

移動通信網における Decomposition 法による呼損率の 近似精度に対するユーザー偏在の影響

01308370 高崎経済大学 地域政策学部 *高橋 美佐 TAKAHASHI Misa
01704250 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 山田 孝子 YAMADA Takako
01302440 東京工業大学大学院 情報理工学研究科 高橋 幸雄 TAKAHASHI Yukio

1. はじめに

大規模な移動体通信網では、呼損率評価にユーザー分布が一樣な領域では近接基地局からのユーザーのあふれを近似的に取り入れてアラン呼損式を用いる Decomposition 法による近似が有用である。一方、ユーザーの偏在する領域では Decomposition 法を用いた呼損率の近似精度については、まだはっきりとした結論がない [3]。本稿では、現実の人口分布に基づいたユーザー分布を用いて基地局配置やチャンネル数の異なる様々な状況下での Decomposition 法とシミュレーションによる数値実験結果を示し、近似精度に対するユーザー偏在の影響を検討する。

2. モデルの基本設定

サービスエリアとユーザー人口分布

ここで行ったシミュレーション実験では、14km × 17 km に相当する 800×600 の矩形で区切られたエリアをサービスエリアとし、約 20 万人のユーザーを想定する。

基地局の性能

基地局がカバーする無線ゾーンを基地局を中心とした円形と仮定しその領域をセルと呼ぶ。単純化のため、各基地局は同一の容量で、セルも同一サイズとする。

基地局配置

IMT-2000 方式を前提として、以下の 3 つの方針で基地局配置を作成する。基地局をエリア全体をカバーするよう規則的に配置した規則配置、ユーザー密度が高い領域から優先的に基地局を配置した逐次配置、規則配置を行った上でユーザー密度が高い地域を優先して多重にカバーした規則逐次配置である。詳しい基地局配置アルゴリズムについては [2] に譲る。

セルと領域

呼損率評価では隣接基地局のセルと重複する重複領域の呼の扱いがポイントとなる。そこで単一の基地局によりカバーされる領域を「単独領域」、複数の基地局によってカバーされる領域を「重複領域」と呼ぶことにする。

またセルサイズブリージング [1] を考慮し、重複領域のユーザーは最も近接した基地局 2 つまでと交信可能であると仮定する。

呼の発生、サービス、移動

ユーザーは互いに独立に通信要求を出し、移動はしない。呼の発生は互いに独立なポアソン過程に従い、通話時間は呼の発生と独立な指数分布に従うものとする。

呼が発生したとき、接続基地局に空きチャンネルがあれば基地局と交信し、なければ呼損になる。重複領域の呼は交信する基地局をひとつ確率的に選択し空きチャンネルがあれば交信し、なければ他方の基地局にアクセスする。両方とも空きがなければ呼損となる。

3. ノード分割法による呼損率の近似計算

Decomposition 法（ノード分割法）とは、各基地局が確率的に互いに独立であると仮定し、重複領域を介した周辺基地局からのあふれ呼のアクセスを平均的に扱うことにより、注目基地局の呼損率を近似的に求める方法である。以下で本モデルでの計算手順を簡単にまとめる（詳しくは [3] を参照）。

基地局ごと独立であるという考えのもとでは、基地局 B_i における呼の発生率 $\bar{\lambda}_i$ は次の式で与えられる。

$$\bar{\lambda}_i = \lambda_i + \frac{1}{2} \sum_{j \in C(i)} (\lambda_{ij} + \lambda_{ij} P_j). \quad (1)$$

ここで、 λ_i は基地局 B_i にカバーされる単独領域での呼の発生率、 λ_{ij} は基地局 B_i と基地局 B_j にカバーされる重複領域での呼の発生率、 P_j は基地局 B_j においてチャンネルが塞がっている確率、 $C(i)$ は基地局 B_i と重複領域を共有する基地局番号の集合である。

Decomposition 法による基地局 B_i に対する近似モデルを、呼の発生率が式 (1) で与えられる M/M/c/c 待ち行列モデルとして構成すると、 P_i は次の式で与えられる。

$$P_i = \left(\frac{(\bar{\lambda}_i)^c}{\mu^c c!} \right) / \left(\sum_{l=0}^c \frac{(\bar{\lambda}_i)^l}{\mu^l l!} \right). \quad (2)$$

ただし c は基地局 B_i のチャンネル数、 μ はサービス率である。

基地局 B_i での呼損率 P_i は、式 (1)、(2) の解であり、初期条件を $P_i^{(0)} = 0$ として式 (1)、(2) よりすべての基地局に対応する i について再帰的に $\{\bar{\lambda}_i^{(n)}\}$ 、 $\{P_i^{(n)}\}$ を計算することによって得られる。

4. 数値結果と考察

Decomposition 法による呼損率を評価するため、数値実験を行った。ここではユーザーごとの通話要求の発生は12時間あたり平均5回、通話時間は平均60秒の指数分布に従うとして、セル半径やチャンネル数の異なる様々な基地局の配置について Decomposition 法とシミュレーションで呼損率を計算した。なお、シミュレーションでは発呼数100万を1ケースとして100回繰り返した。シミュレーションによる数値結果を真の呼損率、Decomposition 法により得られた呼損率を近似値とみなして、近似値の真値に対する精度を考察する。

表1は、チャンネル数10、セル半径760mの基地局の逐次配置における評価実験結果である。呼損率は、領域ごと、基地局ごと、ユーザーごとのすべての場合においてシミュレーションによる値と Decomposition 法による近似値とがほぼ一致している。

図1-図3は、表1と同様の逐次配置での領域ごと呼損率の相対誤差の分布を表し、横軸で相対誤差(-20%~20%)、縦軸で領域数を示している。領域のトラフィック密度と相対誤差の関係を見るため、領域を呼損率の大きさにより分類し、図1、図2、図3は、それぞれ呼損率が0.1~0.2、0.2~0.3、0.3以上の領域ごとの呼損率の相対誤差分布を表している。これらの図より領域の呼損率が高くなるにつれて、相対誤差は0%を中心とした誤差幅の小さい分布になる傾向が見られる。

詳しくは[4]に譲るが、2つの基地局からなる単純なモデルを考え、各基地局の使用中のチャンネル数を状態とするマルコフモデルにおける定常状態確率と Decomposition 法による近似値を比較検討した結果においても、トラフィック密度 ρ が大きくなるにつれて呼損率の相対誤差が小さくなる傾向が確かめられている。

サービス品質という観点から呼損率を見積もる際には、呼損率が小さくよいサービスが行われているエリアよりも、呼損率が高いエリアにおいてなるべく正確に呼損率を算出することが重要と思われる。今回の数値実験による結果は、ユーザーが偏在する場合にあっても、問題となるような品質の悪いサービスエリアの呼損率を算出するには簡便な Decomposition 法による近似値を用いてもそれほど悪くはない、ということを示唆している。ただし、将来、移動通信網においても現在の有線電話なみの呼損率や信頼性を保証する高品質なサービスの提供が求められる場合には、再度、よりよい近似精度が保証される呼損率算出方法を検討する必要があると思われる。

表 1: 逐次配置における結果

基地局数	チャンネル数	セル半径	平均ユーザ
118	10	760 m	1597.95
呼損率	領域平均	基地局平均	ユーザ平均
sim	0.2363	0.4025	0.2093
近似	0.2391	0.4158	0.2033

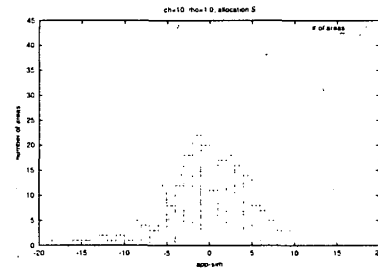


図 1: $ch=10, type=S, 0.1 \leq P_{loss} < 0.2$

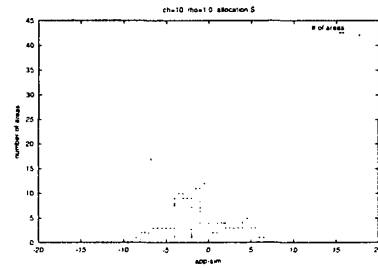


図 2: $ch=10, type=S, 0.2 \leq P_{loss} < 0.3$

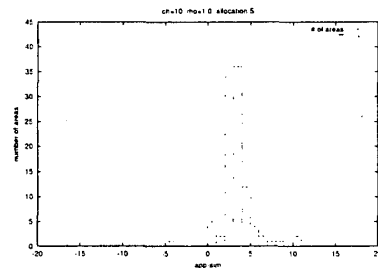


図 3: $ch=10, type=S, 0.3 \leq P_{loss}$

参考文献

- [1] 斎藤忠夫, 立川啓二 共編 “新版 移動体通信ハンドブック”, オーム社, 2000
- [2] 高橋美佐, 山田孝子, 高橋幸雄 “階層化セル構成を用いた IMT-2000 システムの基地局配置政策について”, 待ち行列理論とその応用: 未来への展望シンポジウム報文集, pp.207-216, 2002.
- [3] 高橋成晃, 小沢利久, 高橋幸雄, “大規模移動通信網における呼損率の計算と Decomposition 法による近似精度について”, 待ち行列シンポジウム: 「確率モデルとその応用」報文集, pp.161-170, 2003.
- [4] 高橋美佐, 山田孝子, 高橋幸雄 “移動通信網における呼損率の近似制度に対するユーザー偏在の影響”, 日本OR学会Q部会/電子情報通信学会IN研究会, 2003.6.