

**CDMA ALOHA方式における
最適アクセス制御方式の研究**

名古屋大学 工学研究科 電子情報学専攻
小川研究室

岡田 啓

1999年2月

CDMA ALOHA方式における 最適アクセス制御方式の研究

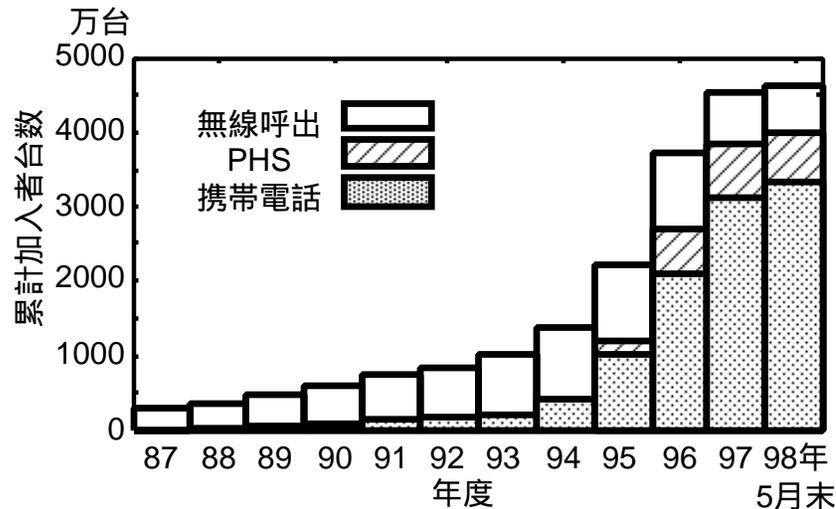
小川研究室

岡田 啓

目次

1. 本研究の背景と目的
2. CDMA ALOHA方式のスループット特性
3. パケットの再送に着目したアクセス制御
4. バッファリング機能を利用したアクセス制御
5. 本研究のまとめ

移動体通信の動向



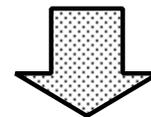
我が国の移動電気通信事業加入数の推移

インターネットの普及予想

	1997年	2005年	2010年
利用者数	1,115万	4,136万	4,459万
利用世帯数	287万	1,929万	2,755万
世帯普及率	6.4%	41.8%	54.9%

携帯電話やPHS, ポケットベルの
ここ数年の急激な増加

インターネットの目覚ましい普及



無線データ通信の需要のさらなる増加

これからの移動体通信

急速な需要の増加に対応

十分な通信容量

音声, データ, 画像等の情報源に対応

マルチメディア化

世界中どこでも使える

世界規模での
ローミング

次世代移動体通信システム (IMT-2000) の世界標準化

次世代移動体通信の最も有力な候補

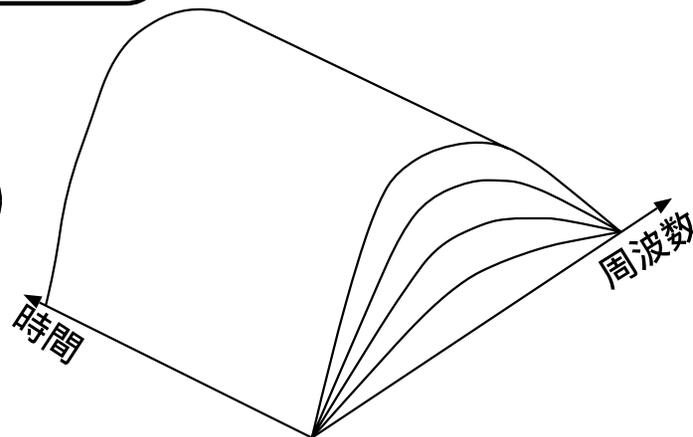
符号分割多元接続 (CDMA) 方式

信号空間を符号によって分割し、
各ユーザに割り当てる多元接続方式



特徴

- ランダムアクセスが可能である
- マルチメディアに適している
- 移動体通信に適している
- 同時送信局数の増加に対し、誤り率が穏やかに変化する
- 自局の信号が他局に干渉を与えてしまう (多元接続干渉)



回線交換とパケット交換

回線交換

通信を始める前に回線を確保してから通信を行う

- 一度回線を確保すれば、最後まで回線を独占できる
- 実際に情報が流れていないときにも回線を独占

パケット交換

送りたい情報に宛先などの情報を付加してパケット化

- 間欠型通信においても無線回線の使用効率が高い
- いつでも回線を確保できる保証なし

データ通信の分野では

パケット交換方式が有望視されている

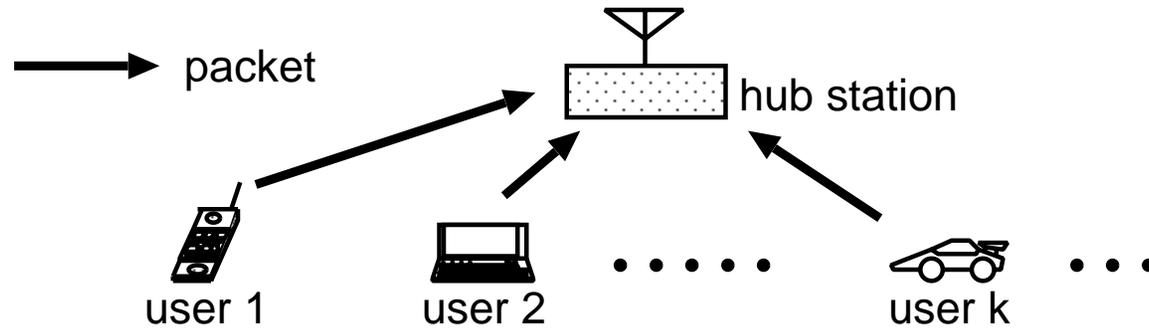
ALOHA方式

無線パケット通信における最も基本的なアクセス用プロトコル

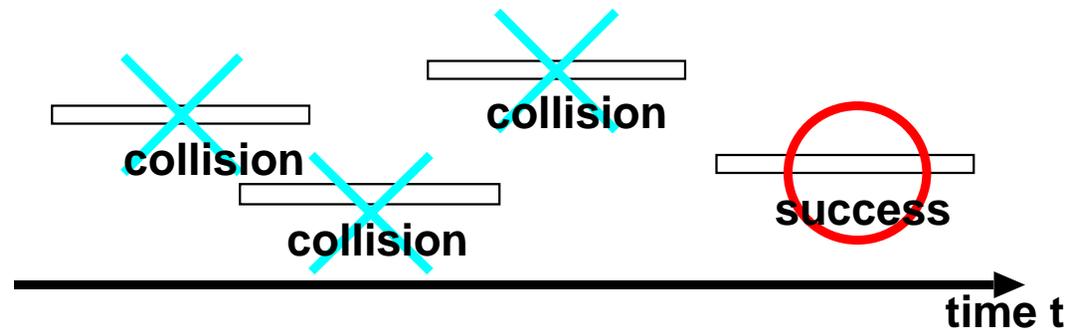
各ユーザはパケットを送りたいときに送出

ランダムアクセス可能

システムの簡単さ



同時に1つのパケットしか送ることができない



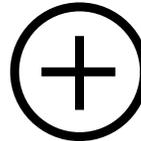
CDMA ALOHA方式

CDMA技術

同時伝送可能
マルチメディアに適する

ALOHA方式

システムの簡単さ
ランダムアクセス可能
パケット単位で送信



CDMA ALOHA方式

ランダムアクセスの簡便性
高効率なパケット通信の可能性
次世代移動体通信, 特に無線データ通信,
マルチメディア通信にとって有望な方式

CDMA ALOHA方式の問題点と課題

同時に複数のパケットを伝送可能
同時送信局数が時々刻々と変化
誤り率が緩やかに変化



特性解析の複雑さ

同時に多くのパケットが送信されると
その影響が送信中のすべてのパケットにおよぶ



アクセス制御の必要性

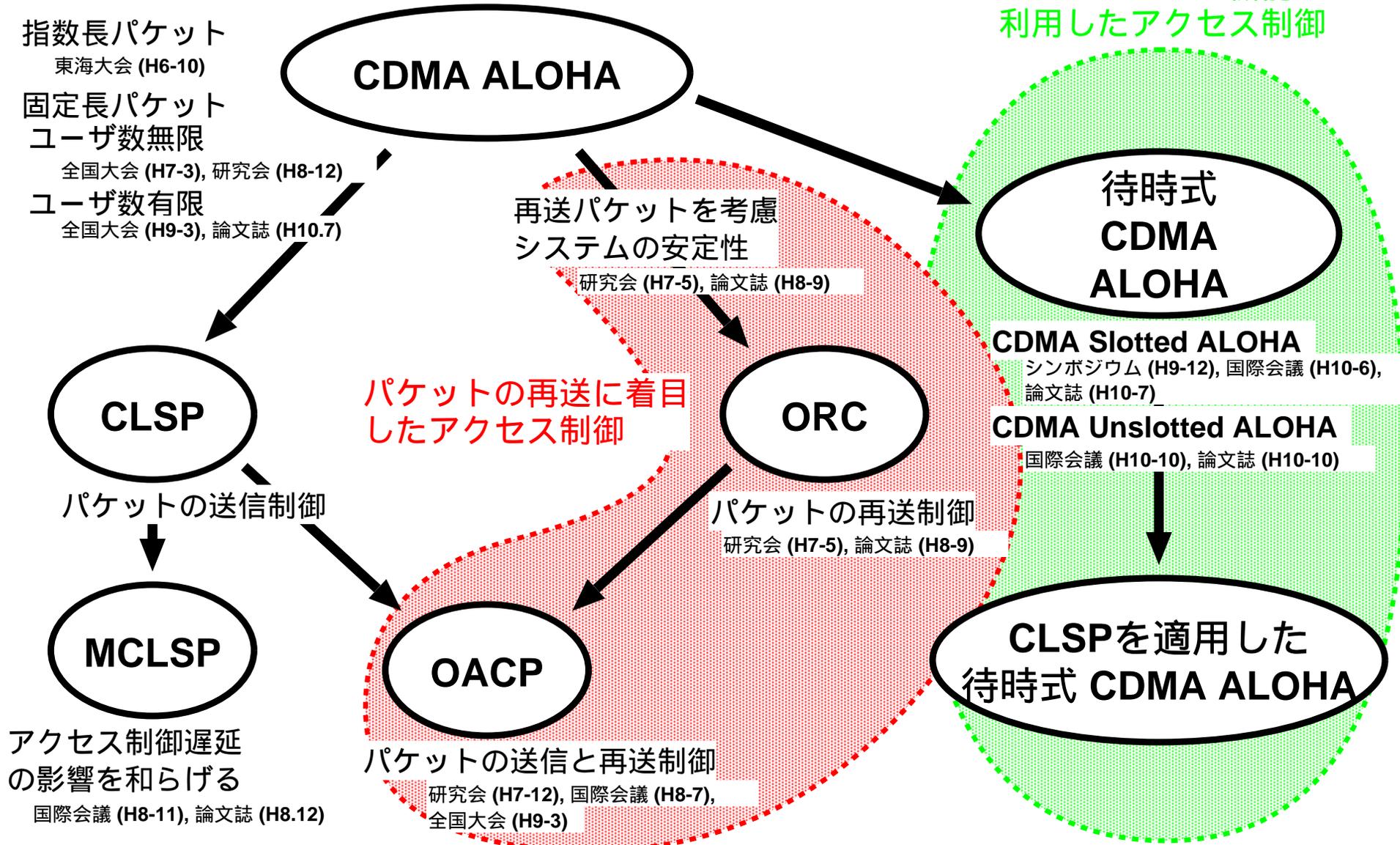
本研究の目的

CDMA ALOHA方式の特徴を考慮した特性解析
アクセス制御の観点から特性向上策の提案

本発表では

パケットの再送に着目したアクセス制御
バッファリング機能を利用したアクセス制御

自分の研究の流れ



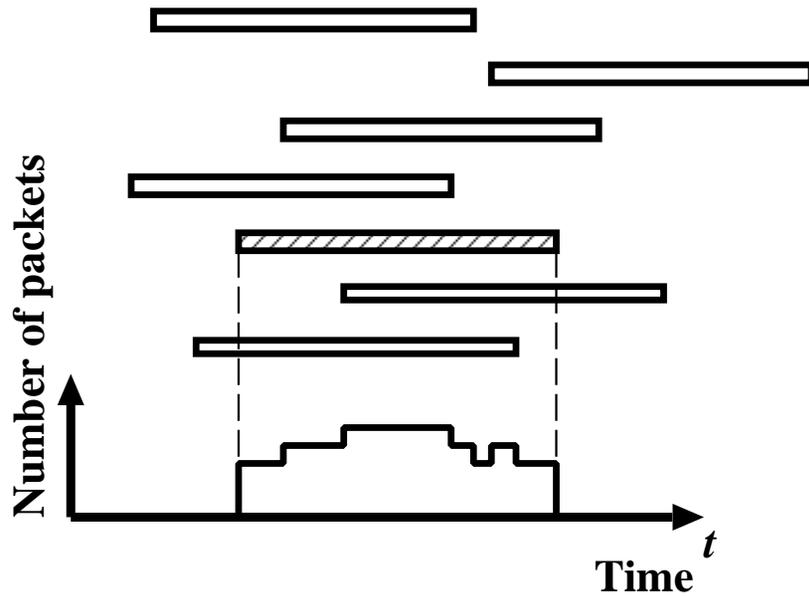
目次

1. 本研究の背景と目的
2. **CDMA ALOHA方式のスループット特性**
3. パケットの再送に着目したアクセス制御
4. バッファリング機能を利用したアクセス制御
5. 本研究のまとめ

CDMA ALOHA方式

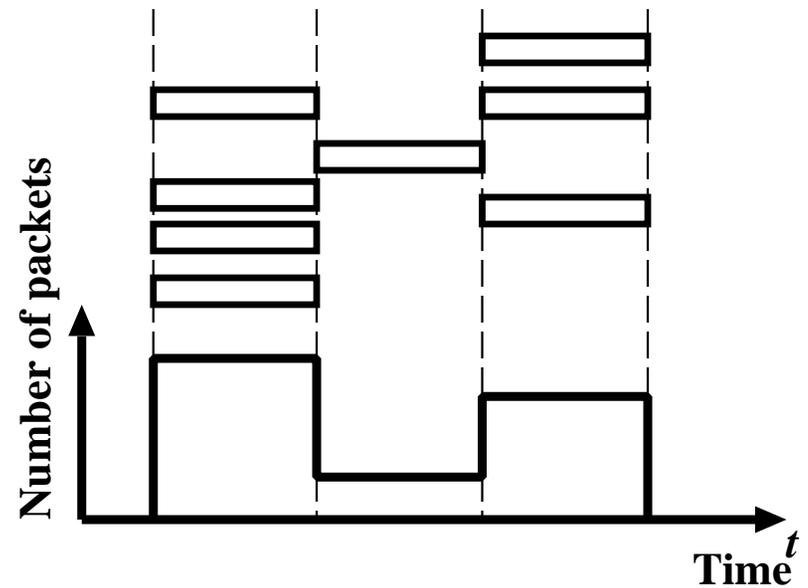
CDMA unslotted ALOHA方式

パケットをすきなときに非同期に送信

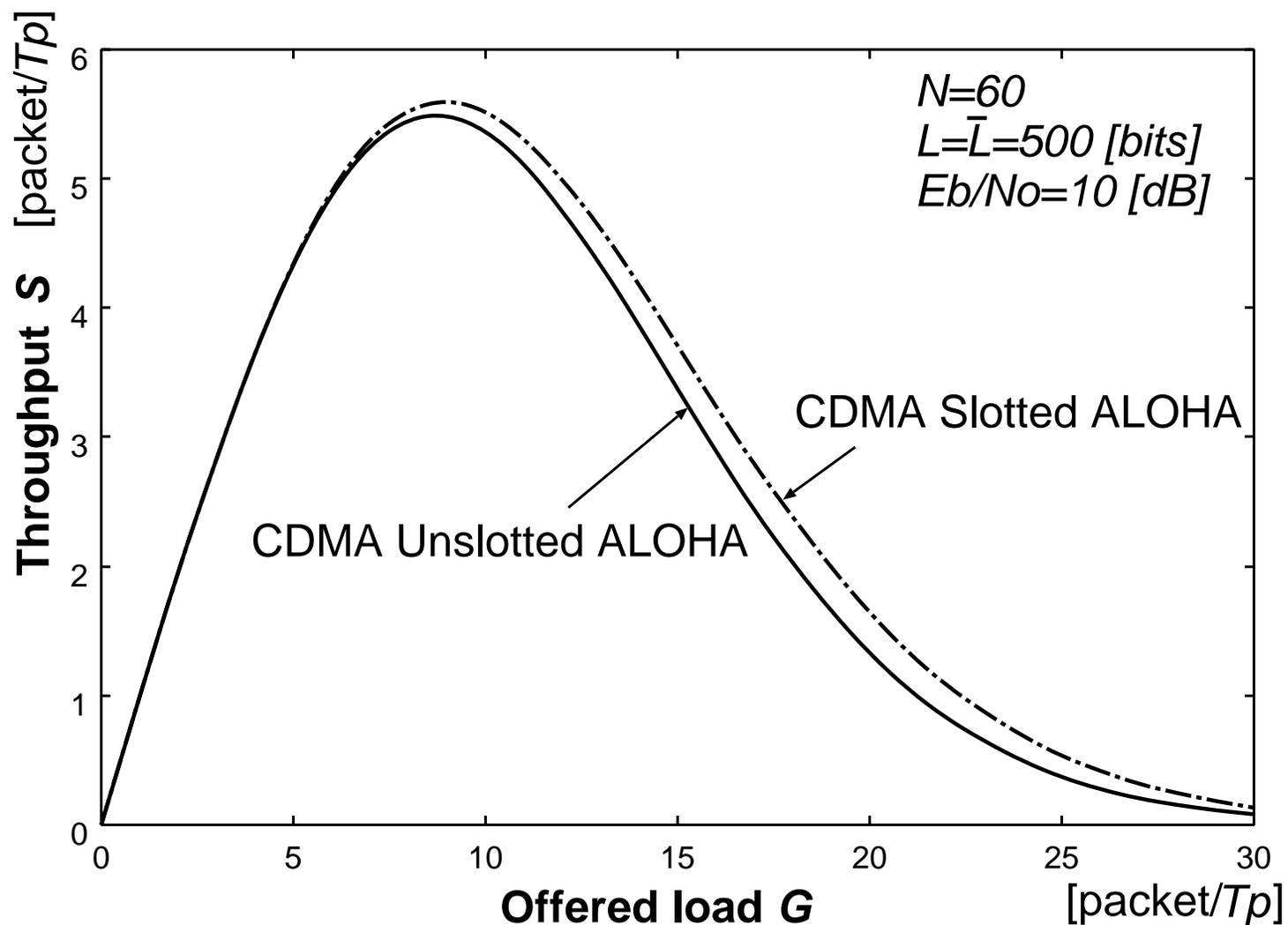


CDMA slotted ALOHA方式

パケットをスロットと呼ばれる時間枠に同期して送信



CDMA Slotted ALOHA方式とCDMA Unslotted ALOHA方式の比較

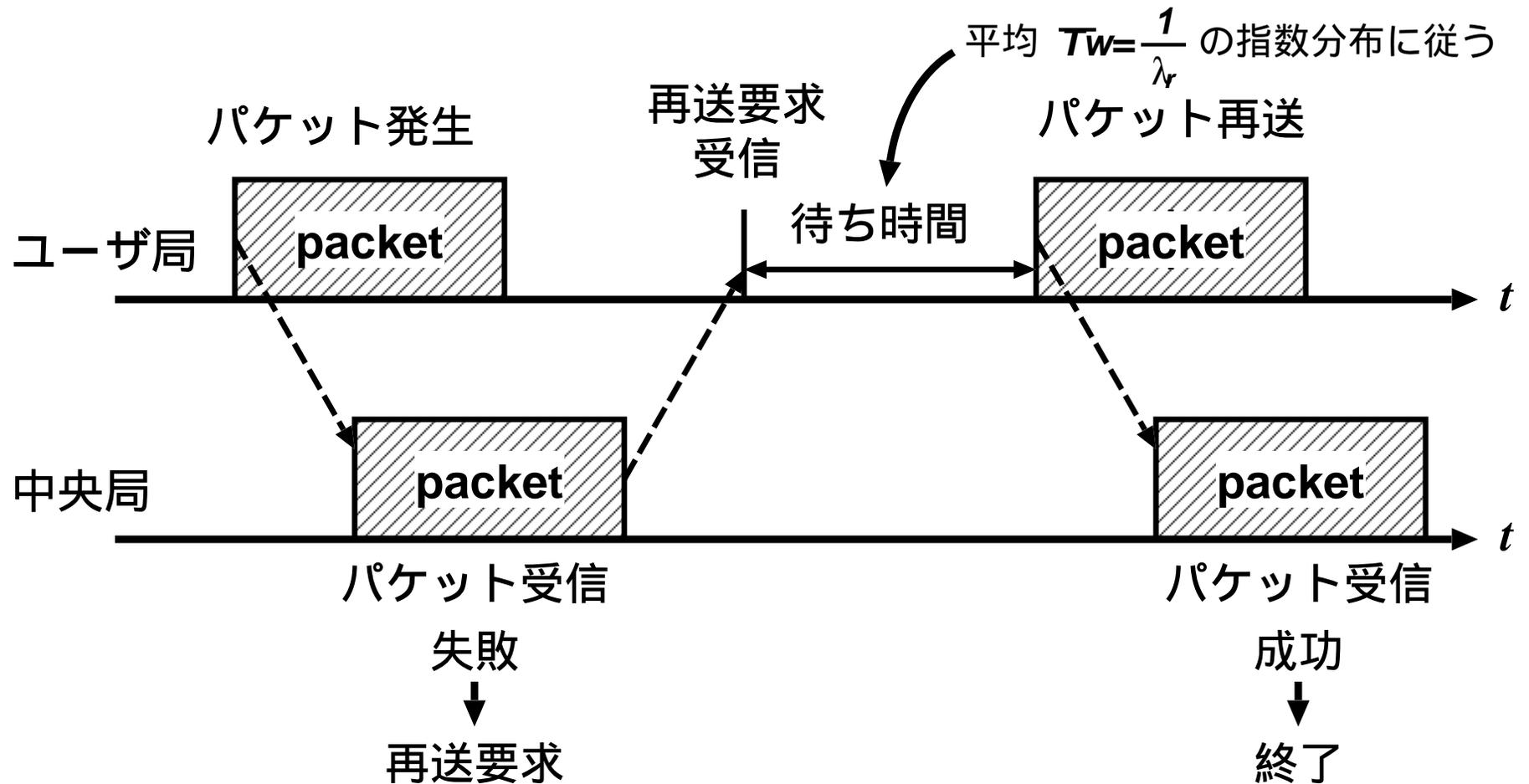


目次

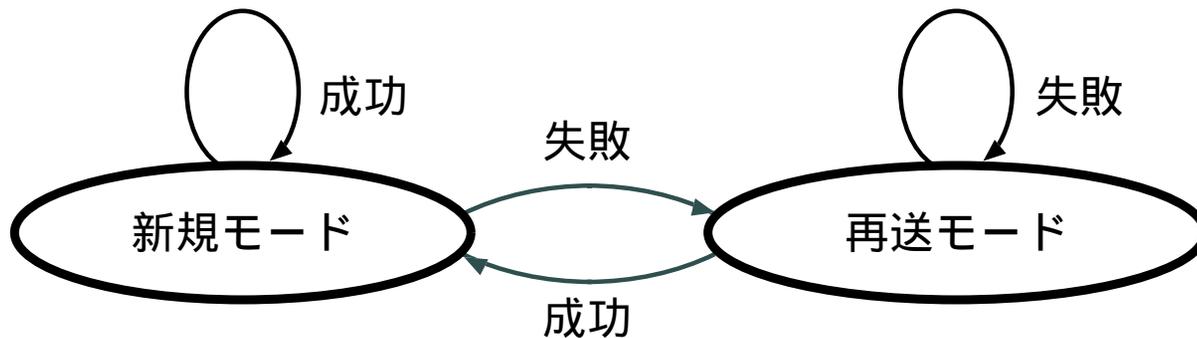
1. 本研究の背景と目的
2. CDMA ALOHA方式のスループット特性
3. パケットの再送に着目したアクセス制御
4. バッファリング機能を利用したアクセス制御
5. 本研究のまとめ

パケット再送過程

パケットが正しく受信されなかったとき、
パケット再送が必要



新規モードと再送モード



新規モードのユーザ

新規パケットを生成

λ_0 : 新規パケットの生起率

送る情報の発生状況により決まってしまう値

再送モードのユーザ

再送パケットを送信

λ_r : 再送パケットの送出率

ユーザ局において設定可能
操作することが容易

期待流動値 $d(r)$

研究会 (H7-5), 論文誌 (H8-9)

システムの安定性を調べるための指標

$$\text{期待流動値 } d(r) = \left(\begin{array}{c} \text{新規モード} \\ \downarrow \\ \text{再送モード} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{再送モード} \\ \downarrow \\ \text{新規モード} \end{array} \right)$$

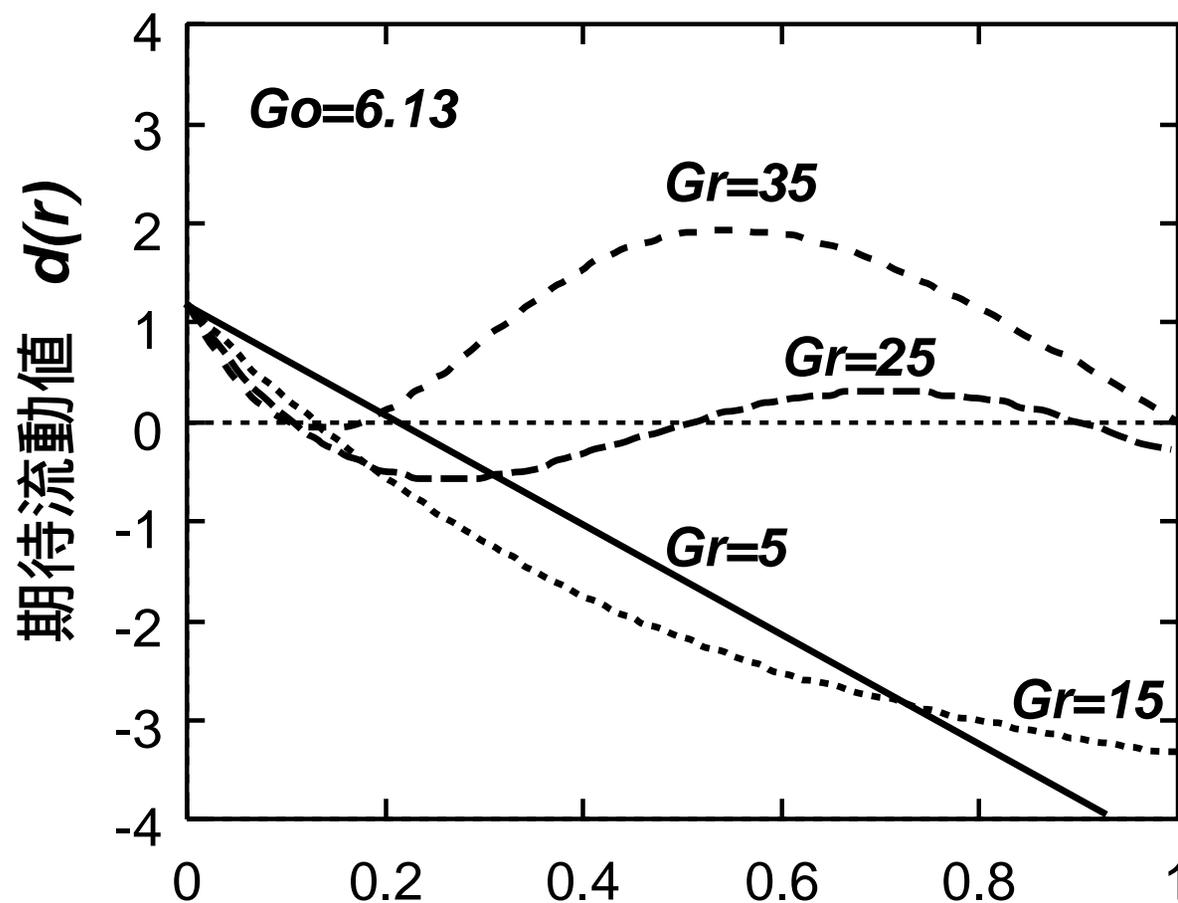
$$\text{状態 } r = \frac{\text{再送モードのユーザ}}{\text{ユーザ全体}}$$

$d(r) > 0$. . . 再送モードのユーザが増加
(状態 r が増加)

$d(r) < 0$. . . 新規モードのユーザが増加
(状態 r が減少)

$d(r) = 0$. . . 平衡状態

期待流動値



$$Go = K \cdot \lambda_o \cdot Tp$$

$$Gr = K \cdot \lambda_r \cdot Tp$$

K : ユーザ数

Tp : パケット長時間

状態 r (= 再送モードのユーザ / ユーザ全体)

Optimal Retransmission Control (ORC)

研究会 (H7-5), 論文誌 (H8-9)

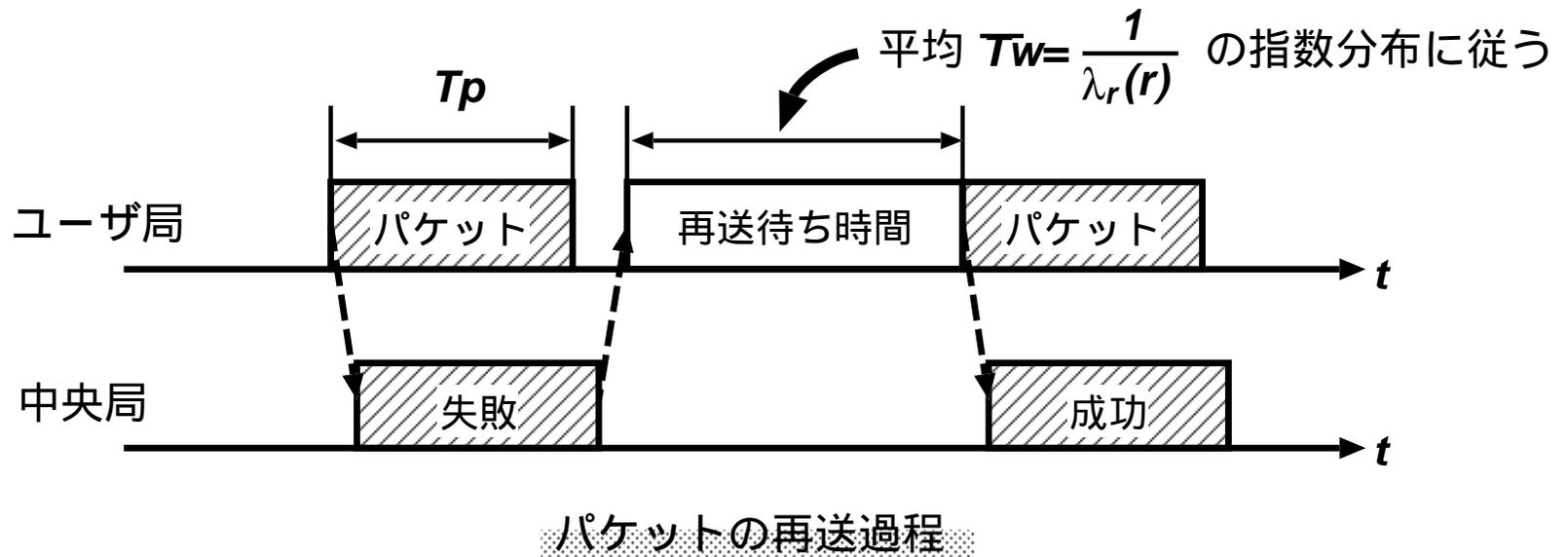
パケット再送を制御することにより
特性の向上を図る

望ましくない安定状態に陥るのを防ぐ

再送パケットのコントロール方法

中央局：再送パケットの送出率 $\lambda_r(r)$ を選ぶ
 $\lambda_r(r)$ をユーザー局に知らせる

ユーザー局： $\lambda_r(r)$ に従ってパケットを再送



$\lambda_r(r)$ の選び方

状態 r が小さいところで安定



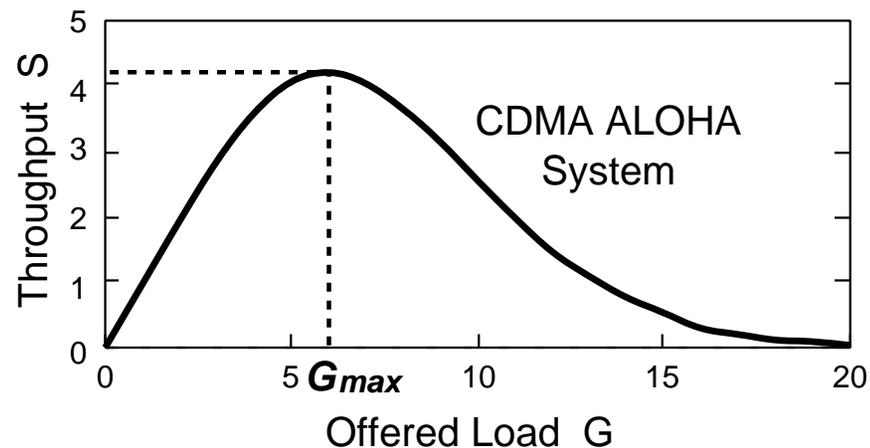
期待流動値をできるだけ小さくする



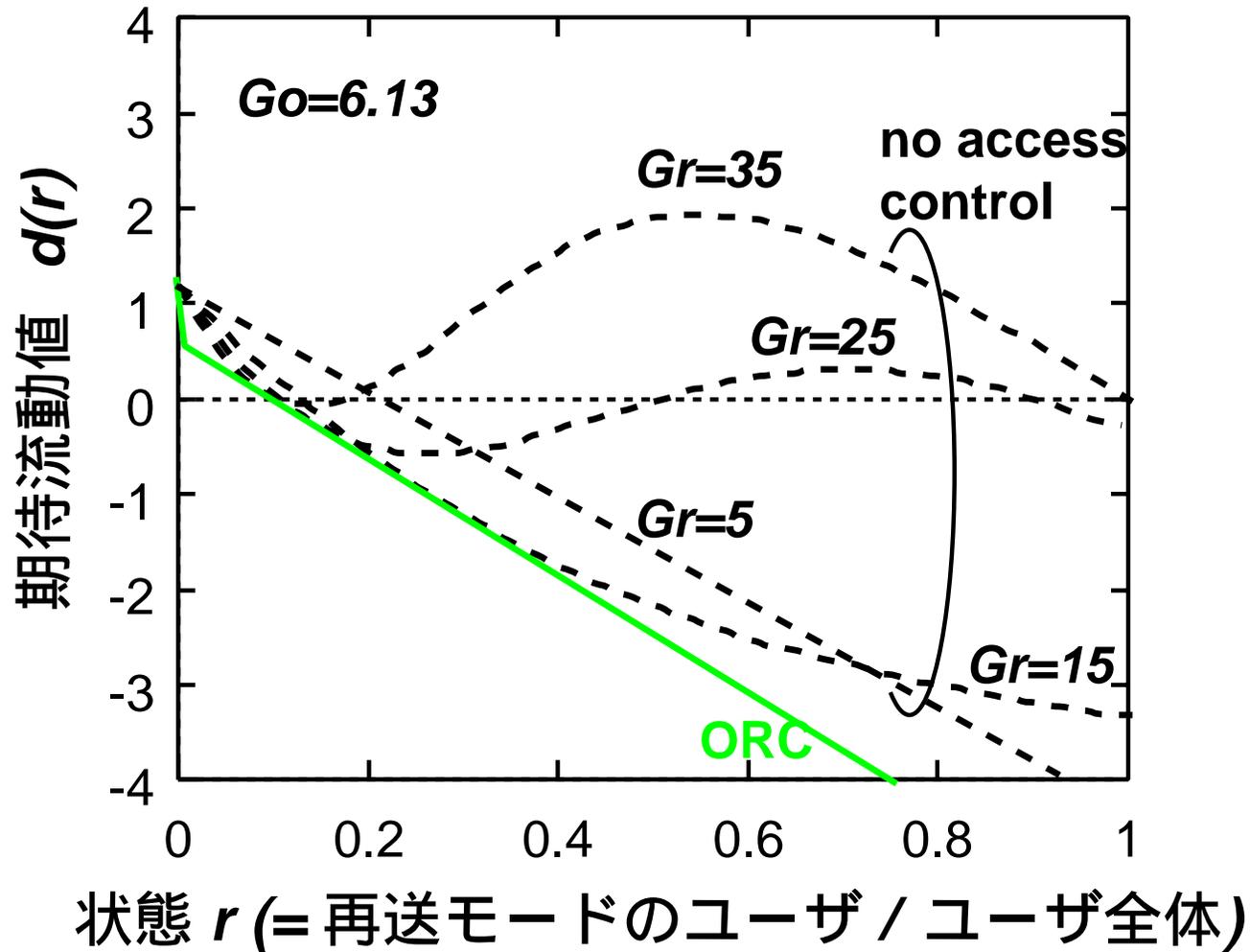
$$\lambda_r(r) = \frac{G_{max} - (1-r) G_0}{T_p K r}$$

G_{max} : スループットを最大にするオフロード

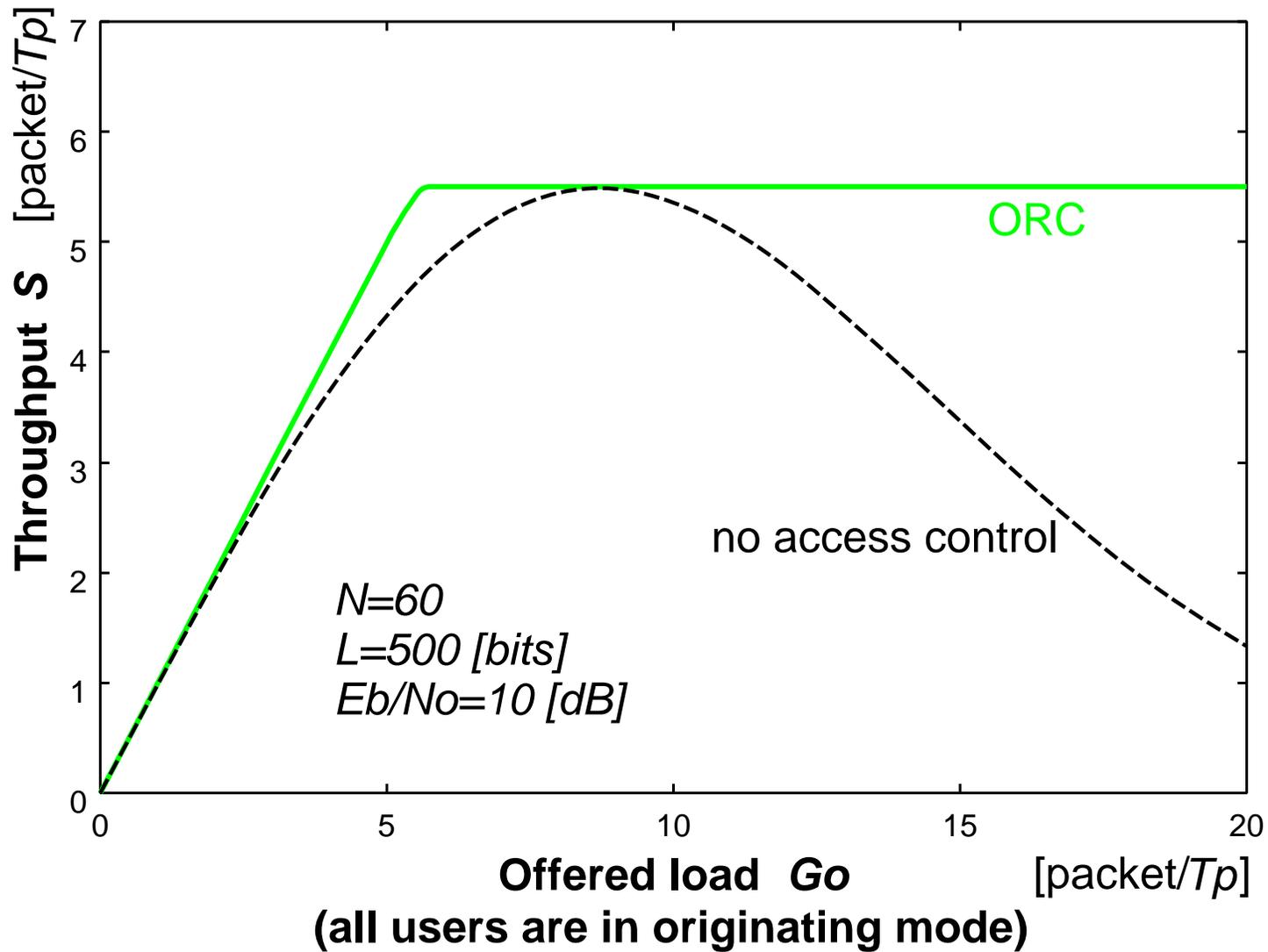
$G_0 = K \cdot \lambda_0 \cdot T_p$ K : ユーザ数 T_p : パケット長時間



期待流動値



スループット特性



ORCではスループットの最大値は制御を行わない場合と同じ



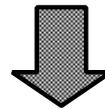
Optimal Access Control Protocol (OACP)

全国大会 (H9-3), 研究会 (H7-12), 国際会議 (H8-7)

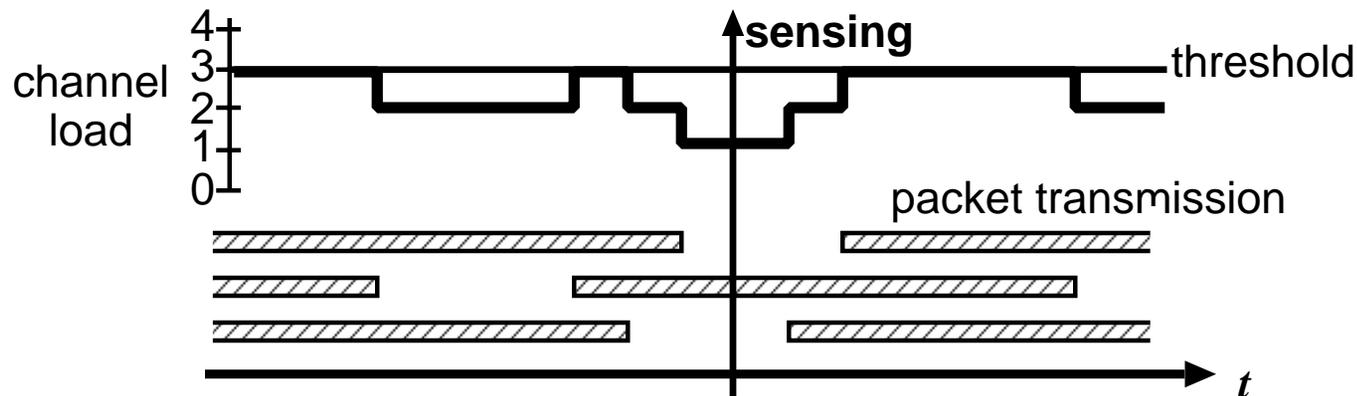
パケットの再送制御に加え,
パケット送信を制御することにより
スループットの最大値を向上する.

パケットの送信制御
Channel Load Sensing Protocol (CLSP)
A. H. Abdelmonem et. al

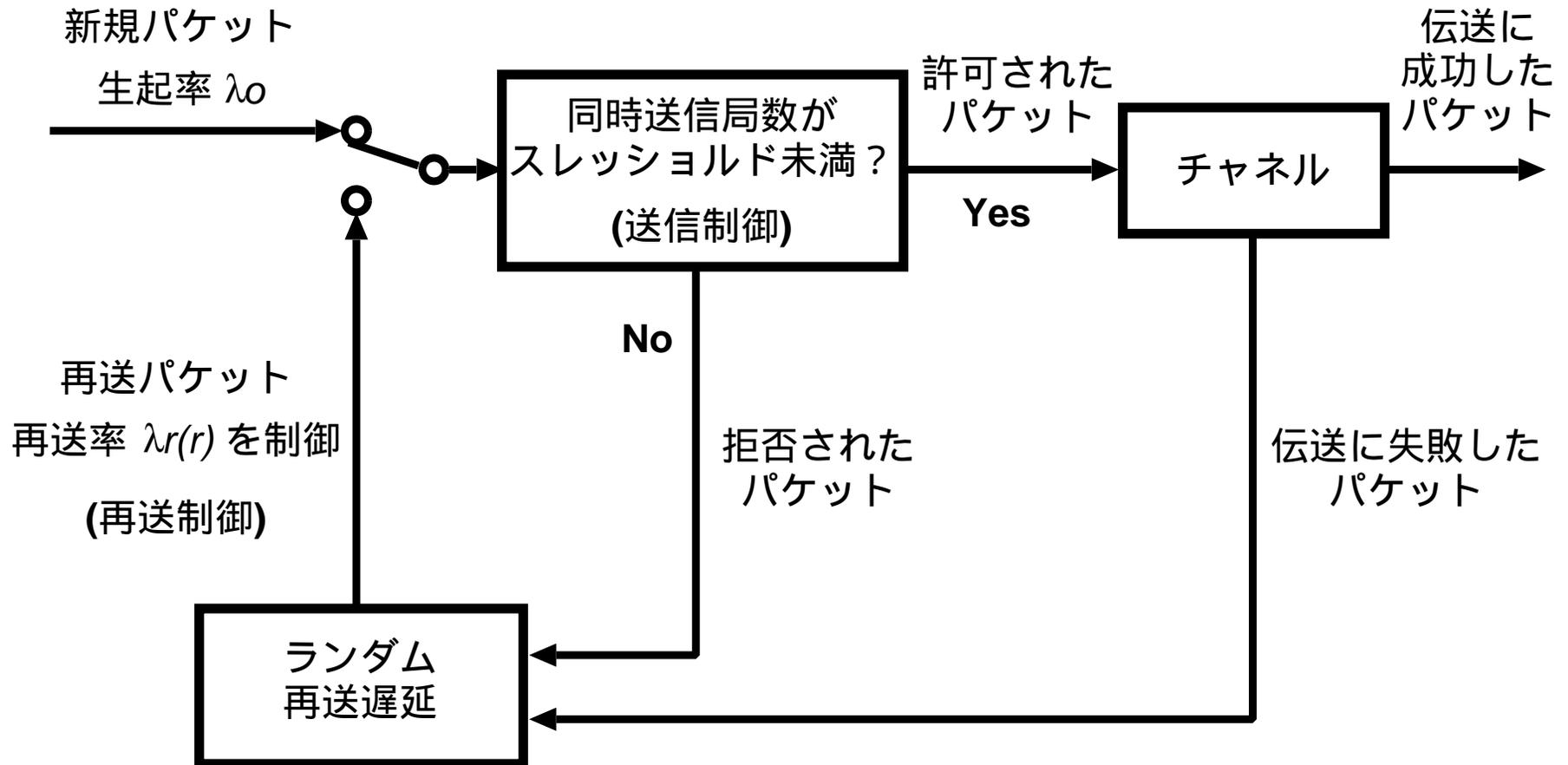
- ・ 中央局がチャネル伝送中のパケットの数を観測
- ・ チャネル伝送中のパケットの数が
スレッシュホールド以上 …… パケット送信を拒否
スレッシュホールド未満 …… パケット送信を許可



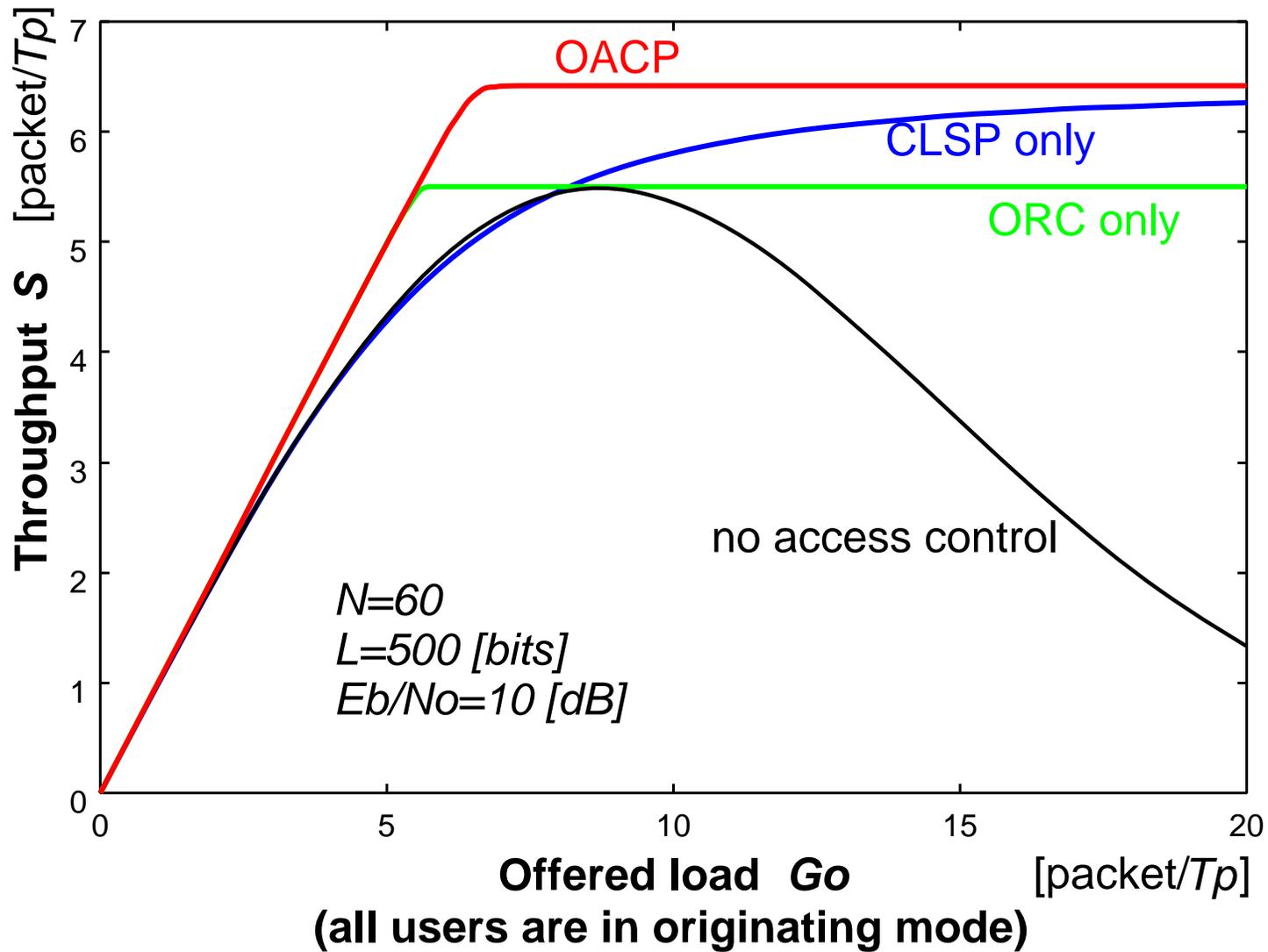
同時送信局数をスレッシュホールド以下に抑えることができる



OACPを用いたときのパケットの流れ図



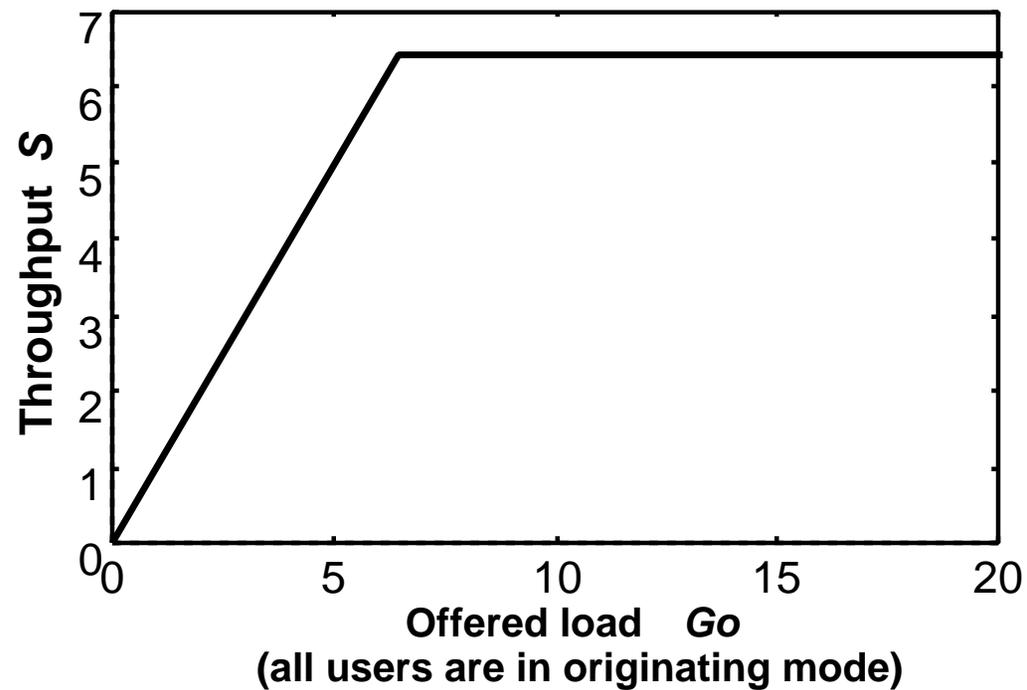
スループット特性



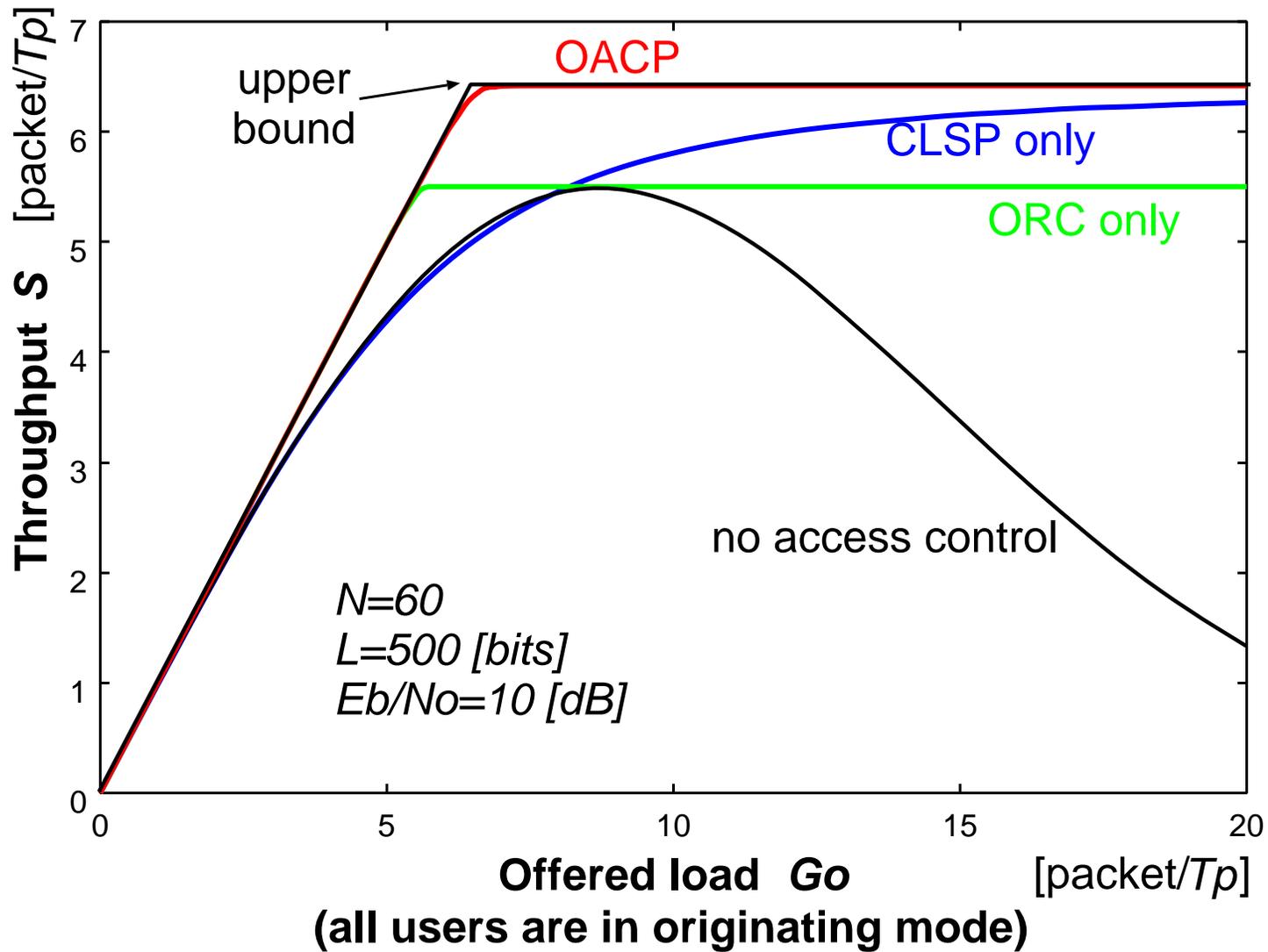
CDMA パケット通信のスループットの上限値

発生したパケットが全て成功

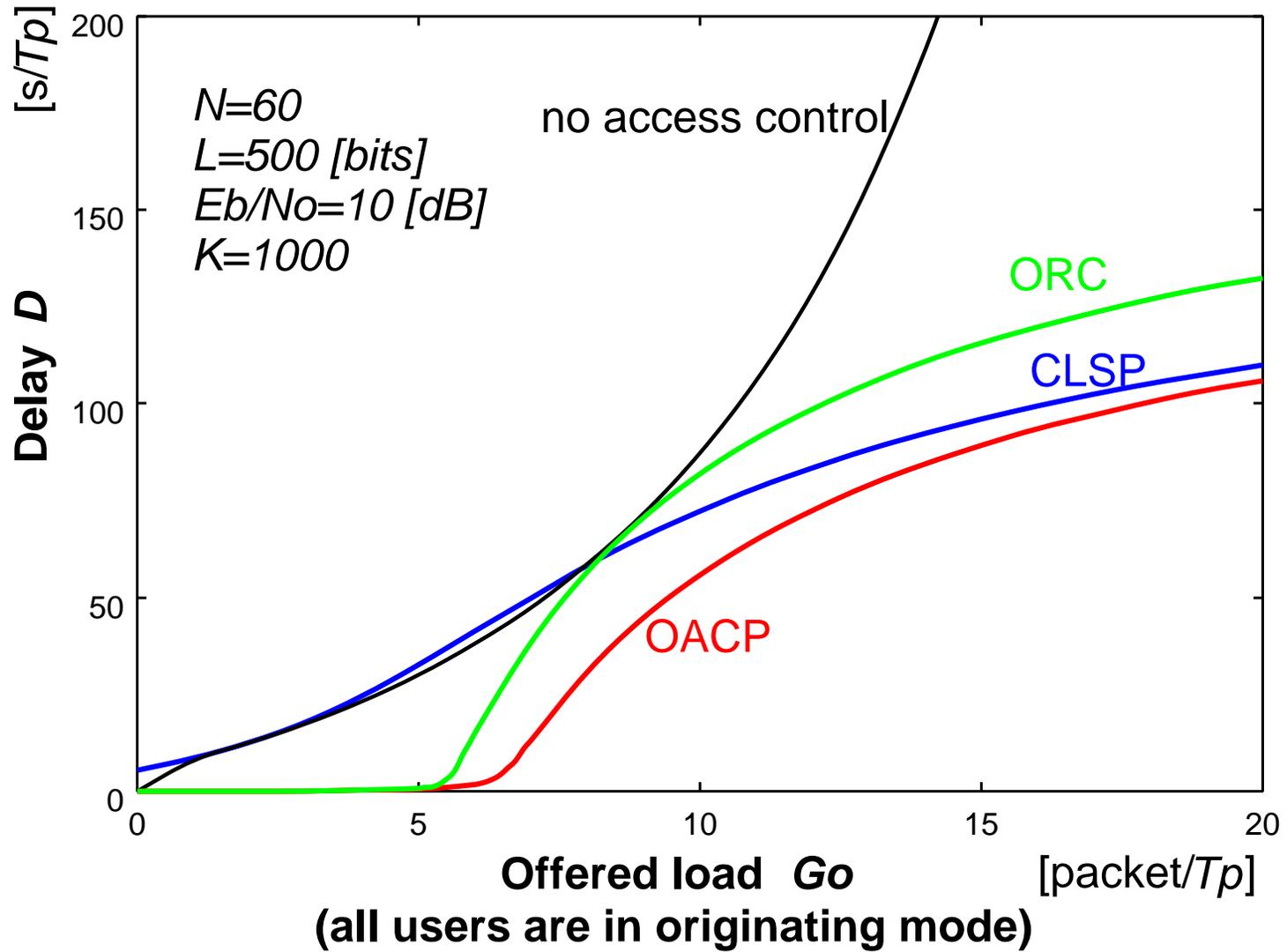
同時送信局数が増えるとパケット成功確率は劣化するため、
スループットには上限が存在



スループット特性

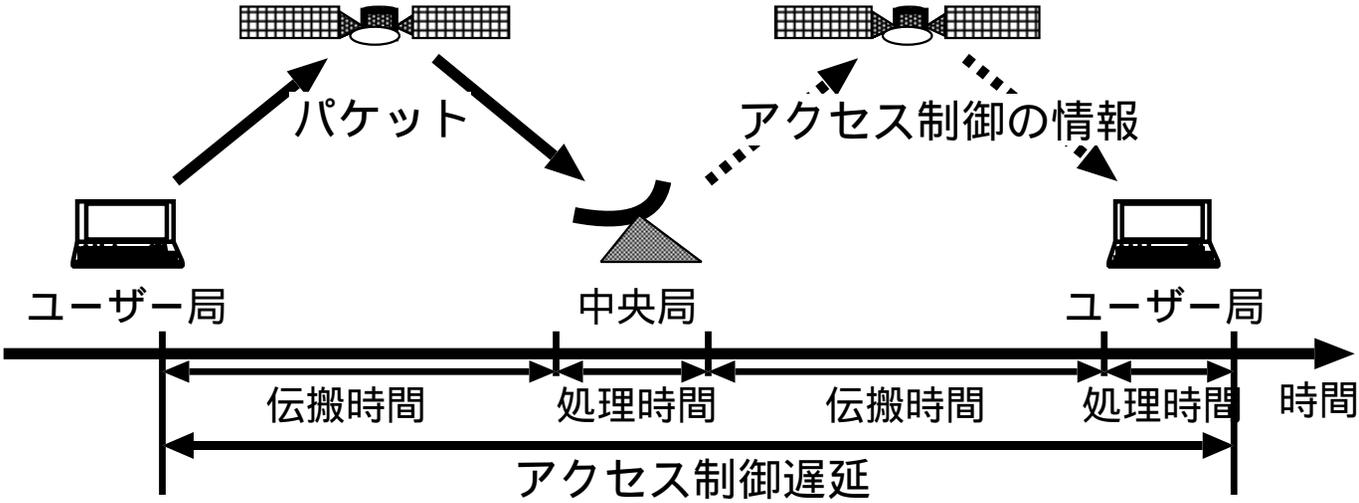


遅延特性



アクセス制御遅延

パケットの伝搬や処理に要する時間遅延



アクセス制御の情報がアクセス制御遅延だけ古くなる



特性の劣化が生じる

特に衛星通信を用いるときに影響が大きい
低軌道衛星 (1,000km):0.013 [s] 静止衛星 (36,000km):0.5[s]

アクセス制御遅延の影響

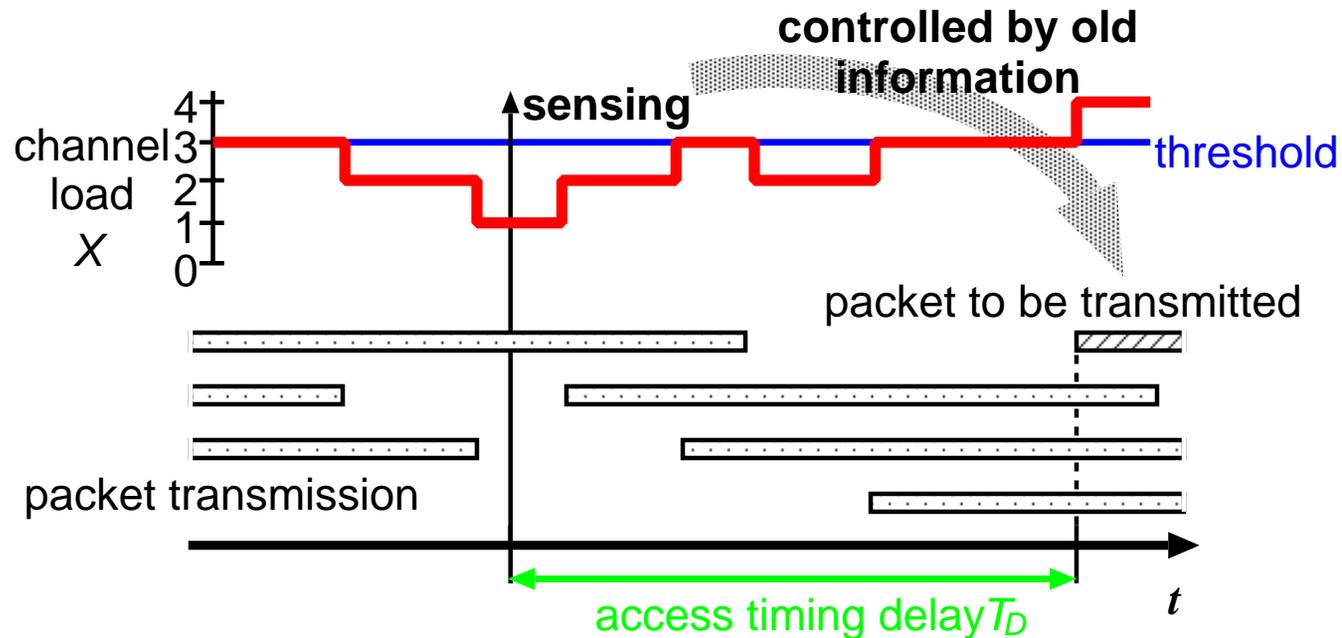
アクセス制御遅延の分だけ
アクセス制御に関する情報が古くなる

CLSPでは

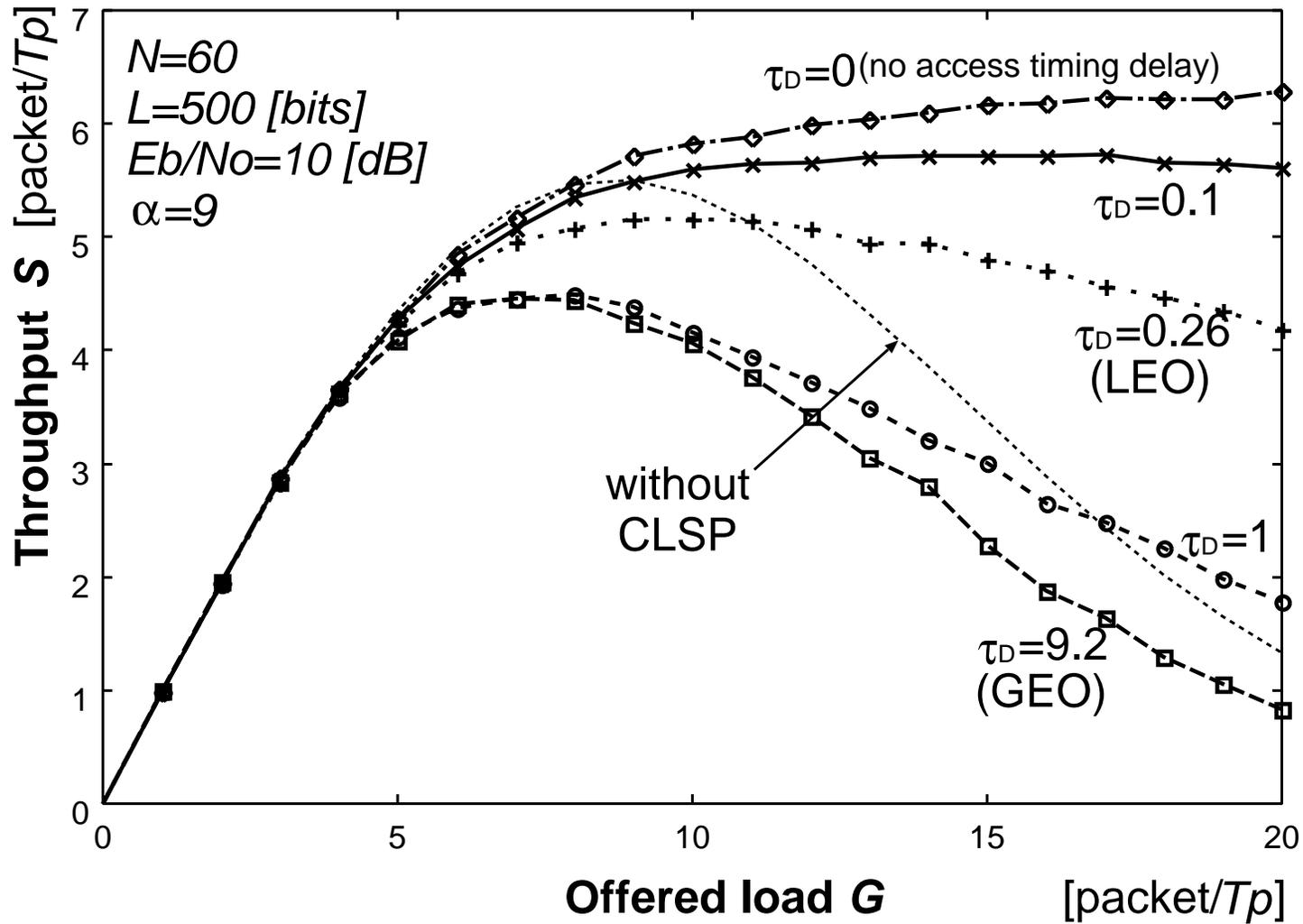
時々刻々と変化する値(同時送信局数)に基づいて制御



特性に大きく影響



CLSPを用いた場合におけるアクセス制御遅延の影響



アクセス制御遅延の影響を和らげるには

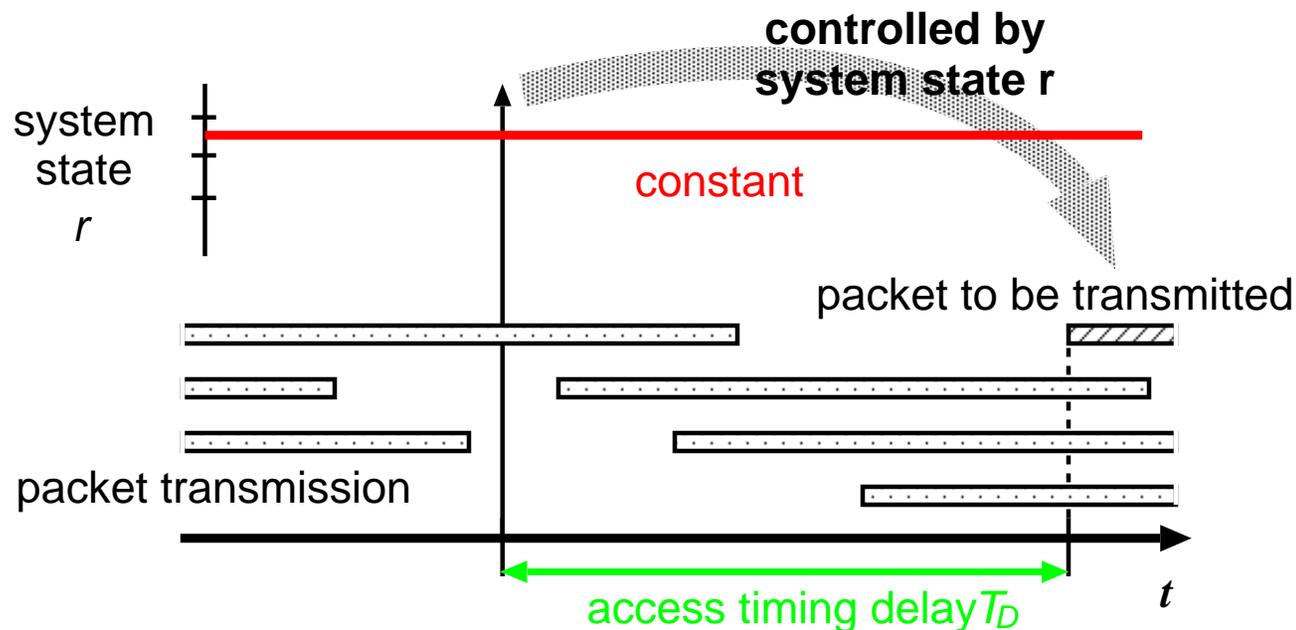
短時間において変動しない情報に基づいて制御

ORCでは

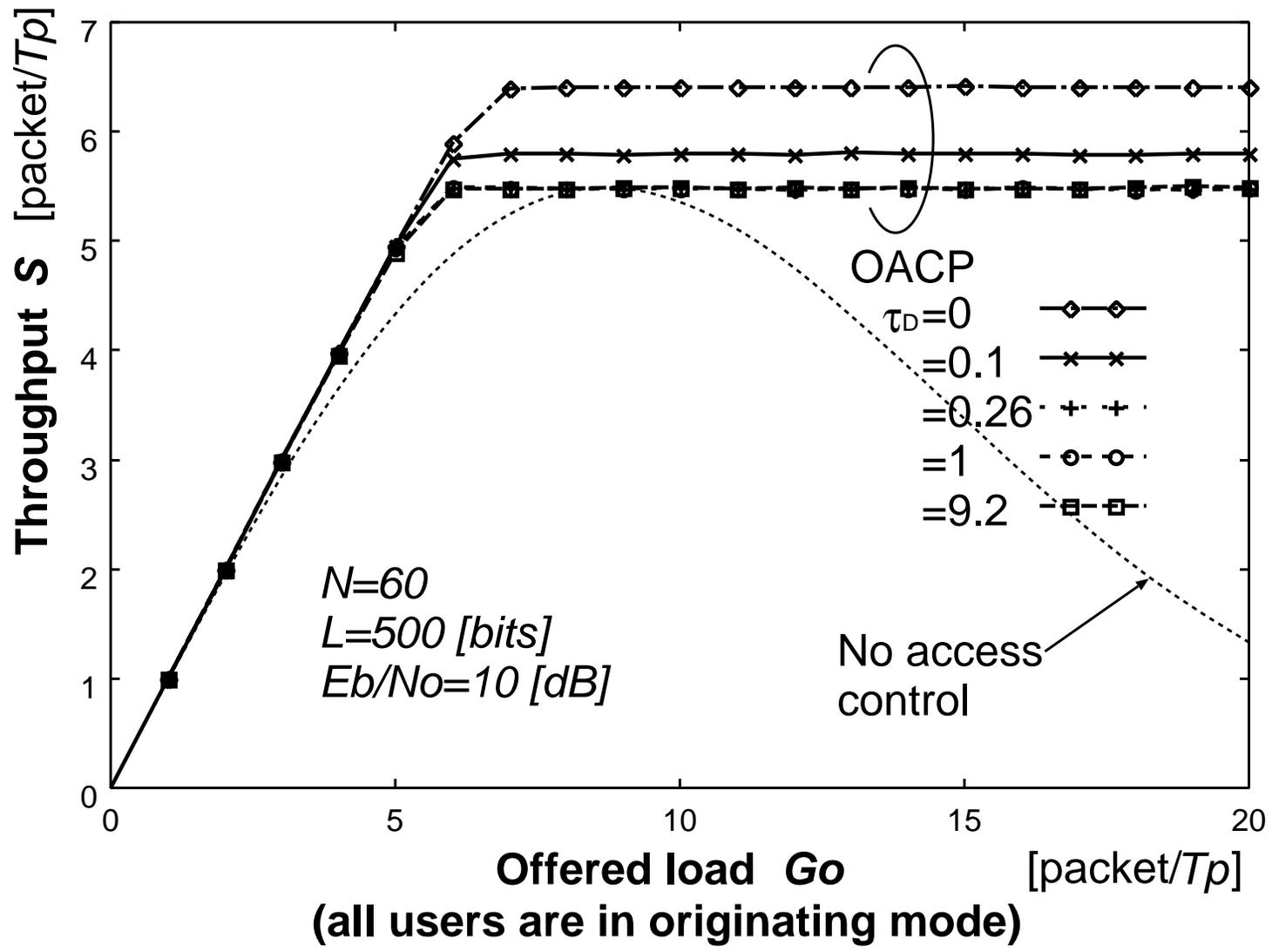
状態 r に基づいて制御

状態 r : 再送モードのユーザ数 / 全ユーザ数

状態 r は短時間ではあまり変動しない



OACPを用いた場合におけるアクセス制御遅延の影響



—パケットの再送に着目したアクセス制御—

まとめ

パケットの再送を制御する**ORC**を提案

パケットの送信と再送の両方を制御する**OACP**を提案



ORCを用いることで、望ましくない安定状態に陥るのを防ぐことができる。

OACPを用いることで、スループット特性, 遅延特性を向上させることができる。

OACPはアクセス制御遅延が存在しない場合において、スループット特性を最適にすることができる。

アクセス制御遅延が存在しても、**OACP**は非常に有効なアクセス制御方式である。

目次

1. 本研究の背景と目的
2. CDMA ALOHA方式のスループット特性
3. パケットの再送に着目したアクセス制御
4. バッファリング機能を利用したアクセス制御
5. 本研究のまとめ

CDMA ALOHA方式

パケットの伝送に失敗

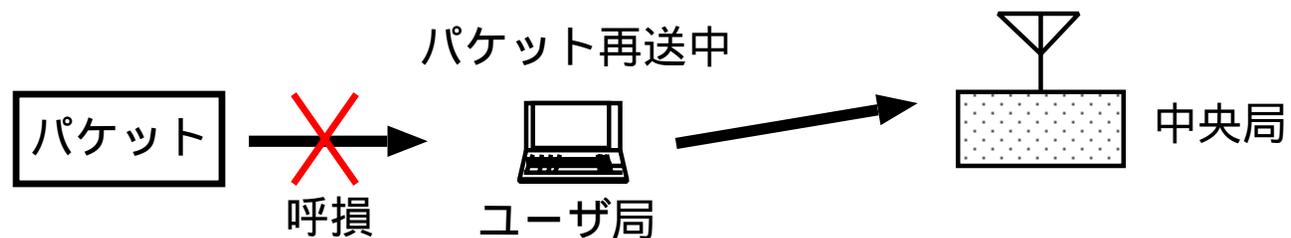


パケットの再送が必要

パケット再送を行っている間に発生したパケット



呼損として扱う



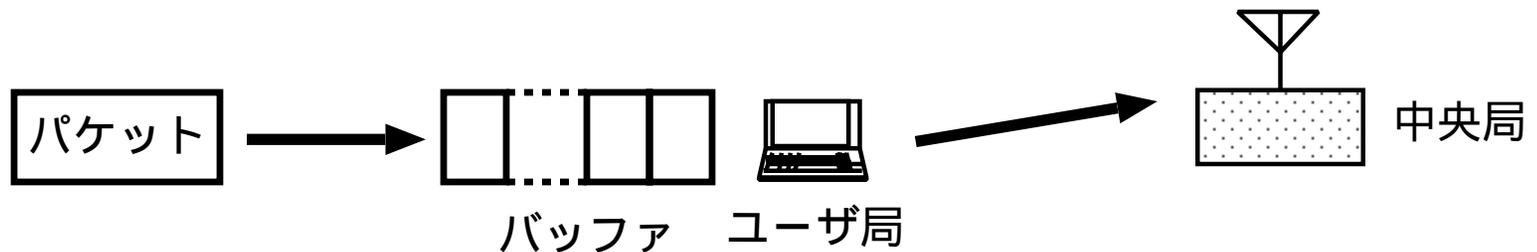
呼損を減らす



バッファリング機能

バッファリング機能とは

各ユーザにバッファを設け、発生したパケットをいったん
バッファに蓄えてから、パケットを送信



待時式CDMA ALOHA方式の提案

国際会議 (H10-10), 論文誌(H10-10)

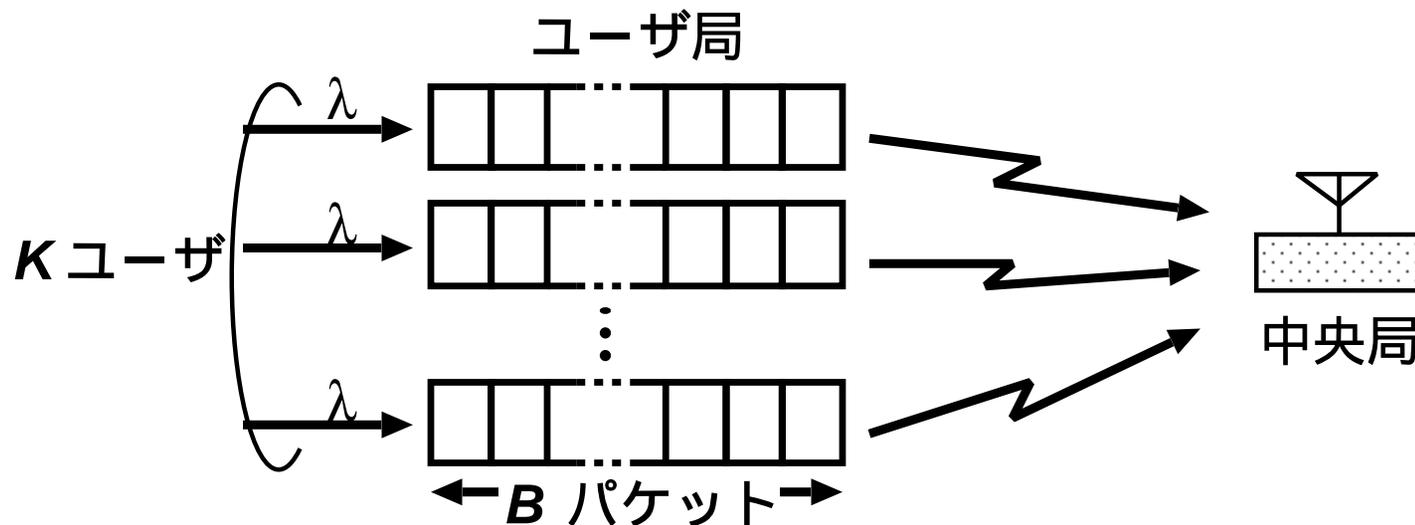
各ユーザはパケットを蓄えることのできるバッファを持つ



新規パケットの呼損を減らすことができる



ユーザ局による自律的なアクセス制御ができる可能性を有する



各ユーザにおけるパケットの送信方法

バッファが空のとき

遅延時間を減らすため
新規パケットを直ちに送信

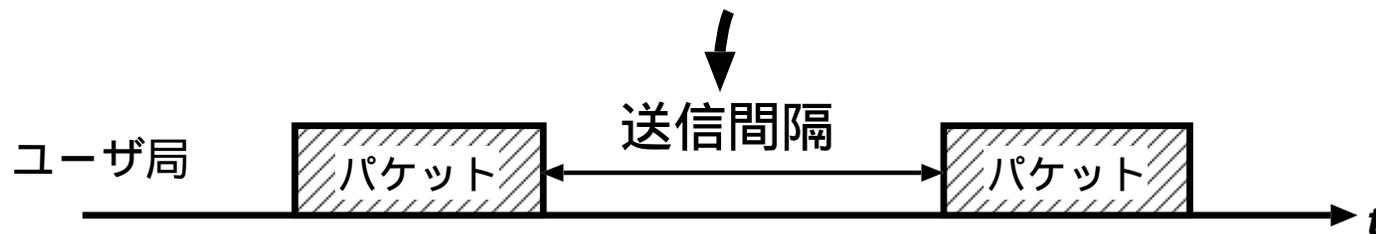
バッファが空でないとき

送信レート p でパケットを送出

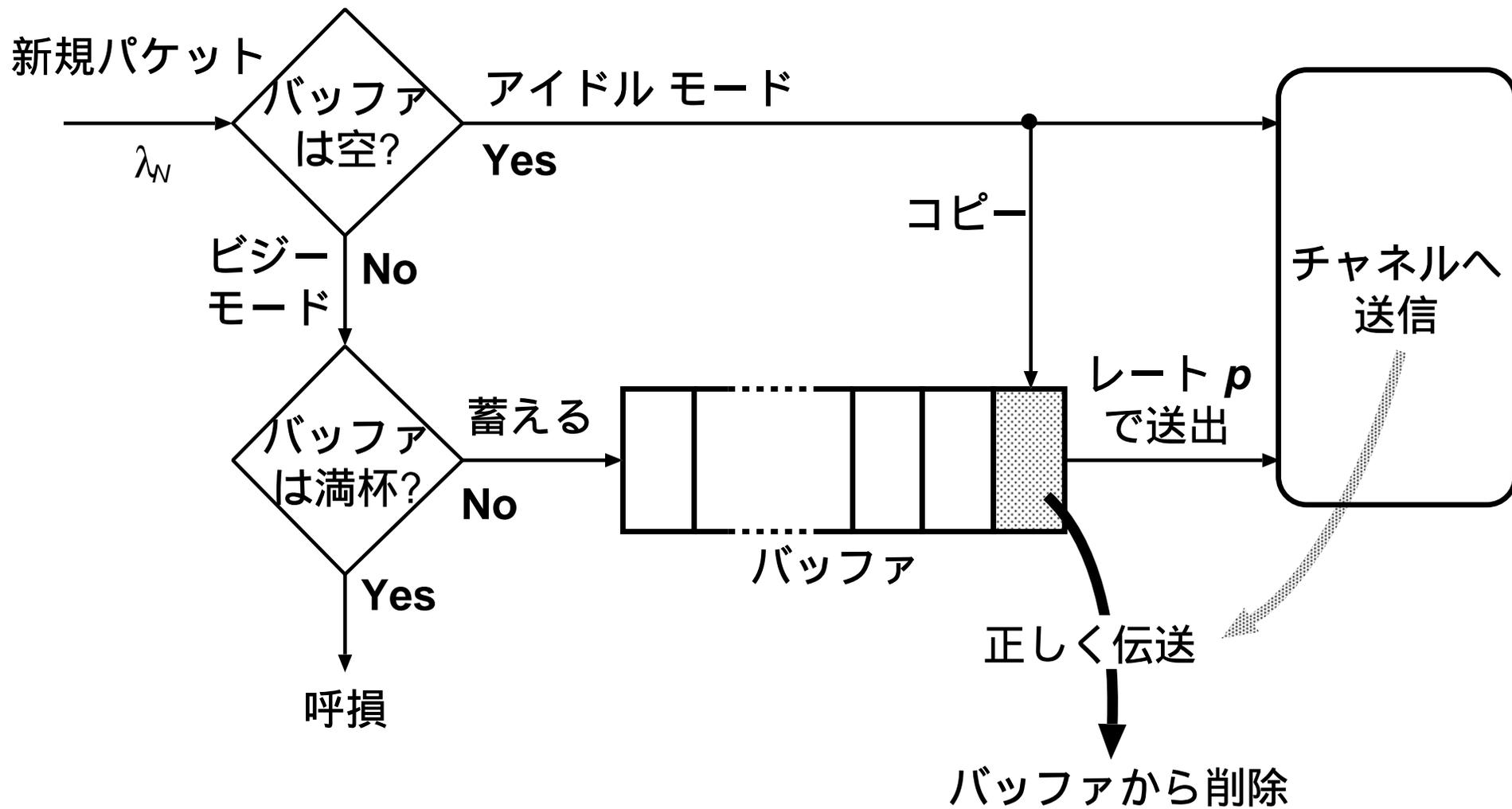
$$p = G_{max}/K$$

G_{max} : スループットを最大にするオフロードロード
 K : ユーザ数

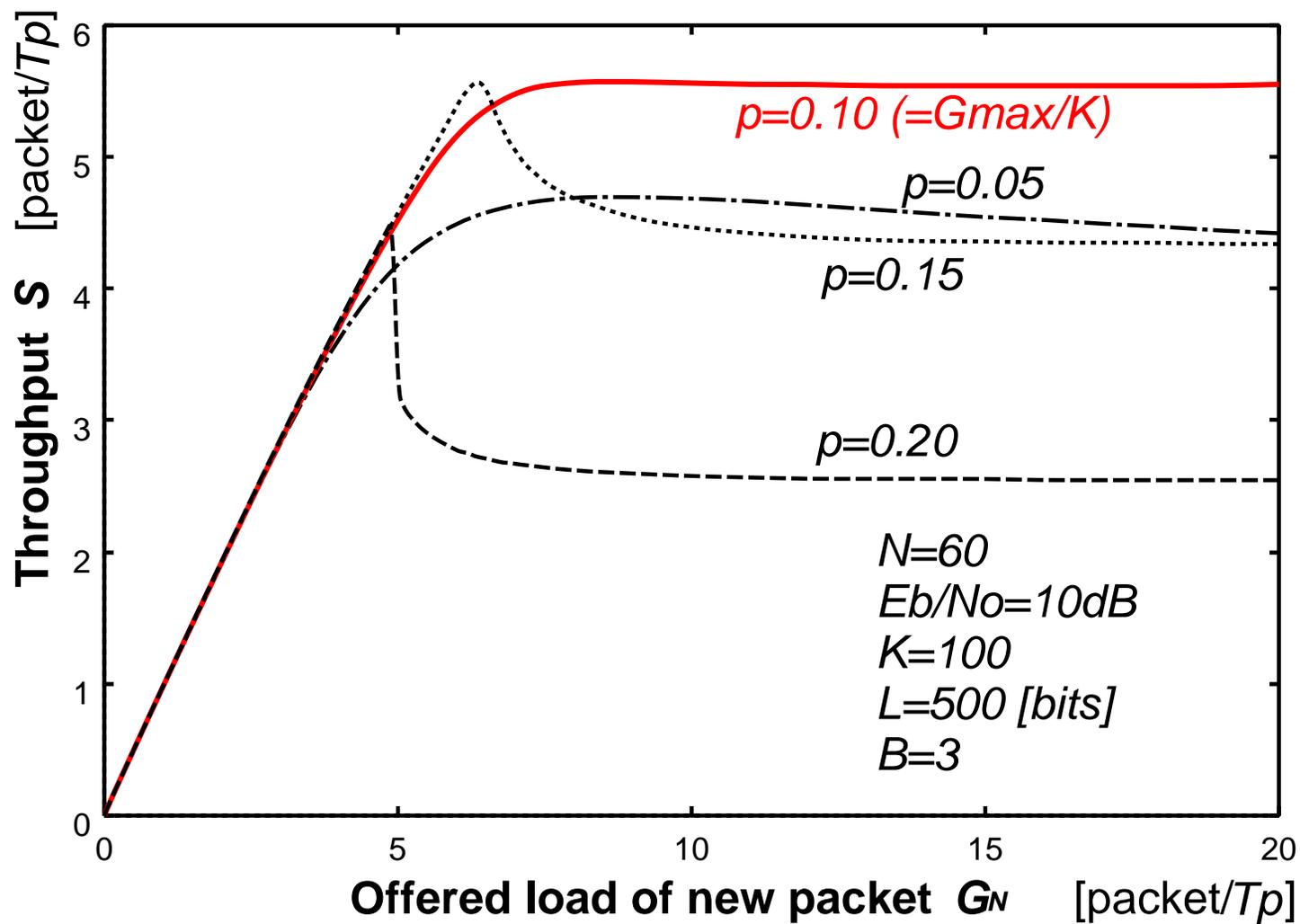
平均 $1/p$ の指数分布に従う



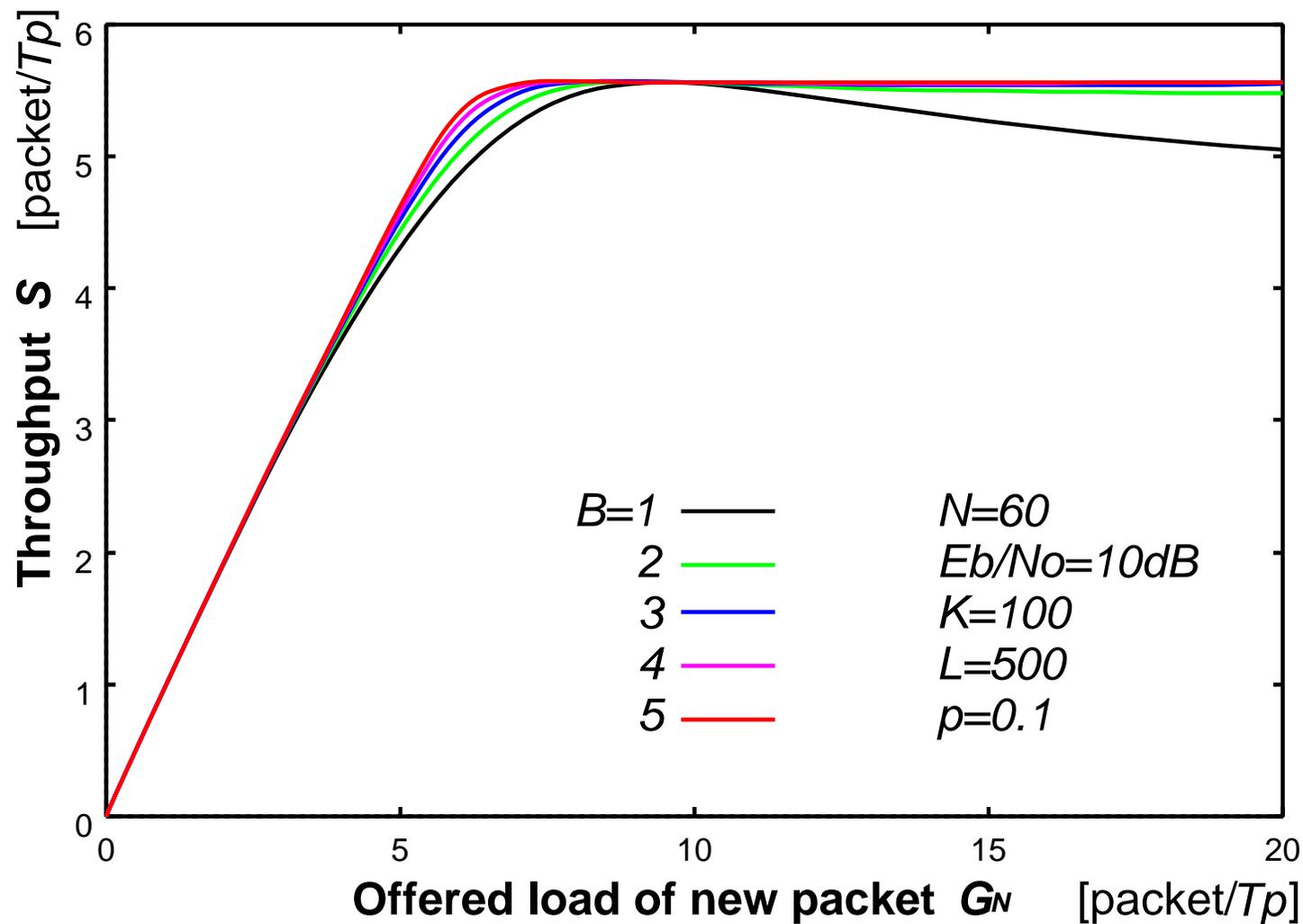
ユーザ局におけるパケットの流れ図



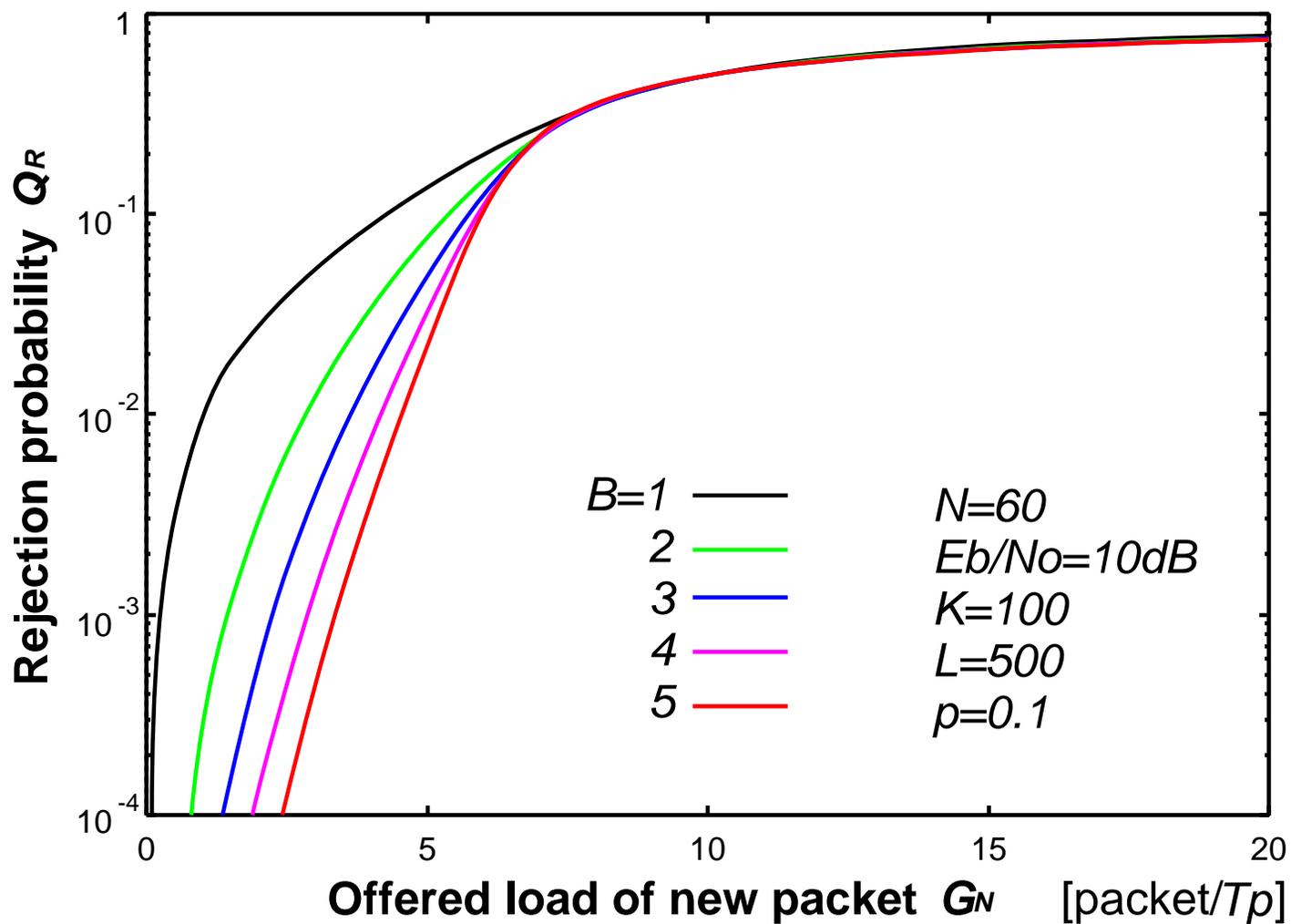
送信レートを変化させたときのスループット特性



バッファに蓄えられるパケット数を変えたときのスループット特性



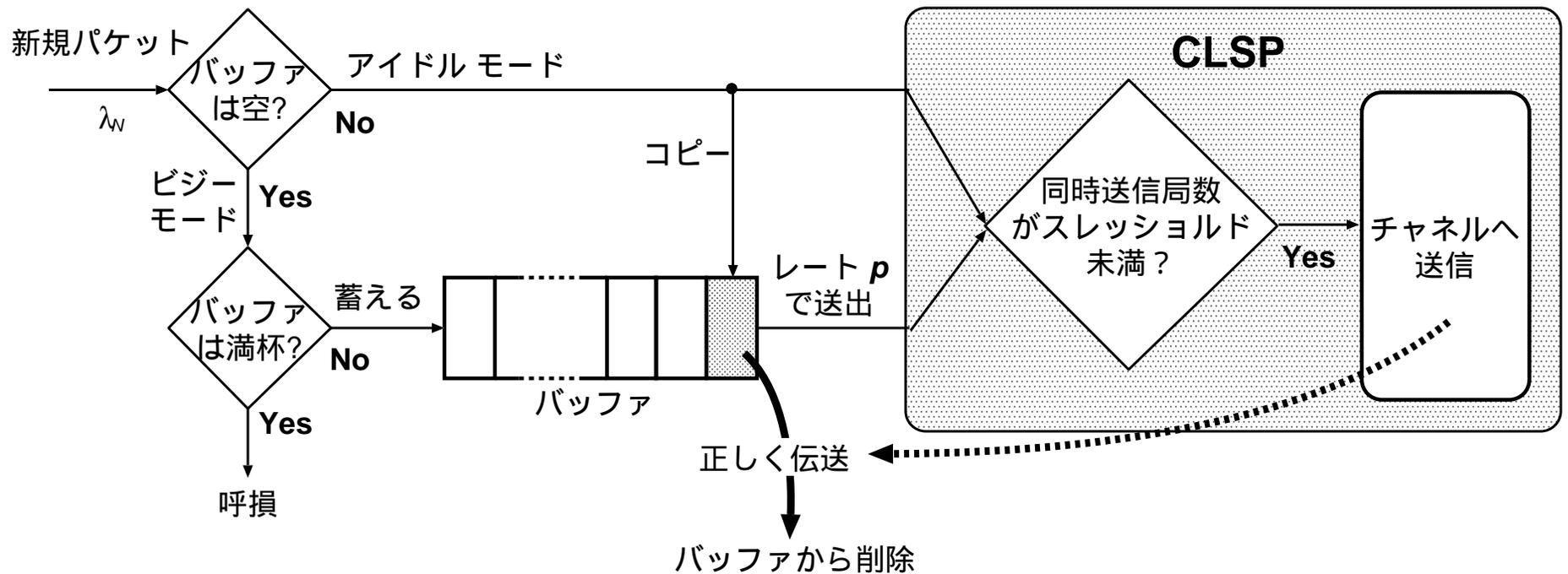
バッファに蓄えられるパケット数を変えたときの呼損率特性



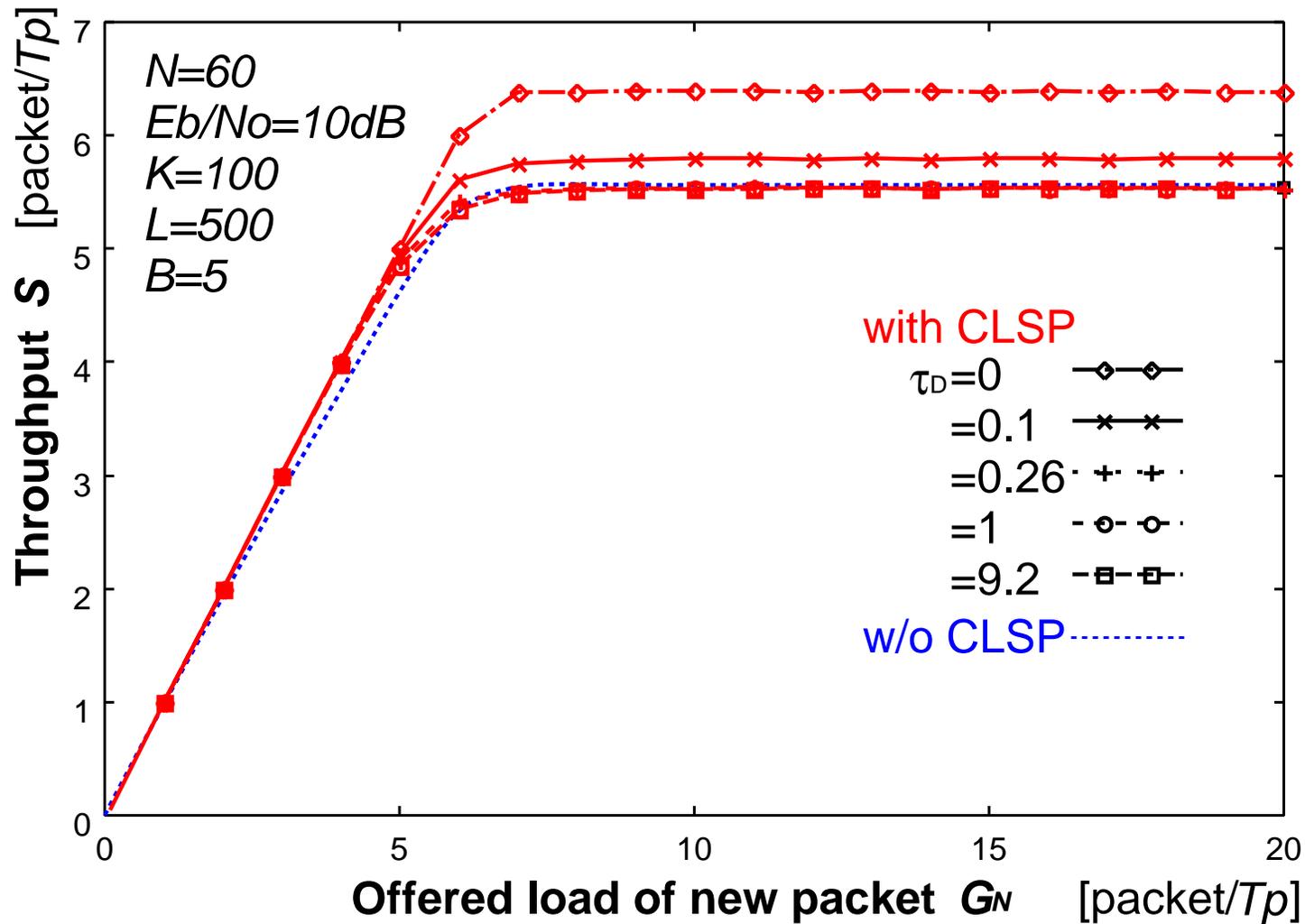
CLSPを適用した待時式CDMA ALOHA方式

チャンネルにパケットを送出する前に送信制御

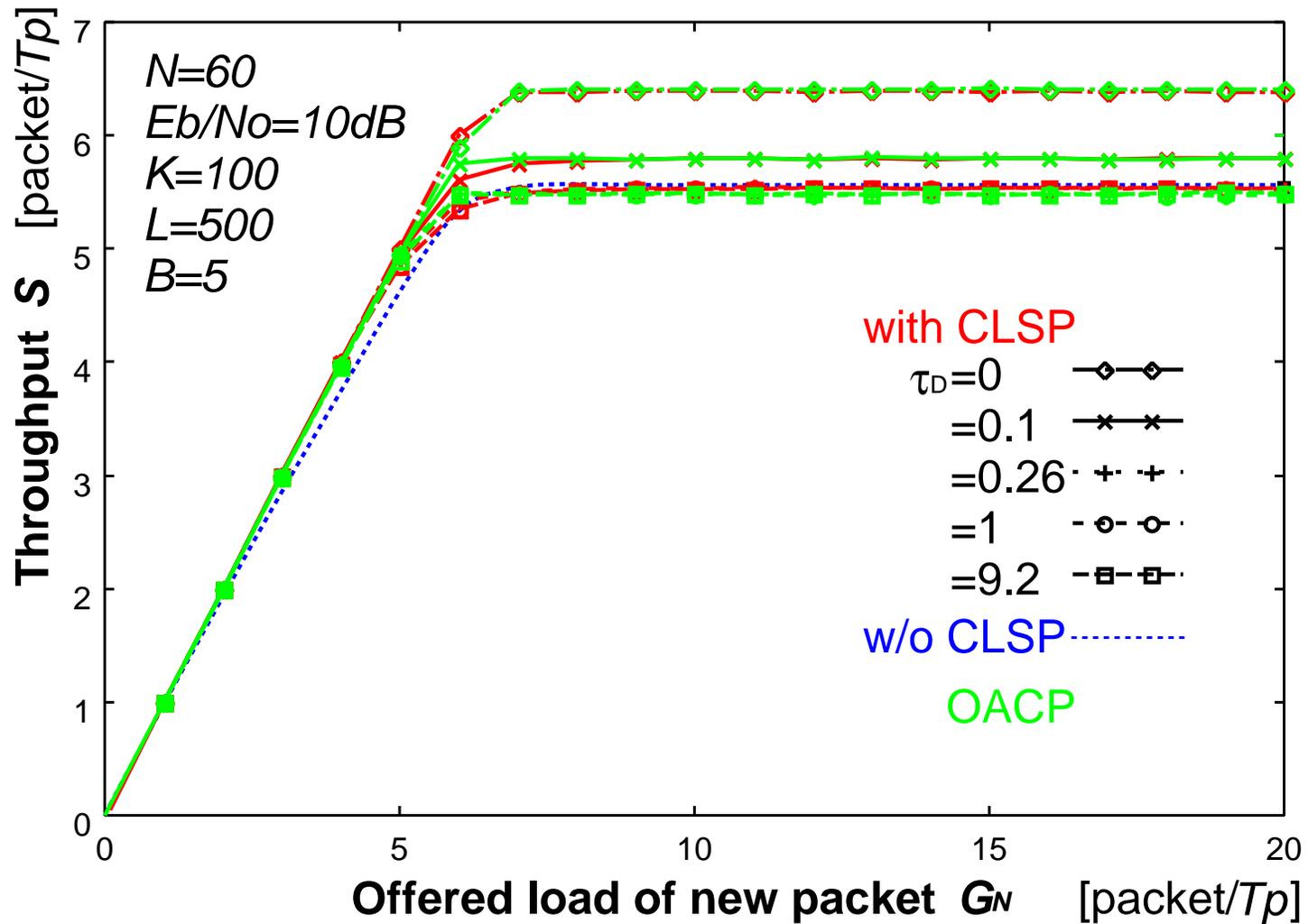
同時送信局数がスレッシュホールド未満ならパケットを送出



CLSPを適用した待時式CDMA ALOHA方式のスループット特性

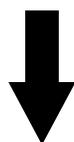


CLSPを適用した待時式CDMA ALOHA方式のスループット特性



バッファリング機能を利用したアクセス制御
まとめ

待時式CDMA ALOHA方式を提案
特性評価を行った



バッファ数を増やすことにより、呼損率を下げ、
スループット特性を向上できることがわかった。

CLSPを用いた待時式CDMA ALOHA方式を提案



OACPを用いたCDMA ALOHA方式と同等の
スループット特性を得ることができた

目次

1. 本研究の背景と目的
2. CDMA ALOHA方式のスループット特性
3. パケットの再送に着目したアクセス制御
4. バッファリング機能を利用したアクセス制御
5. 本研究のまとめ

本研究のまとめ

次世代移動体通信

CDMA ALOHA方式が重要な役割を果たす

- **CDMA ALOHA方式の特性解析, 特性評価**
- **特性向上を目的とし, これを実現するアクセス制御方式の検討**
 - パケットの送信と再送を同時に制御する**OACP**の提案
 - バッファを設けることで呼損を減らし, 特性向上を図る待時式**CDMA ALOHA方式**の提案

**CDMA ALOHA方式の単純さを保ちつつ,
高能率化を図ることができるアクセス制御方式**

今後の展開

データのみならず, 音声や画像
などの複数メディアを扱う
マルチメディア通信の要望

移動体通信においては通信路の
状態は時々刻々と変動する

発生するトラヒックや通信路の状態に対応して
適応的にアクセス制御することが必要