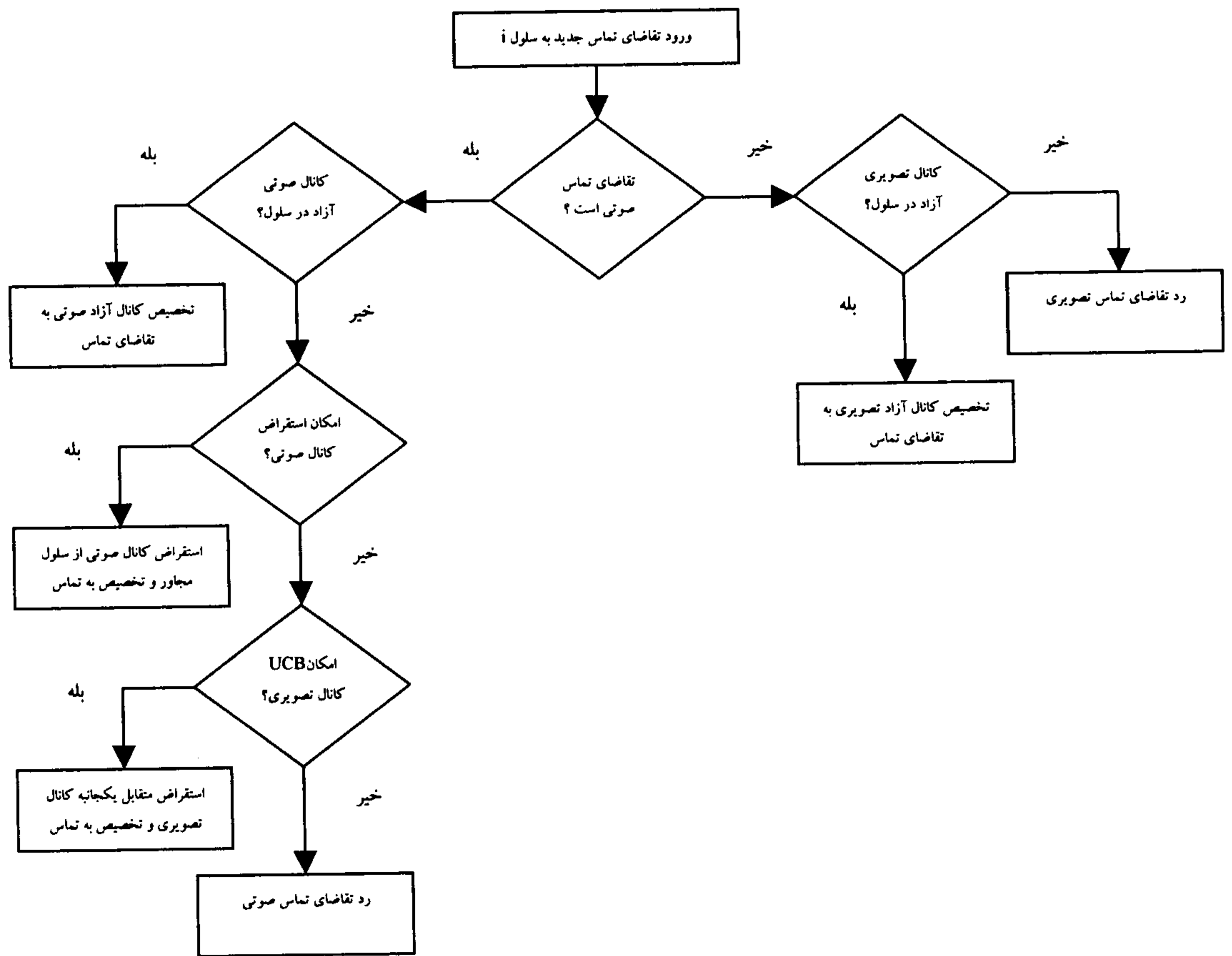
آرایه یک بعدی  $D[k]$  شماره الگوی فشرده تخصیص داده شده به کانال  $k$  را تعیین میکند و با توجه به استفاده از طرح FCA برای تخصیص اولیه کانالها، این آرایه بر مبنای الگوی استفاده مجدد مورد استفاده در ابتدای کار پر خواهد شد [۱۶]. آرایه سه بعدی  $Ch-Lock[k][i][j]$  وضعیت قفل شدگی کانال  $k$  در سلول  $(i, j)$  را تعیین خواهد نمود [۱۵].

$$Ch-Lock_{ij}(k) = \begin{cases} 1 & \text{if channel } k \text{ is being locked in cell } (i, j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

### استقراض متقابل یکجانبه

مسئله مطروحه در رابطه با استقراض متقابل یکجانبه بدین صورت قابل بیان است که هنگامی که یک درخواست مکالمه صوتی قادر به یافتن کانال آزاد صوتی در سلول خود یا سلولهای مجاور نگردد در جهت استقراض یک کانال تصویری در سلول مبدا به شرط ارضای قید حفظ حداقل QoS تعیین شده برای سرویس دهی به ترافیک تصویری شبکه، تلاش خواهد نمود. قید QoS مورد بحث آستانه احتمال انسداد تماسهای تصویری،  $P_B$ ، است. به عبارت دیگر استقراض متقابل یکجانبه کانال تصویری برای سرویس دهی به ترافیک صوتی در صورتی مجاز خواهد بود که پس از استقراض به تعداد کافی کانال تصویری در سلول مبدا آزاد باقی بمانند تا احتمال انسداد تماسهای تصویری در این سلول در طول مدت استقراض متقابل یکجانبه از  $P_B$  افزونتر نگردد.

مدلی که در حالت کلی به منظور تحلیل مسئله فوق قابل استفاده است، سیستم صف بندی با چند سرویس دهنده<sup>۱۰</sup> با اندازه صف صفر (مدل تلفات) میباشد. هر یک از انواع ترافیکهای مورد نظر مشخصه های ترافیکی متفاوت و مخصوص به خود را واجد هستند اما کلیه منابع ترافیکی بصورت فرایندهای پواسون مدل شده و چنین فرض میگردد که مدت زمان تماسها از توزیع نمایی پیروی میکند. در اینحالت هدف غایی اتخاذ سیاستی کنترلی است که در عین بهبود عملکرد سیستم در سرویس دهی به ترافیک صوتی، احتمال انسداد تماسهای تصویری را در سطحی بالاتر از  $P_B$  تضمین کند. منظور مورد بحث با کاربرد روشهای بهینه سازی استوکاستیک قابل تحقق بوده و راه حل کلی برای حصول به آن استفاده از مدل مسئله



شکل ۱: فلوجارت راهبرد کلی فاز تخصیص کانال طرح HCBA-UCB.

$M/M/\infty$  و  $M/M/N_V/N_V$  بجز در مقادیر انسداد مربوط به اشغال بودن کلیه  $N_V$  کانال تصویری مشابه میباشند و بنابراین دقت تقریب بکار گرفته شده در استنتاج رابطه (۱) به استثنای شرایط بار ترافیکی کاملاً سنگین، رضایت بخش خواهد بود.

چنانچه هدف استقراس متقابل یکجانبه یک کانال تصویری در عین منظور داشتن حفظ QoS تماسهای تصویری در طی استقراس مذکور در سلول مبداء باشد، آنگاه  $T_0$  یا حداکثر زمانی که یک کانال تصویری بدون زیر پا نهادن قید  $P_B$  قابل استقراس توسط تماس صوتی است از حل معادله زیر بدست میاید:

$$P_{N_V-1}(T_0, n_0) = P_B \quad (۶)$$

با توجه به اینکه طول مدت تماس صوتی از توزیع نمایی پیروی میکند، احتمال آنکه هیچ تماس صوتی در سلول  $(i, j)$  در طی زمان  $T_0$  ختم نشود عبارتست از:

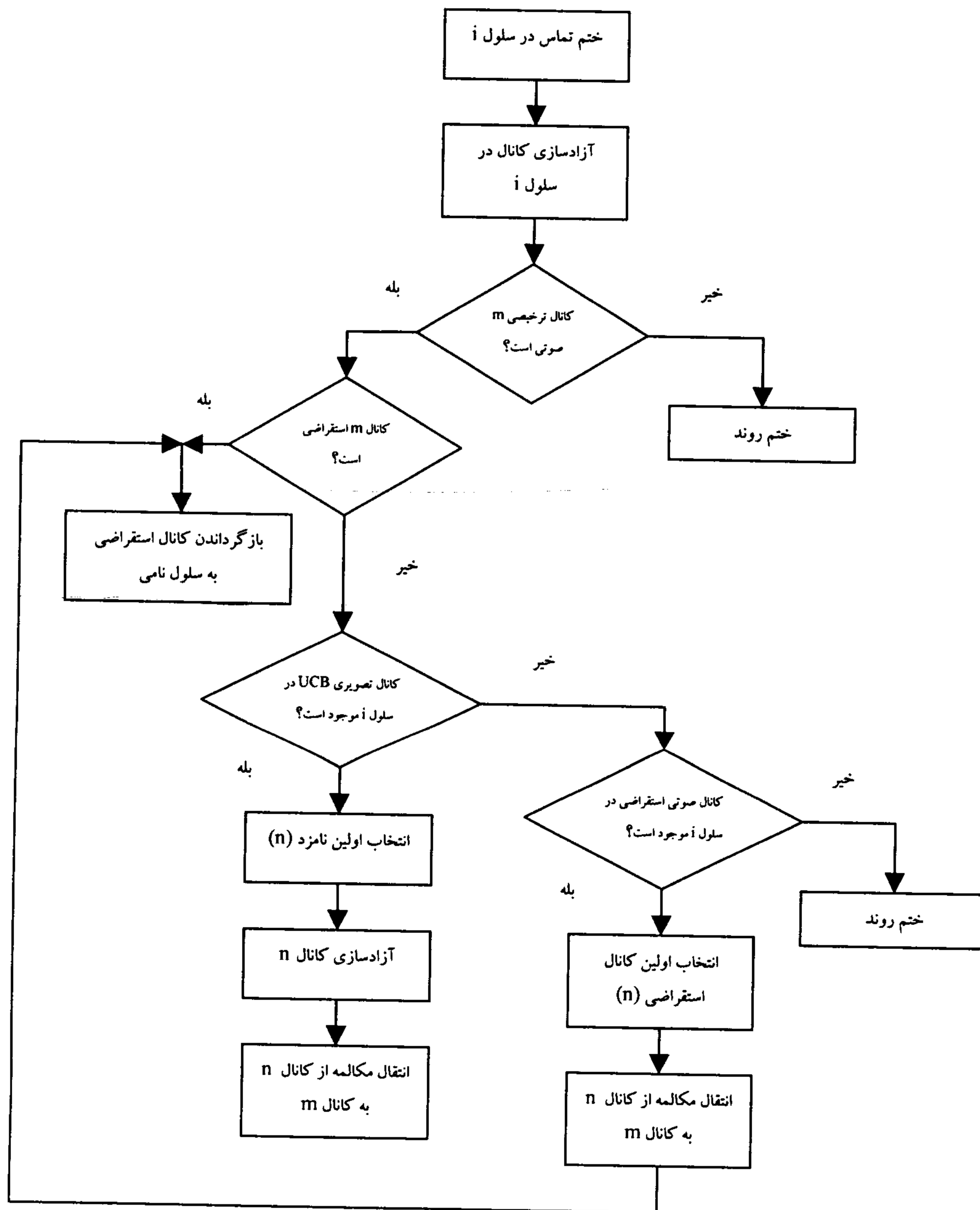
$$R(z, t) = e^{-\alpha(1-z)} [1 - (1-z)e^{-\mu_V t}]^{n_0}$$

$$\alpha = \left( \frac{\lambda_V}{\mu_V} \right) (1 - e^{-\mu_V t}) \quad (۴)$$

با در نظر گرفتن  $S_{n_0}(0) = 1$  بعنوان شرط اولیه در محاسبه تبدیل معکوس Z رابطه (۴)، سرانجام احتمال  $Q_n(t, n_0)$  بصورت زیر نتیجه خواهد شد:

$$Q_n(t, n_0) = \begin{cases} \frac{1}{n!} e^{(\beta - \mu_V t) \gamma^{n_0}} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(n_0 + i)!}{i!(n_0 - n + i)!} (-\beta)^i \gamma^{i-n}, & n \leq n_0 \\ \frac{1}{n!} e^{(\beta - \mu_V t) \gamma^{n_0}} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(n + i)!}{i!(n - n_0 + i)!} (-\beta)^{n-n_0+i} \gamma^i, & n > n_0 \end{cases} \quad (۵)$$

که در رابطه اخیر  $\beta = [(\lambda_V / \mu_V)(1 - e^{-\mu_V t})]$  و  $\gamma = (1 - e^{-\mu_V t})$  در حالت پایدار ( $t = \infty$ ) دقیق است، زیرا توزیع طول صف  $M/M/N_V/N_V$  حالت تقطیع شده توزیع  $M/M/\infty$  میباشد. شرایط اولیه برای هر دو حالت در  $t = 0$  نیز یکسان است. سرانجام دینامیکهای هر دو سیستم صف



شکل ۲: فلوچارت مرحله آزادسازی و تخصیص مجدد کانال در طرح HCBA-UCB.

تصویر استقراضی پس از طی زمان  $T_0$  تعیین کرده و اختیار مقدار مناسبی برای  $P_T$  احتمال انسداد تماسهای تصویری را تا سطحی رضایت بخش به سطح QoS مورد نظر نزدیک میسازد. بدیهی است که با میل کردن  $P_T$  بسمت واحد، QoS سرویس تماسهای صوتی بشدت تنزل خواهد نمود. محاسبات عددی مربوط به حل معادله (۶) معمولاً طولانی بوده و حل بلادرنگ آن بار محاسباتی کاملاً سنگینی را برمدیریت شبکه سلولی تحمیل میکند، بنابراین روش عملی امکان سنجی انجام روند استقراض

$$P_A = \text{Exp}[-(N_A + 1)\mu_A T_0]$$

(۷)

با تعریف آستانه ای منطقی برای  $P_A$  بصورت  $P_T$  (بعنوان مثال  $P_T = 10^{-1}$ )، فرایند استقراض متقابل یکجانبه در صورتی مجاز محسوب میگردد که:

$$P_A \leq P_T$$

(۸)

بعبارت دیگر قید تعریف شده توسط نامعادله (۸) کران بالایی را برای احتمال نامطلوب عدم بازگرداندن کانال

شناختن انجام استقراض کانال تصویری توسط دومین تماس صوتی بکار گرفته شود. بر مبنای دیدگاه اخیر، استقراض دوم با توجه به قید حفظ QoS تماسهای تصویری هنگامی مجاز خواهد بود که احتمال آنکه حداقل یکی از دو تماس صوتی در مدت زمان  $T_0+t_1-t_2$  ختم نشود، کوچکتر یا مساوی با آستانه تصمیم گیری سیستم برای مجاز شمردن انجام استقراض متقابل یکجانبه یعنی  $P_T$  باشد. با توجه به پیروی طول زمانی تماسهای صوتی از توزیع نمایی، شرط اخیر بصورت زیر نیز قابل بیان میباشد

$$e^{-\mu_A(T_0+t_1-t_2)(N_A+2)} + e^{-\mu_A(T_0+t_1-t_2)(N_A+1)} \cdot (1 - e^{-\mu_A(T_0+t_1-t_2)(N_A+2)}) \leq P_T \quad (9)$$

در استخراج طرف چپ نامساوی (۹) فرض بر این بوده است که در هر سلول به محض آزاد شدن یک کانال صوتی، آخرین تماس صوتی حمل شده توسط یکی از کانالهای استقراضی تصویری به کانال صوتی آزاد شده منتقل گردیده (فاز تخصیص مجدد کانال<sup>۱۱</sup>) و کانال تصویری مورد بحث بصورت جزئی آزاد میگردد. شرط فوق به حالت استقراض یک کانال تصویری توسط  $n$  امین تقاضای تماس صوتی نیز قابل تعمیم است به این صورت که اگر  $n$  امین تقاضای تماس صوتی در لحظه  $t_n$  به سلول مبداء وارد شود در صورتی قادر به استقراض کانال تصویری در حال سرویس دهی به  $n-1$  تماس صوتی ختم نشده میباشد که احتمال عدم ختم حداقل یکی از  $n$  تماس صوتی حمل شده توسط این کانال تصویری در مدت زمان  $T_0+t_1-t_n$  کوچکتر یا مساوی با  $P_T$  باشد.

### شبیه سازی و ارائه نتایج عددی

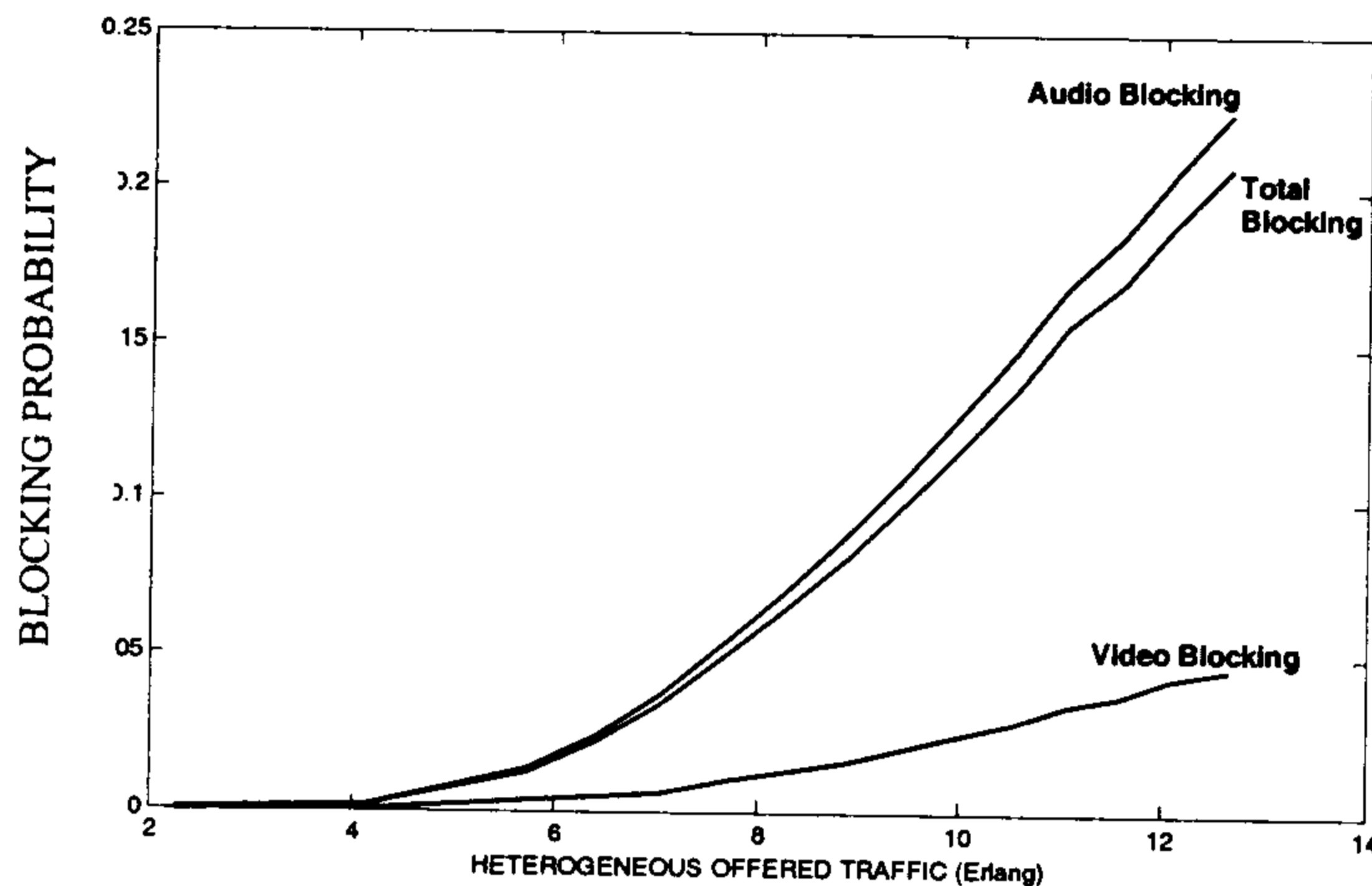
به منظور شبیه سازی عملکرد طرح HCBA-UCB در محیط سلولی تا حد ممکن واقعی، از یک شبیه ساز ترافیک شبکه سلولی مبتنی بر ایده مدل پله زمان گسسته<sup>۱۲</sup> استفاده شد [۲۰، ۱۹]. شبیه سازیها در محیطی مرکب از ۴۹ سلول مرتب شده بصورت آرایه ای  $7 \times 7$  از سلولهای شش ضلعی منتظم انجام پذیرفتند. به هر سلول ۱۰ کانال صوتی و ۵ کانال تصویری تخصیص داده شده و الگوی استفاده مجدد طرح تخصیص اولیه FCA هفت

متقابل یکجانبه بر مبنای رهیافت پیشنهادی این است که  $T_0$  برای  $P_B$  معین به ازای مقادیر مختلف  $n_0$  با استفاده از معادله (۶) از پیش محاسبه شده و در جدولی ذخیره گردد. زیرسیستم مدیریت منبع شبکه سلولی در هر بار انجام عمل استقراض متقابل یکجانبه با مراجعه به جدول مورد بحث،  $T_0$  متناظر را فراخوانی خواهد نمود.

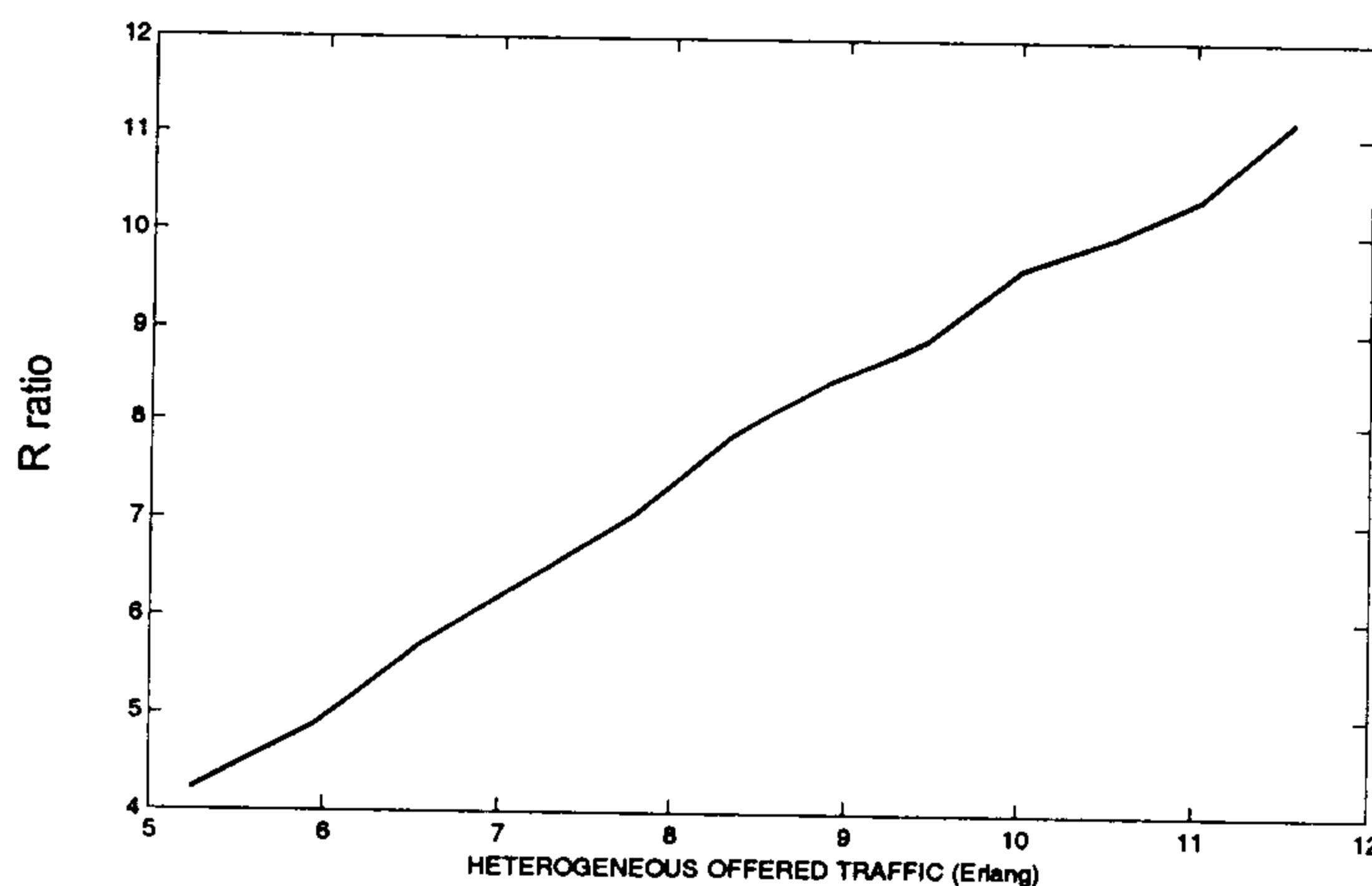
### استقراض یک کانال تصویری برای حمل همزمان چند تماس صوتی

پهنای باند مورد نیاز برای انتقال تماس تصویری چندین برابر پهنای باند مربوط به تماسهای صوتی است. روند پیوسته در حال توسعه فشرده سازی داده های صوتی و تصویری نسبت پهنای باندهای مورد نیاز برای سرویس دهی به تماسهای صوتی و تصویری را دائماً در حال تغییر نگه میدارد، اما اساس واقعیت مورد بحث از این تغییرات تاثیر نمیپذیرد. توجه به واقعیت اخیر امکان ارائه رهیافتی برای افزایش کاربری کانالهای تصویر استقراض شده در طی فرایند استقراض متقابل یکجانبه را فراهم میآورد که هر چند از نقطه نظر تحقق عملی، پیچیدگیهای فنی اضافی را به سیستم تحمیل میکند اما قادر است عملکرد ترافیکی کلی سیستم را بهبود بخشد. هدف از این بخش از پژوهش عرضه روندی برای امکان سنجی استفاده از یک کانال تصویری استقراضی به منظور حمل همزمان چند تماس صوتی بدون لطمه زدن به QoS تماسهای تصویری است.

فرض میشود که یک کانال تصویری در طی فرایند استقراض متقابل یکجانبه توسط تماس صوتی وارد شده به سلول مبداء در زمان  $t_1$  با طول زمانی  $T_0$  (استخراج شده از حل معادله (۶)) اشغال شده باشد و تقاضای تماس صوتی دوم در زمان  $t_2$  پیش از خاتمه تماس صوتی اول حمل شده توسط کانال تصویری اخیر، به سلول مبداء وارد شده و قصد استفاده از پهنای باند آزاد کانال تصویری مورد بحث را داشته باشد. در این حالت مسئله تحت بررسی ارزیابی احتمال ختم هر دو تماس پیش از لحظه  $T_0+t_1$  است. بعبارت دیگر با توجه به ماهیت بی حافظه بودن توزیع نمایی، احتمال کفایت طول زمانی  $T_0+t_1-t_2$  برای کامل شدن هر دو تماس میتواند بعنوان معیاری برای مجاز



شکل ۳: نمودارهای متوسط احتمال انسداد طرح FCA یکنواخت برای ترافیکهای صوتی، تصویری و ترافیک کلی بر حسب ترافیک عرضه شده مختلط ورودی (ارلانگ).



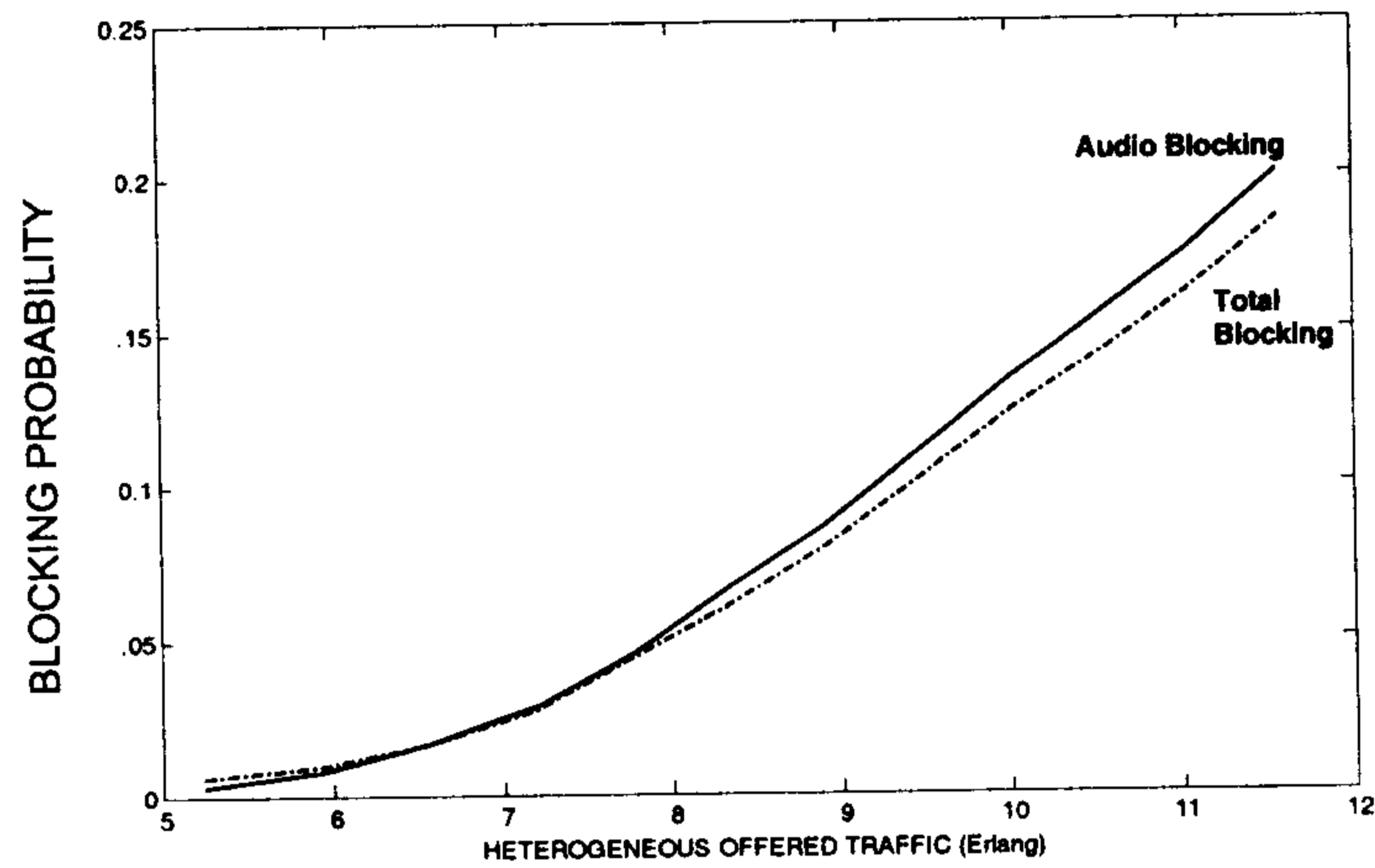
شکل ۴: نسبت احتمال وقوع تماس صوتی به احتمال وقوع تماس تصویری (R) در مقادیر مختلف ترافیک عرضه شده مختلط ورودی در حالت کاربرد طرح FCA یکنواخت.

شبکه روی داده اند تغییرات لازم را در وضعیت هر یک از کاربران اعمال میکند. در هر نوبت بهنگام سازی وضعیت کاربران چنانچه وضعیت پیشین کاربر غیرفعال باشد، کاربر با احتمال  $P_x$  درخواست برقراری تماس نموده و درخواستهای تماس بصورتی یکنواخت در سراسر ناحیه سرویس دهی شبکه توزیع میشوند. برای اطمینان از رسیدن سیستم به حالت پایدار با توجه به ماهیت تصادفی فرایند شبیه سازی، کلیه نتایج عددی پس از طی حداقل ۱۰۰۰۰ دوره نمونه برداری استخراج گردیده اند.

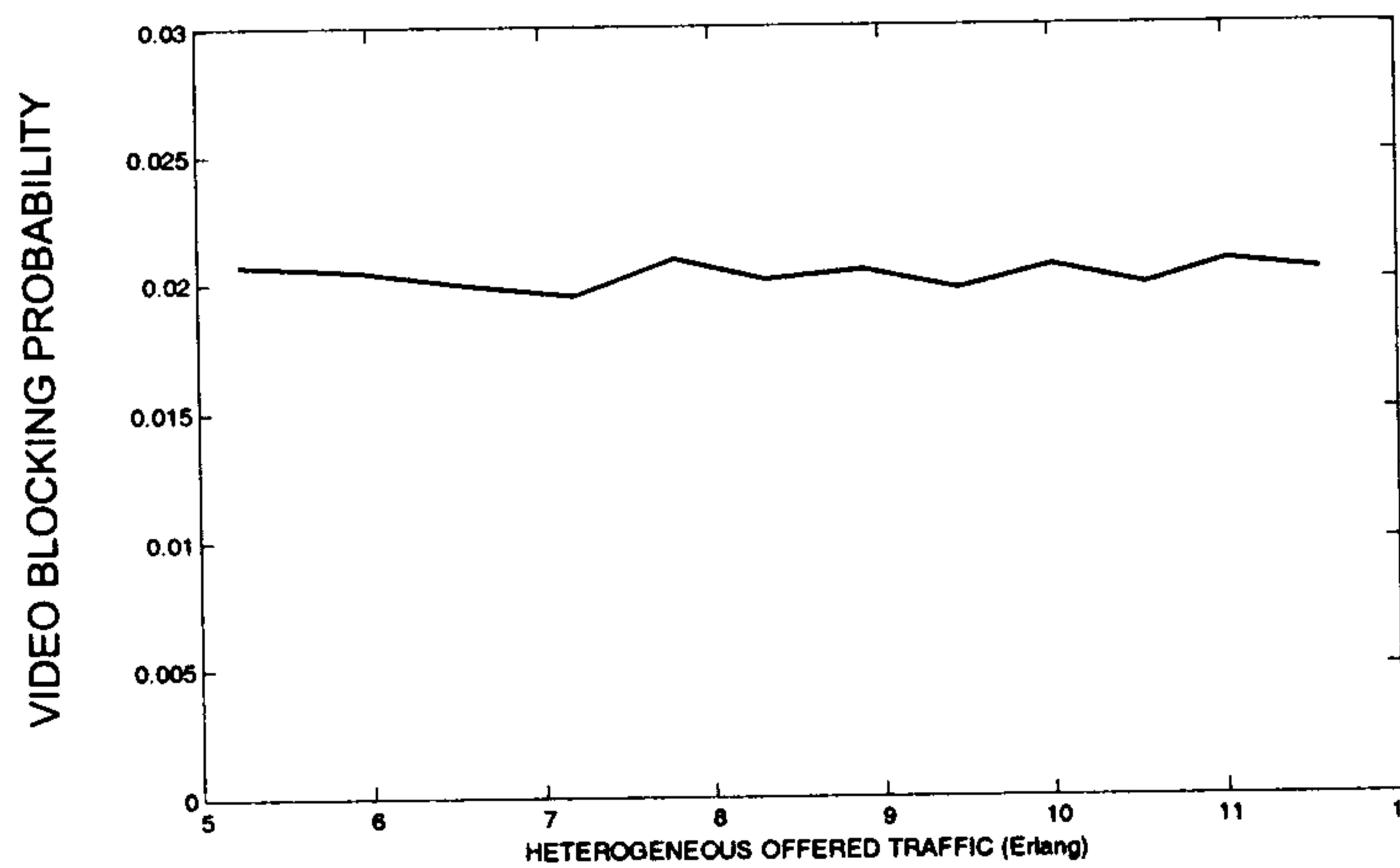
در نمودارهای شکل (۳) بترتیب احتمال انسداد کلی تماسها، احتمال انسداد تماسهای صوتی و احتمال انسداد تماسهای تصویری بر حسب متوسط ترافیک عرضه شده

است [۱۶]. بعبارت دیگر ۷۰ کانال صوتی و ۳۵ کانال تصویری، مجموع پهنای باند تخصیصی به شبکه سلولی را تشکیل میدهند. در پژوهش حاضر چنین فرض گردیده که پهنای باند هر کانال تصویری پنج برابر پهنای باند مربوط به کانال صوتی میباشد. فرایندهای سرویس دهی به تماسهای صوتی و تصویری، فرایندهای پواسون با نرخهای سرویس دهی متوسط به ترتیب  $(98)^{-1}$  و  $(189)^{-1}$  تماس بر ثانیه در نظر گرفته شده اند. شبکه سلولی شبیه سازی شده دارای ۱۰۰۰ کاربر میباشد و شبیه ساز ترافیک در هر دوره نمونه برداری از حالت شبکه، وضعیت تک تک کاربران را در دنباله حالت پیشین شبکه بررسی نموده و بسته به رخدادهایی که در دوره فعلی نمونه برداری در





(الف)



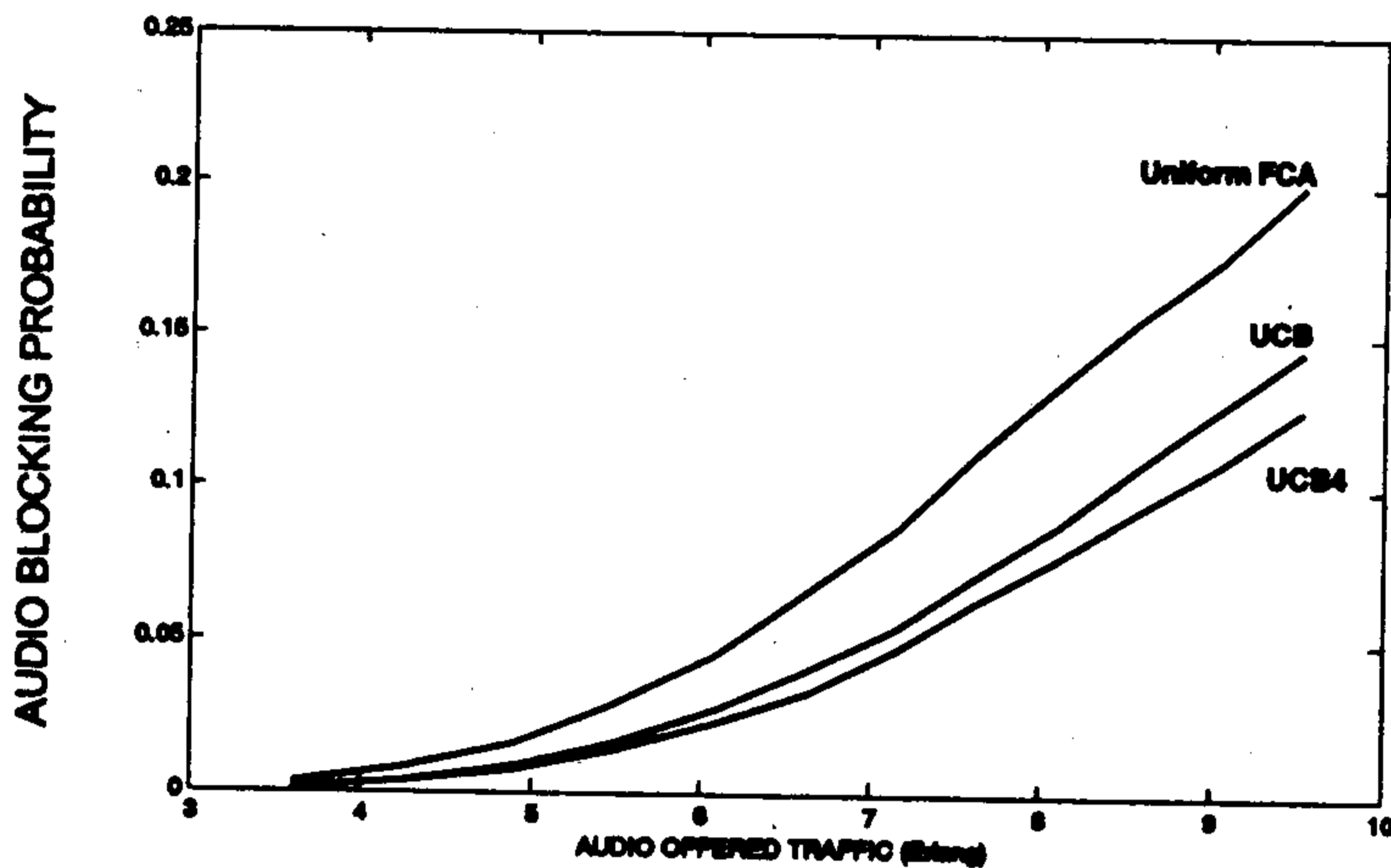
(ب)

شکل ۵: نمودارهای متوسط احتمال انسداد کلی، احتمال انسداد تماسهای صوتی (الف) و احتمال انسداد تماسهای تصویری (ب) به ازای نسبتهای R شکل (۴) برحسب ترافیک عرضه شده مختلط ورودی (ارلانگ) برای طرح FCA یکنواخت.

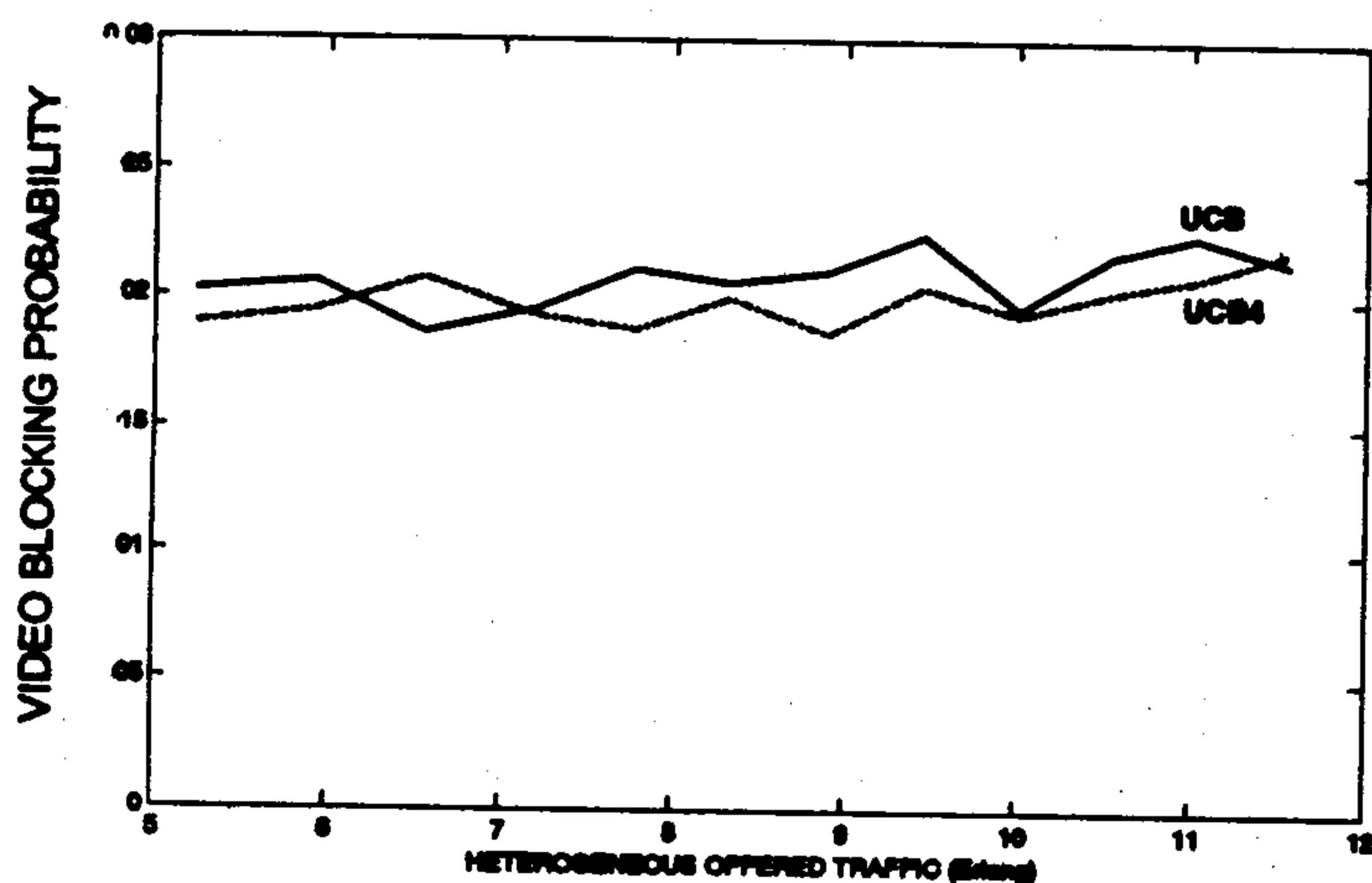
صوتی و تصویری، احتمال انسداد تماسهای تصویری با افزایش ترافیک عرضه شده مختلط ورودی روی مقدار تقریبی ۲٪ (با تیرانس  $\pm 2 \times 10^{-3}$ ) تثبیت میشود. نمودار شکل (۴) مقادیر مختلف R حاصل از شبیه سازی به ازای تغییر ترافیک عرضه شده مختلط ورودی (ارلانگ) را نشان داده و احتمال انسدادهای تماسهای صوتی و تصویری و نیز احتمال انسداد کلی شبکه با افزایش ترافیک عرضه شده مختلط ورودی متناظر با این مقادیر R در شکل (۵) مشاهده میگردند.

به منظور بررسی تاثیر مستقل فرایند استقراض متقابل یکجانبه بر عملکرد ترافیکی سیستم سلولی، نخست تنها با لحاظ کردن فرایند مورد بحث در طرح تخصیص کانال و

مختلط ورودی (ارلانگ) دیده میشوند. در استخراج این دسته از نتایج احتمال وقوع یک تماس صوتی ۹ برابر احتمال وقوع یک تماس تصویری فرض شده است. تخصیص کانال تنها بر پایه استفاده از راهبرد FCA یکنواخت مبتنی بر تخصیص اولیه کانالهای صوتی و تصویری انجام پذیرفته است. با توجه به اینکه هدف غایی از کاربرد ایده استقراض متقابل یکجانبه بهبود عملکرد ترافیکی سیستم برای تماسهای صوتی بدون تحمیل هزینه اضافی بر QoS تماسهای تصویری است، با تغییر نسبت احتمال وقوع تماس صوتی به احتمال وقوع تماس تصویری (R) در مقادیر مختلف ترافیک عرضه شده مختلط ورودی در حالت کاربرد طرح FCA یکنواخت برای ترافیکهای



(الف)

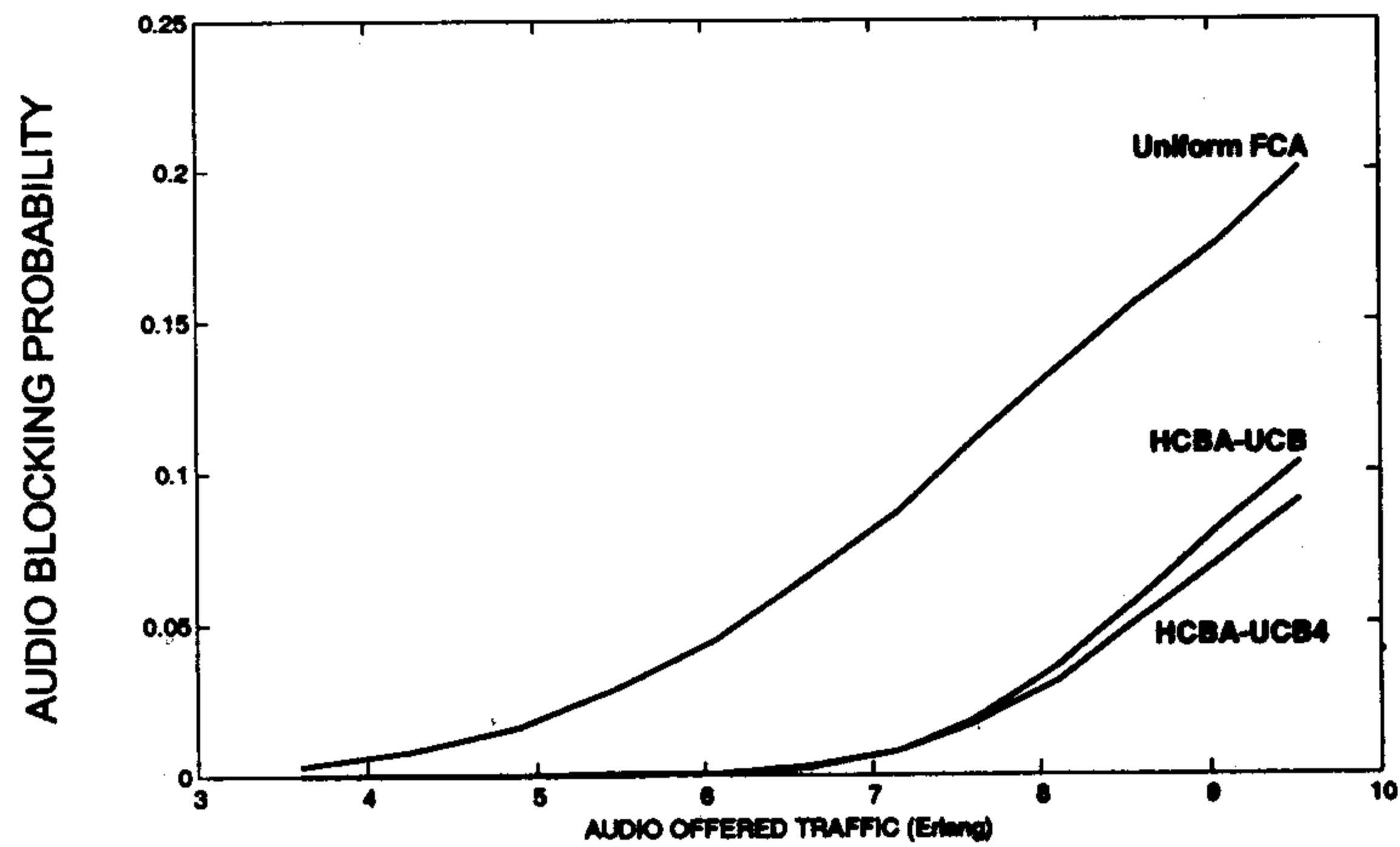


(ب)

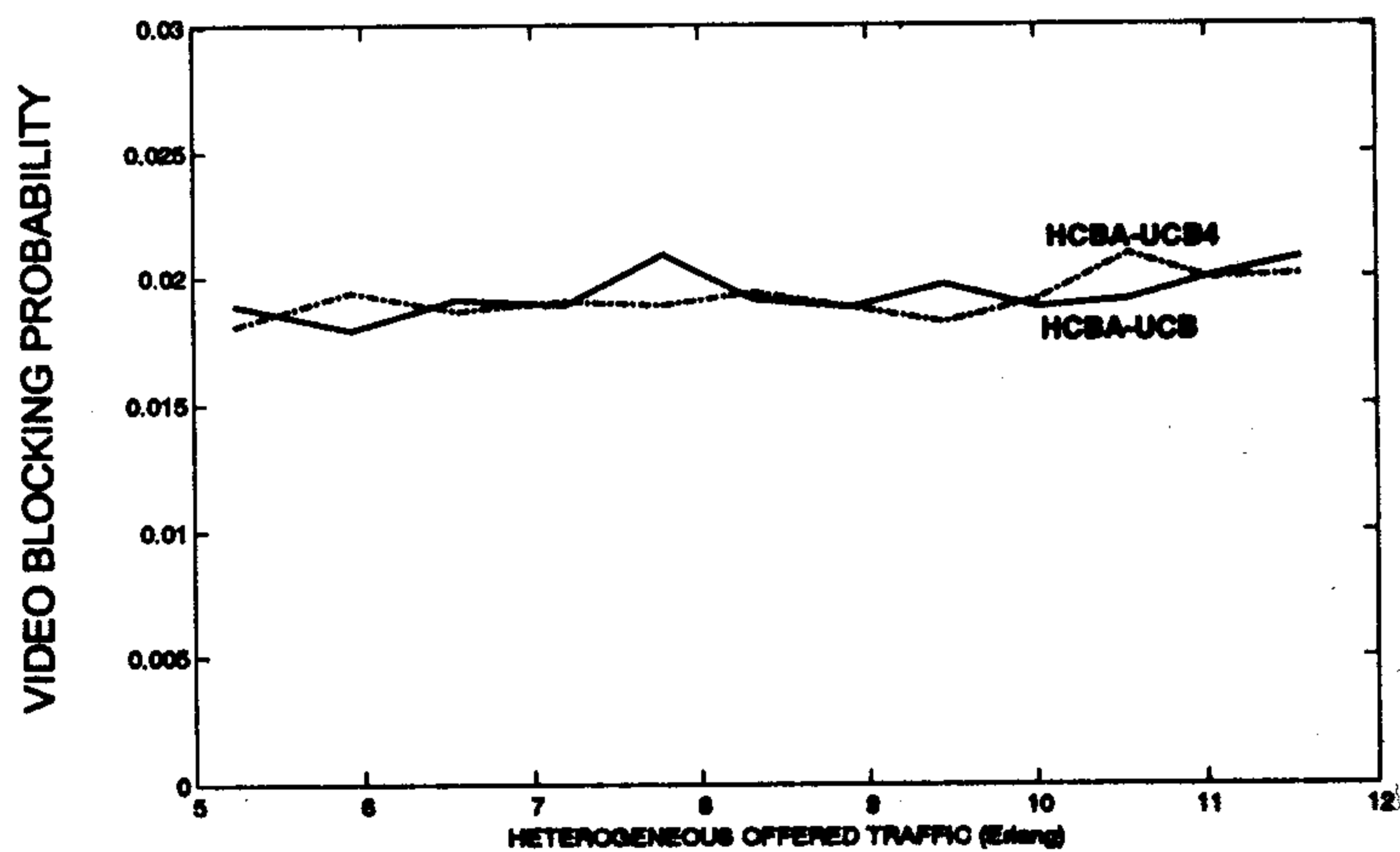
شکل ۶: نمودارهای متوسط احتمال انسداد صوتی طرحهای UCB FCA و UCB4 برحسب ترافیک ورودی صوتی (الف) و احتمال انسداد تصویری طرحهای UCB و UCB4 برحسب ترافیک مختلط ورودی (ب) به ازای نسبتهای R شکل (۴).

ارلانگی میباشند که این به معنای بترتیب ۱۲٪ و ۱۷٪ افزایش ظرفیت حمل ترافیک صوتی برای طرحهای UCB و UCB4 در مقایسه با طرح FCA یکنواخت میباشد. در کل بازه ترافیک مختلط ورودی مورد مشاهده، احتمال انسداد طرحهای UCB و UCB4 برای ترافیک تصویری در محدوده ۲٪ با تیرانس  $\pm 2 \times 10^{-2}$  باقی ماند. سرانجام در مرحله نهایی طرحهای HCBA-UCB و HCBA-UCB4 (حمل همزمان تا ۴ کانال صوتی توسط کانال تصویری استقرایی) در نمودارهای شکل (۷) مورد ارزیابی کمی واقع شدند. در این دو طرح توابع CrossBorrowing و Borrow بصورت همزمان فعال

بدون فعال کردن تابع Borrow عملکرد شبکه سلولی شبیه سازی شد. نتایج حاصل از این مرحله از شبیه سازی در شکل (۶) قابل ملاحظه میباشند. نتایج اخیر آشکارا گویای موفقیت طرح استقرای متقابل یکجانبه (UCB) در کاهش احتمال انسداد تماسهای صوتی بدون تنزل QoS تماسهای تصویری بوده و موفقیت مذکور هنگام حمل همزمان تا ۴ کانال صوتی توسط یک کانال استقرایی تصویری (طرح UCB4) حتی چشمگیرتر میباشد. در شاخص انسداد ۲٪ برای تماسهای صوتی، طرحهای UCB FCA و UCB4 بترتیب قادر به سرویس دهی ترافیکهای صوتی ۵/۶۷، ۵/۶۵ و ۵/۹۵



(الف)



(ب)

شکل ۷: نمودارهای متوسط احتمال انسداد صوتی طرحهای FCA، HCBA-UCB و HCBA-UCB4 برحسب ترافیک ورودی صوتی (الف) و احتمال انسداد تصویری طرحهای HCBA-UCB و HCBA-UCB4 برحسب ترافیک مختلط ورودی (ب) به ازای نسبتهای R شکل (۴).

ترافیک صوتی برای دو طرح مذکور در مقایسه با طرح FCA میباشد. نتایج حاصل از نقطه نظری دیگر نیز قابل بحث میباشد. بر اساس این نتایج عددی استخراج شده در شاخص کیفیت سرویس ۲٪ و با توجه به اینکه در این سطح کیفیت سرویس تاثیر مستقل فرایند استقراض متقابل یکجانبه کانال تصویر منفرد بر عملکرد ترافیکی ۱۲٪ است (شکل ۶-الف)، میتوان نتیجه گرفت که سهم ایده استقراض کانال متعارف در بهبود عملکرد ترافیکی طرح HCBA-UCB حدود ۳۷٪ است. استنتاج اخیر با نتایج پژوهشهای پیشین در رابطه با عملکرد و قابلیت‌های ایده

هستند. همانگونه که انتظار میرفت کاربرد همزمان ایده های استقراض متعارف بین کانالهای صوتی در سلولهای مجاور و استقراض متقابل یکجانبه به ارتقای فوق العاده عملکرد ترافیکی صوتی سیستم بدون تنزل قابل ذکر QoS برای تماسهای تصویری، منتهی شده است و از این نظر نتیجه حاصل را میتوان نقطه عطفی برای راهبرد اشتراک منبع بین سرویسهای بلادرنگ محسوب نمود. در شاخص انسداد ۲٪ برای تماسهای صوتی، طرحهای HCBA-UCB و HCBA-UCB4 بترتیب توانایی حمل ترافیکهای صوتی ۷/۵۷ و ۷/۱۸ ارادتگی را دارند و این به مفهوم بترتیب ۴۹٪ و ۵۴٪ افزایش ظرفیت حمل

مجتمع، از دیدگاهی جدید مورد توجه و مطالعه قرار گرفت. شبکه سلولی مورد بحث نمونه ایست از آنچه که کاربران بالفعل و بالقوه در انتظار تحقق آن در آینده ای نزدیک بسر میبرند. طرح تخصیص کانال پیشنهادی HCBA-UCB که اختصاصاً برای کاربرد در چنین محیطی ایجاد شده است، با استفاده از راهبرد متعارف استقرض کانالهای صوتی از سلولهای مجاور و نیز ایده و استقرض متقابل یکجانبه کانالهای تصویری سلول مبداء برای سرویس دهی به درخواستهای تماس سرریز شده صوتی، سعی در بهبود عملکرد ترافیکی سیستم در سرویس دهی به ترافیک صوتی بدون تحمیل هزینه اضافی ناشی از این بهبود بر QoS تماسهای تصویری دارد. در تعمیم نقطه نظر اخیر با توجه به بزرگی نسبی پهنای باند کانالهای تصویری، در ادامه پژوهش حمل همزمان چند کانال صوتی توسط یک کانال تصویری نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج عددی حاصل از شبیه سازی عملکرد طرح پیشنهادی در یک محیط سلولی حاکی از توانایی آن در مدیریت بهینه منابع شبکه های سلولی پر ظرفیت هنگام رویارویی با ترافیک نامتجانس میباشد.

استقرض کانال سازگاری کامل دارد [۱۵، ۱۶، ۲۱]. بطور کلی پژوهشهای پیشین گویای این واقعیت میباشد که هزینه ای که در قبال استفاده از ایده استقرض کانال بعنوان یک طرح تخصیص کانال غیر متمرکز در مقایسه با طرحهای تخصیص کانال پویای متمرکز پرداخت میشود (در مقابل مزیت ذاتی پیچیدگی و هزینه تحقق بطور نسبی پایین تر طرح استقرض کانال)، افت عملکرد ترافیکی بین ۱۰ تا ۱۵ درصد است [۲۱]. در طرح HCBA-UCB کاربرد ایده استقرض متقابل یکجانبه، توانایی ترافیکی طرح تخصیص کانال در سرویس دهی به ترافیک نامتجانس را بدون افزایش قابل توجه در پیچیدگی طرح در قیاس با یک طرح تخصیص کانال پویای متمرکز و نیز بدون خدشه وارد ساختن به ماهیت نامتمرکز طرح، به سطح یک طرح تخصیص کانال پویای متمرکز کاملاً کارآ ارتقاء داده است.

### نتیجه گیری

در این مقاله مسئله اشتراک منبع بین سرویسهای بلادرنگ صوتی و تصویری در شبکه سلولی با ترافیک ورودی نامتجانس و قابلیت ارائه سرویسهای

### مراجع

- 1 - Korhoner, J. (2001). *Introduction to 3G Mobile Communications*. MA, Artech House.
- 2 - Ribeiro, L. Z. and Dasilva, L. A. (2001). "Traffic demand characterization for multimedia mobile networks." *Proc. IEEE VTC*, PP. 620-624.
- 3 - Ye, H. et al. (2001). "Real-time mixed traffic wireless networks." *IEEE Trans. on Industrial Elec.*, Vol. 48, No. 5, PP. 883-890.
- 4 - Jorguseski, L. et al. (2001). "Radio resource allocation in third generation mobile communication systems." *IEEE Communication Magazine*, PP. 117-123.
- 5 - Dixity, S. et al. (2001). "Resource management and quality of service in third generation wireless networks." *IEEE Communication Magazine*, PP. 125-133 .
- 6 - Lei, Z. and Slimane, S. B. (2000). "A multi-carrier allocation (MCA) scheme for variable-rate 3G wireless systems." *IEEE Communication Magazine*, PP. 86-91 .
- 7 - Melikov, A. Z. and Deniz, D. Z. (2000). "Non-exhaustive channel access strategy in multi-resource communication systems with non-homogeneous traffic." *IEEE VTC*, 0-7695-0722-0/00, PP. 432-437.
- 8 - Yum, T. S. P. and Chen, M. (1994). "Dynamic channel assignment in integrated-services cable networks." *IEEE Trans. on Comm.*, Vol. 42, No. 2/3/4.

- 9 – Suriya, A. et al. (2002). “New single-access channel reservation scheme for QoS constrained multimedia traffic.” *IEEE VTC*, 0-7803-7484—3/02, PP. 209-213.
- 10 – Kim, Y. H. et al. (1993). “Analysis of bandwidth allocation strategies with access restriction in B-ISDN.” *IEEE Trans. on Comm.*, Vol. 41, PP. 771-781.
- 11 – Sarkar, S. and Sivarajan, K. N. (2002). “Fairness in cellular mobile networks.” *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol. 48, No. 8, PP. 2418-2426.
- 12 – Casoni, M. et al. (2002). “Admission control in T/CDMA systems supporting voice and data applications.” *IEEE Trans. on Wireless Comm.*, Vol. 1, No. 3, PP. 540-548.
- 13 – Koratim, H. and Tohme, S. (1999). “Resource allocation and connection admission control in satellite networks.” *IEEE JSAC*, Vol. 17, PP. 360-372.
- 14 – Lee, T. K. et al. (2001). “Admission control schemes for bursty multimedia traffic.” *IEEE INFOCOM*, PP. 478-487.
- 15 - Ortigoza-Guerrero, L. and Aghvami, A. H. (2000). *Resource Allocation in Hierarchical Cellular Systems*, MA, Artech House.
- 16 – Zhang, M. and Yum, T. P. (1991). “The non-uniform compact pattern allocation algorithm for cellular mobile systems.” *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, Vol. 40, PP. 387-391.
- 17 – Choi, J. and Silvester, J. A. (1998). “A fair-optimal channel borrowing scheme in multi-service cellular networks with reuse partitioning.” *IEEE VTC*, 07803-5106-1/98, PP. 261-265.
- ۱۸ – گراس، د. و هریس، ک. م. “مبانی نظریه صف، ترجمه غلامحسین شاهکار.” مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول (۱۳۷۲).
- 19 – Zander, J. and Kim, S. L. (2001). *Radio Resource Management for Wireless Networks*, MA, Artech House.
- 20 - Fishwick, P. A. (1995). *Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- 21 – Vakili, V. T. and Aziminejad, A. *A novel high capacity channel borrowing assignment scheme suitable for PCS environments*. Accepted for publication in Tehran Polytechnic University Scientific-Research Journal.

### واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| 1 – Real Multimedia Applications   | 2 – Mutually Restricted Access   |
| 3 – Bursty   | 4 – Blocking                     |
| 5 – Throughput   | 6 – Fairness                     |
| 7 – Media Access Control (MAC)   |                                  |
| 8 – Heterogeneous Channel Borrowing Assignment With Unilateral Cross Borrowing |                                  |
| 9 – Borrow First Available (BFA)   | 10 – Multi-Server Queuing System |
| 11 – Channel Reassignment  | 12 – Discrete Time Step Model    |

