

4-5 災害時における携帯電話の通信時間規制

4-5 Limiting the Holding Time in Mobile Cellular Phone Systems During Disasters

岡田和則

OKADA Kazunori

要旨

地震等の大規模な災害時には、安否確認等のために通信需要が急増する。携帯電話は、有限である周波数資源を使用するため、多くの呼損が生じることが予想される。そこで、本文では、通信時間を規制して多くの通信を実現することを考え、生起呼数に応じて通信規制時間を変化させる動的通信時間規制法(DHTL(Dynamic holding time limit)法)を提案する。まず、通信時間の規制効果を通信需要が一定で高い状態の場合のシミュレーションにより調べる。その結果、通信規制時間を少なくすると、平均通信時間は少なくなるが、呼損率やハンドオーバー時の強制切断率を十分少なくできることが示された。次に、呼損率を通常状態にする通信規制時間の簡易な見積法を示した。最後に、DHTL法が、急激な呼量変動に対して、柔軟に対応することを示した。

Call demand suddenly and greatly increases during major disasters, because people want to check on their families and friends in the stricken area. Many call attempts in mobile cellular systems are blocked due to the limited radio frequency resources. In this paper, as a solution to this problem, limiting the holding time of calls is investigated and a dynamic holding time limit (DHTL) method, which varies the holding time limit dynamically based on the number of call attempts, is proposed. The effect of limiting the holding time is investigated first using a computer simulation with a constant and heavy traffic load model. This simulation shows that the average holding time of calls is decreased as the holding time limit is reduced. But it also shows limiting the holding time decreases the number of calls blocked and forced call terminations at handover considerably. Next, a simple estimation method for the holding time limit, which reduces the blocking rate to the normal rate for increasing call demand, is described. Finally, results are given of a simulation, which show that the DHTL method keeps good performance for a sudden and great traffic load fluctuation condition.

[キーワード]

通信時間規制, 携帯電話, 非常時通信, 輻輳, 呼損

Holding time limit, Cellular phone, Emergency communications, Traffic congestion, Call blocking

1 まえがき

地震等の大規模な災害が生じると、被災地の親類や友人に対する安否確認などのため通信需要(生起呼量)が大幅に増加する。この時、普段携帯している携帯電話は、非常に有効な通信手段となる。しかし、携帯電話は有限な周波数資源を用いるため、通信容量の大幅な増加は困難であり、多くの呼損が生じることが予想される。

平成7年1月17日の早朝に起きた阪神・淡路大震災(マグニチュード7.2)[1]では、全国から兵庫県への生起呼量は、固定電話で通常の約20倍(ピーク時は約50倍)となった[2]。当時は、携帯電話の加入者数は、わずか約430万であったため、主な通信手段は固定電話であり、携帯電話については、大きな問題にはならなかった。しかし、携帯電話はその後急激に普及し、平成17年2月末時点では8,614万となっていて、地震な

どの大規模な災害が起こった場合、携帯電話の生起呼量が急増することが十分に予想される。現に、平成 15 年 5 月 26 日に起きた宮城県沖地震(マグニチュード 7.0)では、被害があまり大きくはなかったが、宮城県とその周辺の東北地域で、地震直後から 3 時間の携帯電話の通信需要は、通常の約 30 倍となった[3]。

このような、大規模な災害時の生起呼量の急激な増加が起こる時には、通常、優先電話番号方式が用いられる。この方式は、発信規制を行い特定番号の優先電話端末からの発信は受け付け、それ以外の一般端末の発信は規制するものである。優先電話の通信が確保されるため、災害対策上、非常に有効である。しかし、多くの一般の人々は、携帯電話が使えない状態になる。

そこで、本文では、災害などの生起呼量急増時でも、多くの人の通信を実現するため、発信を制限するのではなく、個々の通信の通信時間を特定の時間で規制することを提案する。通信時間規制では、通信規制時間になると通信が強制的に切断される。通信時間は減少してしまうが、その代わりに、多くの人の通信を実現可能とするものである。強制切断前にシステムからの強制切断の警告をすることも一緒に提案する。そして、生起呼数に応じて通信規制時間を動的に変化させる動的通信時間規制法(DHTL(Dynamic holding time limit)法)と呼損率を通常状態にする通信規制時間の簡易計算法を提案する。

2 では、DHTL 法について述べる。3 では、呼損率を通常状態にする通信規制時間の簡易計算法について述べる。4 では、通信時間規制の効果を生起呼量が多く一定の場合のシミュレーションにより調べた結果を述べる。5 では、DHTL 法の効果を急激に変動する場合のシミュレーションにより調べた結果を述べる。最後に、むすびを 6 で述べる。

なお、本文は、通信トラフィック容量の面からの検討であり、交換機の容量や呼制御信号の容量については十分にあると仮定する。

2 DHTL 法

図 1 に DHTL 法の概要を示す。通信時間規制

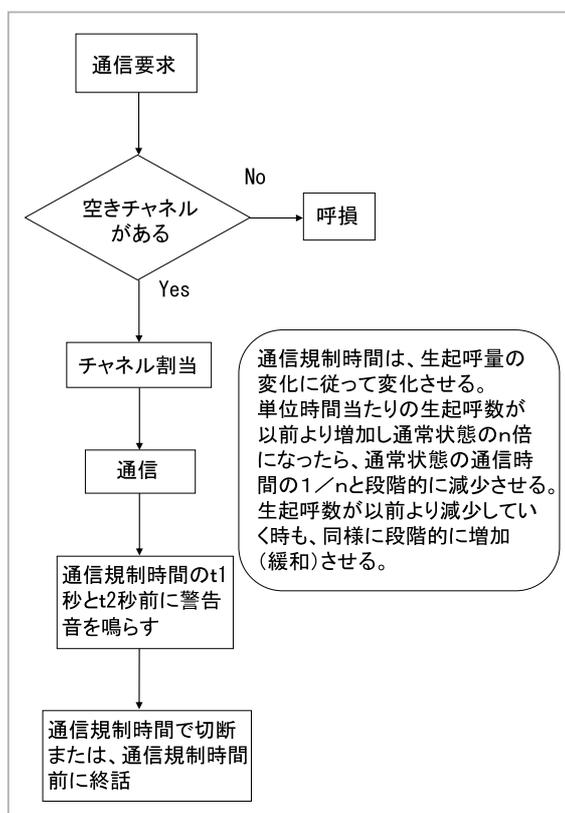


図1 DHTL法の概要

は、通信時間を規制して少なくすることにより、多くの通信要求(生起呼)をシステムに受け入れるものである。ユーザが終話しなくても、通信規制時間になったら強制的に切断して回線(チャンネル)を開放し、新たな通信要求にそのチャンネルを割り当てる。いきなり切断されるのは、ユーザに不便であるため、通信規制時間になる前に複数回、付随制御チャンネルなどを使い、警告音を鳴らし、ユーザにもうすぐ切れることを知らせる。これにより、ユーザは、話を手短かにまとめることもできる。

重要なのは、今の状態がどうなのかの情報で、一言でも伝われば、大いに有効であると思われる。その後は、どこに行けば会えるのか、ほかの人は大丈夫か、周辺の被害はどうかなど、いろいろなことが話し合われることになる。そこで、強制切断の前に警告音が鳴れば、余分な話は切り上げ、その時の状況の中で、重要度の高い情報を伝えて通信を終了することができると考えられる。

災害によっては、あまり呼量が増加しない場合もあるであろうし、また、災害から時間がた

てば呼量は減ってくる、昼と夜の呼量変動もある。実際、阪神・淡路大震災でも、当日は通常の約 20 倍（ピーク時は約 50 倍）であったが、翌日は通常の約 7 倍（ピーク時は約 20 倍）となっている [2]。このような呼量の変動に対応して、規制時間を変化させないと、呼損が十分に減らなかったり、逆に、過規制となったりする。そこで、通信規制時間をその時の生起呼量に応じて段階的に変化させることが必要になる。

一般に、呼量は、単位時間当たりの生起呼数と平均通信（保留）時間の積で表される。呼損になった呼の通信時間は計れない。生起呼量が大きく呼損が多く発生する場合は、平均通信時間を、早く正確に計算することは困難である。そこで、DHTL 法は、生起呼数を使って生起呼量の大きさを計る。観測間隔を定め、その間の生起呼数を計り、その結果を次の間隔の規制時間の計算に使用する。動作としては、観測時間当たりの生起呼数が、増加して通常の生起呼数の n 倍となったら、通信規制時間を通常平均通信時間の $1/n$ に減少させ、規制した後の呼量を通常値と同じにする。また、生起呼数が減少していく時も、生起呼数の減少に伴い、同様に、通常生起呼数の n 倍となったら、通常平均通信時間の $1/n$ に通信規制時間を増加（緩和）させていく。

生起呼数の観測間隔については、もし、間隔が長すぎれば、DHTL 法は、呼量の変動によく追従しなくなる。一方、間隔が短ければ、多くの計算処理が必要になる上、瞬間的な変動をとらえて計算してしまい、システムがとらえるべき本来の呼量変動とは異なる通信規制時間を計算してしまうことになる。このように、最適な観測間隔は、システムや状況によって異なることになる。

3 通信規制時間の簡易見積法

ここでは、理想的なモデルにおいて、災害などで呼量が増加した場合に、呼損率を通常状態の値と同じにする通信規制時間 α を計算する。

移動体は、すべて静止していて、呼の生起はランダム、通信時間は指数分布に従うと仮定する。また、災害によって増加するのは生起呼数

で、呼の通信時間は変わらず、分布は同じ指数分布とする。単位時間当たりの生起呼数が計測されているとし、通常時の平均通信時間は既知であるとする。

通信規制時間 α の時の平均通信時間 h は、指数分布を仮定しているので、以下のように求まる。ただし、通常時の平均通信時間を $1/\lambda$ とする。

$$h = \int_0^{\alpha} x \lambda e^{-\lambda x} dx + \int_{\alpha}^{\infty} \alpha \lambda e^{-\lambda x} dx = 1/\lambda (1 - e^{-\lambda \alpha}) \quad (1)$$

すると、通信規制時間 α は、

$$\alpha = -1/\lambda \log_e (1 - \lambda h) \quad (2)$$

となる。

災害などで生起呼数 c が通常時の n 倍になったとすると、**2**でも述べたように、呼量は、単位時間当たりの生起呼数とその時の平均通信時間の積であるので、平均通信時間を通常時の $1/n$ ように規制した場合の呼量は、元の通常時の呼量と同じになり、呼損率は元の値になる。そこで、(2)式を用い、平均通信時間を $1/n$ にする通信規制時間を求めて規制すれば、呼損率を元の状態にできることになる。

移動体が移動すると、セル境界横断（ハンドオーバー）時に移動先のセルでチャンネルがないために強制切断が起こることがある。このハンドオーバー時の強制切断が起こると通信時間は減少してしまう。このため、通信時間を通信時間規制だけでは、規定できなくなる。また、ハンドオーバー時の強制切断は、呼量の状態だけでなく、移動体の速度によっても変化する。これらのためにここでの計算は、ハンドオーバー時の強制切断が多くなると正確ではなくなってくる。

しかし、通常は、ハンドオーバー時の強制切断が少ないように設計されている。また、道路の寸断などが起こる大震災などでは、移動体はほとんど移動せず、ハンドオーバー時の強制切断はもっと少なくなると考えられる。以上のことを考えると、ここでの計算は、厳密ではないが、見積もりとして、有効であると考えられる。

4 通信時間規制の効果

ここでは、通信時間を規制する場合の基本的な効果を、生起呼量が多く一定の場合のシミュ

レーションにより調べた結果を述べる。

4.1 シミュレーションモデル

サービスエリアは、図2に示すように144(12×12)の1辺1kmの正方形セルからなり、エッジ効果[4]を防ぐためにエリアの端と端が接続されているように動作させた。各セルには6本の格子状の道路を設定した。移動体は、この格子状に設置する道路上に存在し、速度は0～20km/hの一様分布(平均10km/h)になるようにして、ある程度の速度を持たせた。移動方向はランダムに選択され、移動中の方向と速度は変化しないこととした。全チャンネル数は160とし、繰り返しセル数は16とした。各セルへのチャンネル割当法は様々なものがある[5]が、ここでは、単純に固定チャンネル割当法を用い、1セル当たり10チャンネルが各セルに固定的に割り当てられているようにした。データ取得エリアは、中心部の16(4×4)セルとした。

ハンドオーバー時の強制切断と通信時間規制がない場合の自由な呼の通信時間は、平均120秒の指数分布に従うとし、通信規制時間以後は、その通信を切断した。生起呼量は、1セル当たり

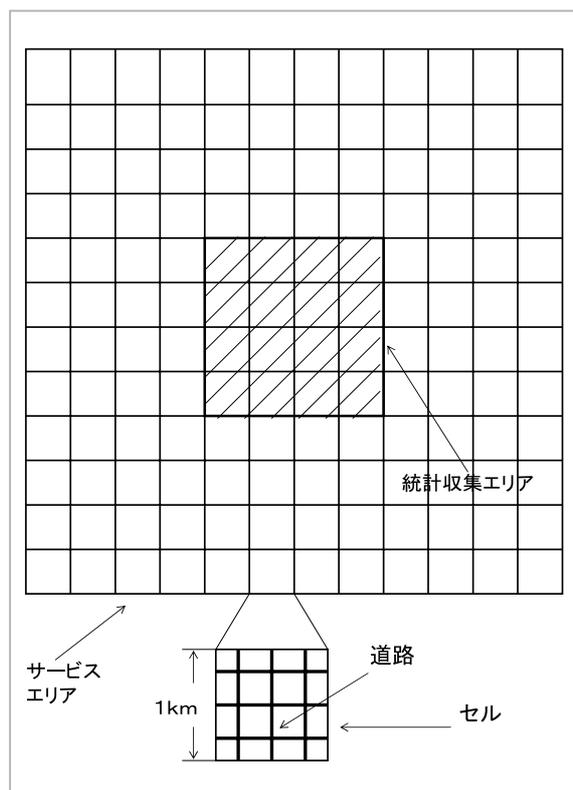


図2 サービスエリアモデル

5.6erlの時、呼損率が通常の設計値である3%に近い値をとるので、これを通常時の呼量とした。生起呼量が28erl/cell(基本生起呼量の5倍)と56erl/cell(基本生起呼量の10倍)の場合を評価した。

呼損率は、生起呼に対し、空きチャンネルがなく呼損となった呼損数と生起呼数の比である。ハンドオーバー時に移動先のセルで空きチャンネルがなく強制切断される場合のハンドオーバー時の強制切断率(FCTR: Forced call terminal rate)は、強制切断数(NFCT: Number of forced call termination)と生起呼数NCA(NCA: Number of call attempts)と呼損数(NB: Number of blocking)により、 $FCTR = NFCT / (NCA - NB)$ と定義する。基本生起呼量の時のハンドオーバー時の強制切断率は、0.9%であった。

通信時間規制の基本的な効果を評価するため、生起呼量の変動や各セルの生起呼量の差や通信時間規制による再呼については、考慮しないこととした。

4.2 結果と考察

通信時間規制の効果を見るために、生起呼量を通常時の呼量の5倍(28erl/cell)と10倍(56erl/cell)と多くして、通信規制時間を変化させた場合の呼損率、ハンドオーバー時の強制切断率、平均通信時間、規制率の特性を求めた。また、生起呼量を変化させて、3%と10%の呼損率を得るために必要な通信規制時間と平均通信時間を求めた。

4.2.1 呼損率特性

図3に通信規制時間に対する呼損率の特性を示す。生起呼量を基本生起呼量の5倍と10倍にしたため、呼損率はそれぞれ59%と77%と非常に高い数値となった。しかし、通信規制時間を設定し、減少させるにつれ、呼損率も減少する。これは、通信時間規制により、通信規制時間以上の通信が切断されチャンネルが空き、新しい生起呼にそのチャンネルが割り当てられたためであると考えられる。

通常時の平均通信時間である120秒までは、あまり減少しないが、120秒辺りから規制する効果が明確に現れ、その後、急激に呼損率が減少する。これは、通信規制時間が少なくなるにつ

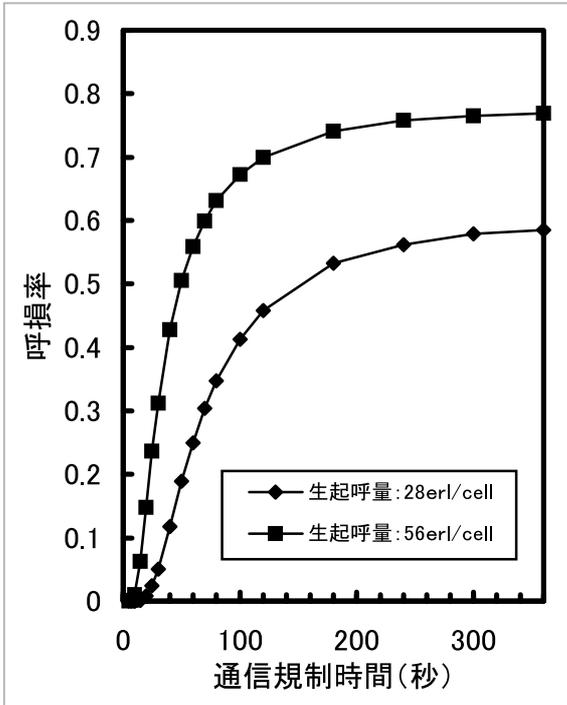


図3 呼損率特性

れ、規制される呼が多くなり、その分、新しい生起呼にチャンネルが割り当てられることが多くなるためと考えられる。生起呼量が基本生起呼量の5倍の時は、規制時間が26.5秒、基本生起呼量の10倍の時では、規制時間が12.5秒の時、呼損率が通常時と同じ3%となった。

4.2.2 ハンドオーバー時の強制切断率特性

図4に通信規制時間に対するハンドオーバー時の強制切断率の特性を示す。移動体の速度を平均10km/hと設定し、ハンドオーバーが少ししか起こらないにもかかわらず、生起呼量が多くチャンネルが逼迫しているため、強制切断率も非常に高い値となった。生起呼量が5倍と10倍の時で、それぞれ、18%と23%である。

呼損率と同様に、通信規制時間を設定し、減少させるにつれ、ハンドオーバー時の強制切断率も低くなる。この原因は、主に、通信時間規制により、通信規制時間以上の通信が切断されて、その分、ハンドオーバー呼にもチャンネルが割り当てられるためであると考えられる。また、通信時間規制により、通信時間が少なくなり、通信中のハンドオーバーが少なくなることも減少の原因に挙げられる。例えば、生起呼量が基本生起呼量の10倍の時に、通信規制時間を300

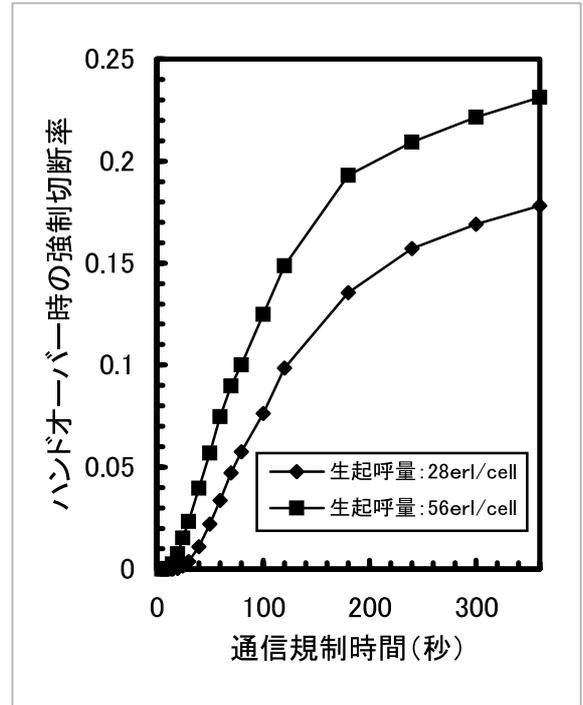


図4 ハンドオーバー時の強制切断率特性

秒から26.5秒に減少させると、ハンドオーバー数は570回から415回に減少している。

ハンドオーバー時の強制切断に対して、優先してチャンネルを割り当てることは、このシミュレーションでは行っていないので、生起呼と同様にチャンネルが割り当てられる。このため、もし、ハンドオーバー時の強制切断率を、強制切断数/ハンドオーバー数と定義した場合は、このハンドオーバー時の強制切断率は、呼損率と同じとなる。

4.2.3 平均通信時間特性

図5に通信規制時間に対する実際に通信できた時間の平均値である平均通信時間の特性を示す。通信規制時間を減少させるにつれ、通信規制時間以上の通信は切断されるため、平均通信時間も減少する。生起呼量が基本生起呼量の5倍と10倍で、呼損率が3%になった時の平均通信時間は、それぞれ、23.4秒と11.4秒となった。

生起呼量が基本生起呼量の5倍と10倍の時では、10倍の方が少しだけ少なく、通信規制時間が減少するにつれその差はほとんどなくなる。これは、ハンドオーバー時の強制切断は通信時間を減少させるため、強制切断率が高い生起呼量10倍の方が少なくなると考えられる。

通信規制時間が25秒位から、通信規制時間と平均通信時間がほぼ同じ値になる。これは、ほとんどの通信が規制され、規制時間だけ通信している状態になっているからであると考えられる。

4.2.4 規制率特性

図6に通信規制時間に対する規制率(通信時間規制により規制された呼数/(NCA-NB))の特性を示す。通信規制時間が減少すると、通信規制時間以上の通信が多くなるため規制率は増加する。通信規制時間が120秒の時は、約30%の通信が規制され、25秒の時は、約80%の通信が規制されることになる。生起呼量が基本生起呼量の5倍と10倍で、呼損率が3%になった時の規制率は、それぞれ、78%と88%となった。

生起呼量が5倍と10倍とで、10倍の方が、少し規制率が低くなるのは、ハンドオーバー時の強制切断により通信時間が少しだけ少なくなっているためであると考えられる。

4.2.5 通信規制時間の呼量特性

図7に生起呼量を変化させた場合に、呼損率を3%にする通信規制時間とその時の平均通信時間の関係を示す。生起呼量が多くなるにつれ通信規制時間は少なくしなければならなくなり、それに伴い平均通信時間も少なくなる。通信規制時間より平均通信時間の方が少なくなっているのは、通信規制時間になる前に、終話あるいはハンドオーバー時の強制切断が起こることが

あるためであると考えられる。生起呼量が多くなり、通信規制時間が少なくなれば、ほとんどすべての通信が通信規制時間で規制されるので、通信規制時間と平均通信時間はほとんど同じになる。

生起呼量が約25erl(基本生起呼量の約4.5倍)の時は、通信規制時間を30秒にすれば、呼損率

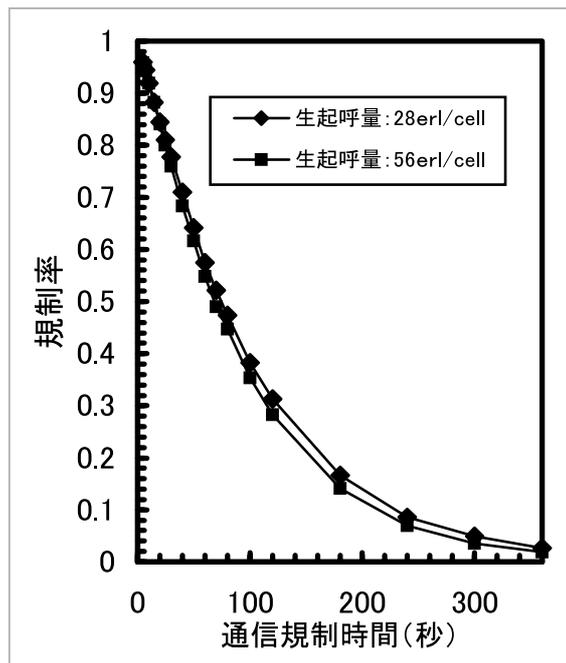


図6 規制率特性

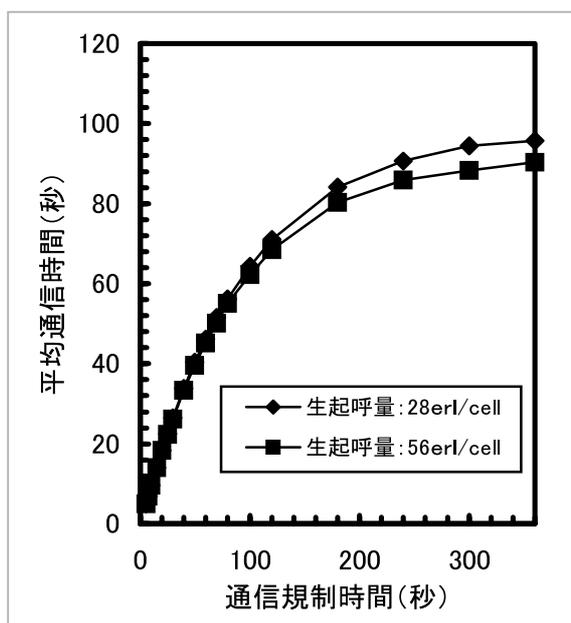


図5 平均通信時間特性

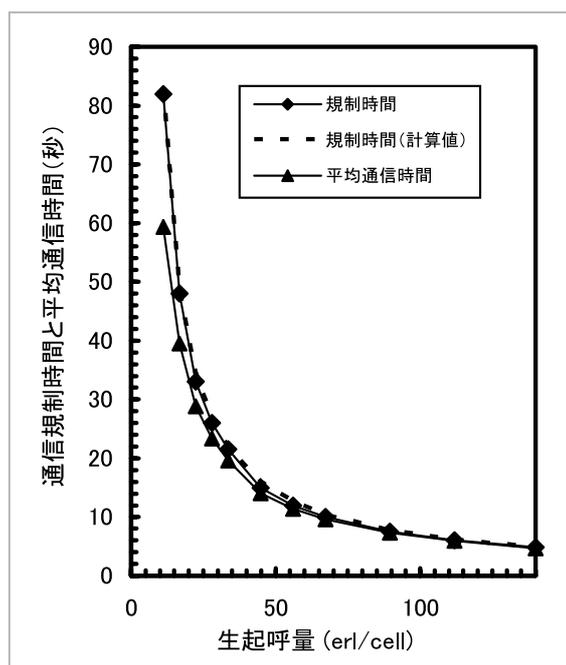


図7 通信規制時間の呼量特性(呼損率3%)

3%の状態が得られることになる。また、生起呼量が約45erl(基本生起呼量の8倍)の時は通信規制時間を15秒、生起呼量が67erl(通常時の呼量の約12倍)の時は通信規制時間を10秒にすればよいことが分かる。言い換えると、15秒までの通信規制時間を許容すると、呼量の増加が8倍まで呼損率3%の状態が実現できることになる。

図8に呼損率を10%にする場合を示す。呼損率を3%にする場合とほぼ同じ特性を持つことが分かる。生起呼量が約34erl(基本生起呼量の約6.1倍)の時は、通信規制時間を30秒にすれば、呼損率10%の状態が得られることになる。また、生起呼量が約63erl(基本生起呼量の約11.3倍)の時は通信規制時間を15秒、生起呼量が90erl(基本生起呼量の約16.1倍)の時は通信規制時間を10秒にすればよいことが分かる。言い換えると、15秒までの通信規制時間を許容すると、呼量の増加が約11倍まで呼損率10%を実現できることになる。

3の通信規制時間の簡易見積法で、通常時の平均通信時間を120秒として計算した値を図7と図8の中に示す。ただし、図8では、通信時間規制がない時に、呼損率が10%となる生起呼量(8erl)を基本生起呼量として計算した。シミュレーション値と計算値はほぼ一致するのが分かる。これらは、強制切断がほとんどない状態のため、

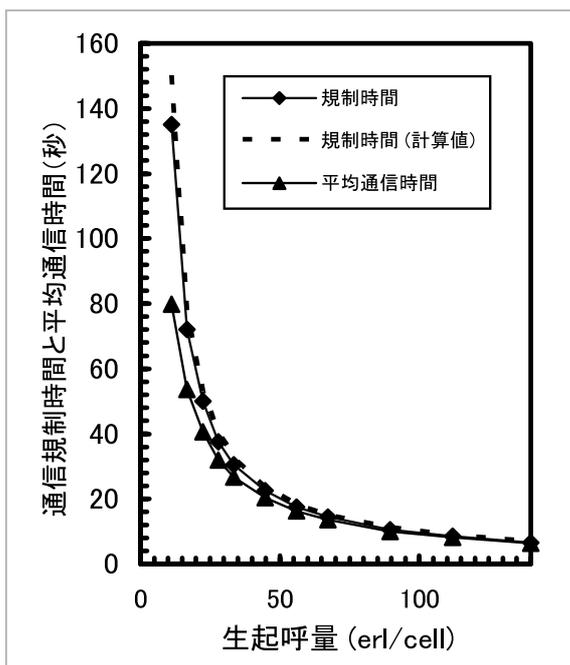


図8 通信規制時間の呼量特性(呼損率10%)

よく一致すると考えられる。

5 呼量変動に対する特性

この章では、急激な呼量変動に対するDHTL法の性能評価のシミュレーション結果を述べる。

5.1 呼量変動モデル

図9にこの章で用いる呼量変動モデルを示す。生起呼量の最小値は基本生起呼量である5.6erl、最大値は84erlで、変動の段階は、28、56、84erl(基本生起呼量の5倍、10倍、15倍)の3段階とした。各セルの呼量は均一のまま、最小生起呼量から最大生起呼量までは20分間で、変化させた。DHTLで使う呼数の観測間隔は、120秒とした。なお、呼量変動モデル以外のシミュレーション条件は、4と同一である。

DHTL法の呼量変動に対する柔軟性を示すための比較法として、固定通信時間規制法(CHTL: Constant holding time limit法)を用いた。CHTL法は、呼量変動を考慮しないで、ある生起呼量にとって適切な一定の通信規制時間を用いるものとする。このシミュレーションでは、目標の呼損率を3%とした。生起呼量が28erlと56erlの時、26.5秒と12.5秒の通信規制時間で呼損率が3%となるので、通信規制時間26.5秒と通信規制時間12.5秒のCHTL法の二つを用いた。通信規制時間26.5秒のCHTL法では、生起呼量が28erlになる120分から最後まで26.5秒の通信規制時間を使用し、通信規制時間12.5秒のCHTL法では、生起呼量が56erlになる130分から最後

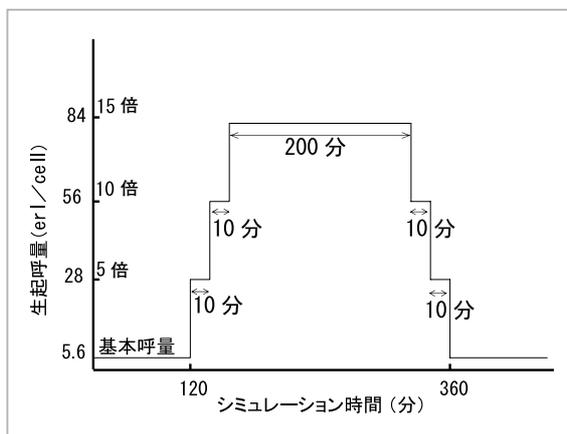


図9 呼量変動モデル

まで 12.5 秒の通信規制時間を使用した。

5.2 結果と考察

図 10 に各シミュレーション時間における呼損率を示す。シミュレーション時間が 120 分から 130 分の生起呼量が 28erl の時と、130 分から 140 分の生起呼量が 56erl の時は、それぞれ、通信規制時間 26.5 秒の CHTL 法と通信規制時間 12.5 秒の CHTL 法が最も呼損率が低くなった。しかし、CHTL 法は生起呼量の増加に対応しないため、生起呼量がより多くなると呼損率が増加してしまう。逆に生起呼量が減少する場合は、CHTL 法は通信規制時間を緩めないの、過剰規制になる。例えば、シミュレーション時間が 350 分から 360 分で生起呼量が 28erl の時は、通信規制時間が 12.5 秒の CHTL 法では、呼損率がゼロとなっている。

一方、DHTL 法は、生起呼量の変動に対して通信規制時間が適切に調整されるため、全シミュレーション時間合計の呼損率が最も低くなった。

図 11 に各シミュレーション時間におけるハンドオーバー時の強制切断率を示す。呼損率の特性と同様な特性が得られた。全シミュレーション時間合計のハンドオーバー時の強制切断率は、DHTL 法が最も低くなった。

図 12 に各シミュレーション時間における平均通信時間を示す。通信時間規制をしない場合が最も平均通信時間は長くなる。しかし、生起呼量が多くなると減少している。これは、ハンドオーバー時の強制切断が多くなるためであると考えられる。全シミュレーション時間合計の DHTL 法の平均通信時間は、通信規制時間 12.5 秒の CHTL 法とほとんど同じになった。

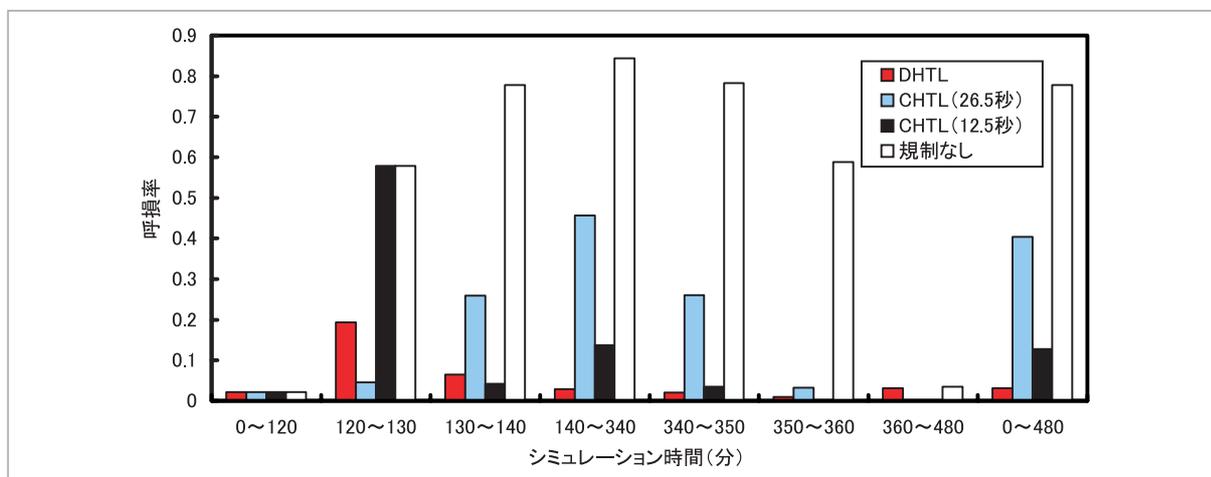


図 10 各シミュレーション時間における呼損率

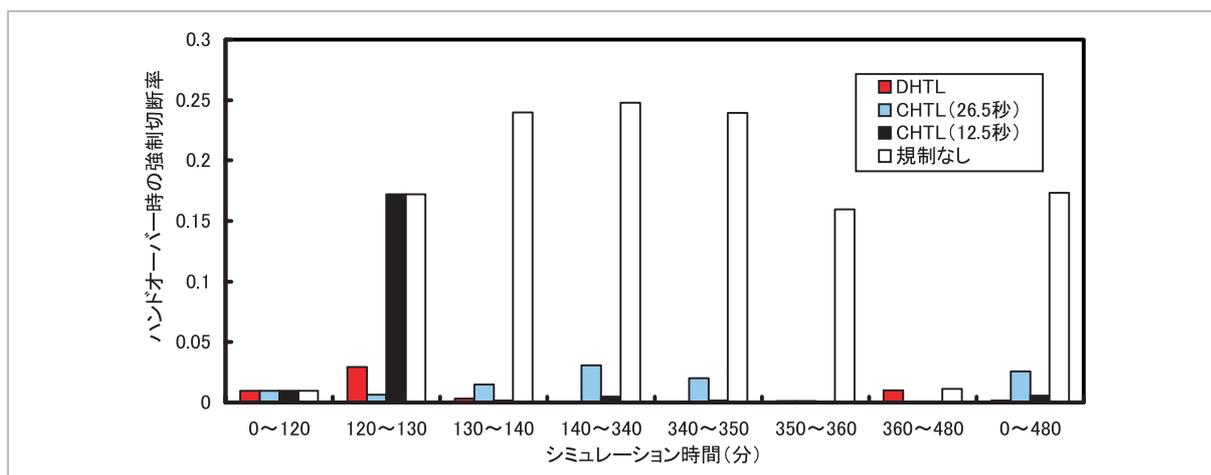


図 11 各シミュレーション時間におけるハンドオーバー時の強制切断率

図 13 に各シミュレーション時間における規制率を示す。CHTL 法では、生起呼量が減少しても、通信規制時間が一定なので、規制率は減少しない。これに対し、DHTL 法では、通信規制時間が生起呼量の変動に従って調整されるので、生起呼量の減少に伴い規制率も減少する。全シミュレーション時間合計の DHTL 法の規制率は、通信規制時間 12.5 秒の CHTL 法とほとんど同じになった。

6 むすび

本編では、地震等の大規模な災害時に起きる携帯電話の通信需要の急増に対して、通信時間を規制して多くの通信を実現することを考え、その基

本的効果をシミュレーションにより調べた。また、生起呼量変動に対応すべく生起呼数に応じて通信規制時間を変化させる動的通信時間規制法 (DHTL : Dynamic holding time limit 法) を提案した。

通信時間規制の基本的効果としては、生起呼量が一定で多い状態の場合、通信規制時間を少なくすると、平均通信時間も少なくなるが、呼損率やハンドオーバー時の強制切断率を十分に少なくできることが示された。通信時間を規制することで、生起呼量が通常時の呼量である基本生起呼量の 5 倍になった時、平均通信時間は 23.4 秒を確保しつつ、呼損率が 3 % にできることが分かった。また、生起呼量が基本生起呼量の 10 倍になった時でも、平均通信時間は 11.4 秒

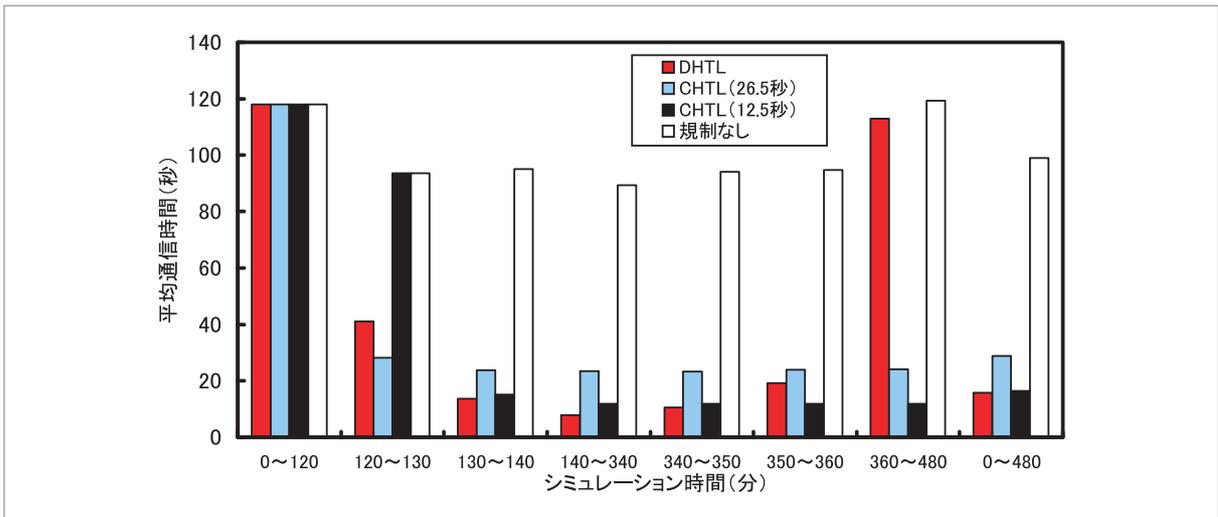


図12 各シミュレーション時間における平均通信時間

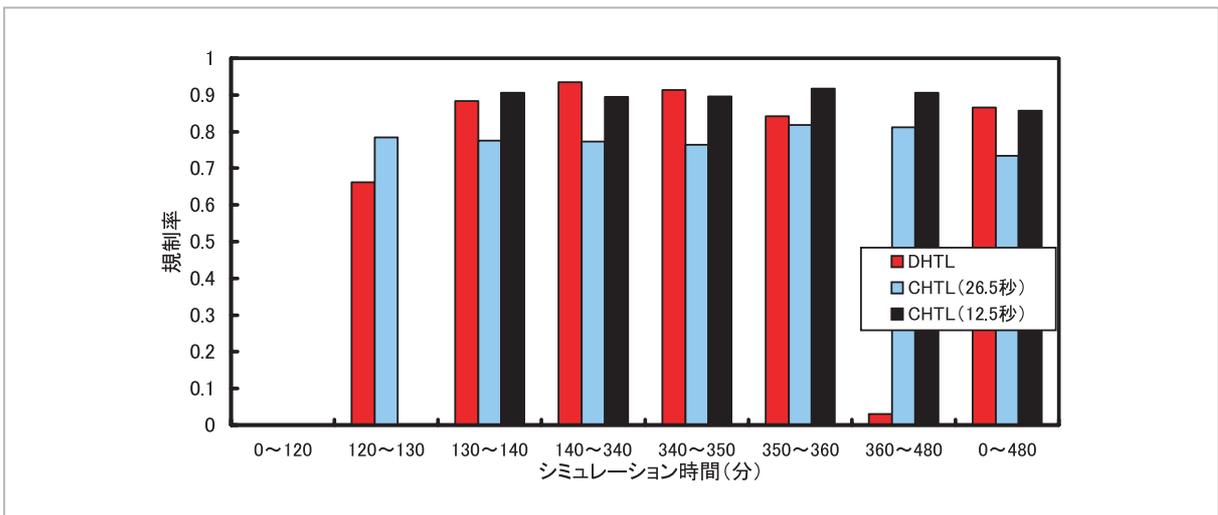


図13 各シミュレーション時間における規制率

を確保しつつ、呼損率が3%にできることが分かった。

また、呼損率を通常状態にする通信規制時間の簡易な見積法を示し、その計算結果が、シミュレーション結果とよく一致することを示した。そして、最後に、DHTL法が、急激な呼量変動に対して、柔軟に対応することを示した。

大規模災害時には、親類や知人の安否を確認したいという要求、逆に、親類や知人に自分の状態を伝えたいという要求は、非常に強いと考えられる。普段携帯している携帯電話が、このような時に、少しの時間でも使えることは、た

いへん利便性が高いと考えられ、通信時間規制はそのために有用な手段であると考えられる。

今後の課題としては、以下のものが挙げられる。

- (1) 災害時の通信需要に対する交換機の容量や呼制御信号の容量の検討とその範囲内での通信規制時間の適応
- (2) 通信時間規制による強制切断から生じる再呼の影響と強制切断の警告による効果の検討
- (3) DHTL法における適切な生起呼数観測間隔の検討

参考文献

- 1 <http://www.city.kobe.jp/cityoffice/48/quake/>
- 2 武井, "阪神・淡路大震災における通信サービスの状況", 信学誌, Vol.79, No.1, pp.2-6, 1996.
- 3 <http://www.ttb.go.jp/saigai/houkoku/pdf/1sho.pdf>
- 4 T. J. Kahwa and N. D. Georganas, "A hybrid channel assignment scheme in large-scale cellular-structured mobile communication systems", IEEE Trans. Com., Vol.COM-26, No.4, pp.432-438, Apr. 1978.
- 5 K. Okada and F. Kubota, "On dynamic channel assignment strategies in cellular mobile radio systems", IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E75-A, No.12, pp.1634-1641, Dec. 1992.



おかだ かずひろ
岡田和則

情報通信部門情報セキュリティ推進室
主任研究員 博士(工学)
移動通信、非常時通信、通信ネットワ
ーク