

## Analisa *Capture Effect* Dalam Sistem *Throughput Adaptive Slotted ALOHA CDMA* Pada Kanal *Multipath Fading*

Hoga Saragih, Gunawan Wibisono dan Eko Tjipto Rahardjo  
Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia,  
Kampus Baru UI Depok, 16424, Jakarta Indonesia  
E-mail : hoga@plasa.com, gunawan@eng.ui.ac.id dan eko@eng.ui.ac.id

### Abstrak

Paper ini akan dianalisa kinerja *adaptive slotted ALOHA direct sequence code division multiple access (DS-CDMA)* pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect*. Untuk mencapai tujuan tersebut maka digunakanlah algoritma yang mengatur tentang perubahan tingkat kecepatan transmisi yang akan digunakan user berdasarkan kondisi trafik yang terjadi. Teknik *adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* adalah suatu teknik akses yang dapat melakukan penyesuaian tingkat kecepatan transmisi berdasarkan kondisi trafik yang ada. Penggunaan protokol akses kanal *slotted ALOHA DS-CDMA* merupakan perpaduan antara metode akses *slotted ALOHA* dan *DS-CDMA* dalam sistem komunikasi wireless. Metode ini memungkinkan user-user untuk melakukan akses secara simultan dan penggunaan spektrum yang efisien merupakan keuntungan dari *slotted ALOHA DS-CDMA*. Unjuk kerja *S-ALOHA DS-CDMA* menurun pada kondisi kanal berfading. Untuk mengatasi menurunnya *throughput* oleh karena menurunnya jumlah bit yang terdapat pada paket yang dikirimkan, maka *capture effect* digunakan untuk mengatasi masalah ini. Sehingga efektif *throughput* bergantung pada *capture probability* dan probabilitas paket sukses yang dikirim. Dari hasil yang diperoleh bahwa *throughput adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* akan meningkat dengan menurunnya nilai *capture ratio*, panjang bit paket yang dikirim dan jumlah path yang berbeda.

**Kata Kunci:** *Multiple-access protocols, CDMA, ALOHA, mobile communications dan multipath fading*

### Abstract

This paper will analyze the performance of *adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* over *multipath fading* with *capture effect* to increase *throughput* transmit data when traffic condition in saturation. To divine intervention we use algorithm to control level change transmission rate use user based on traffic condition. *Adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* technique is technique access can do adaptation level transmission rate based traffic condition. Using protocol access channel *adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* combine between *slotted ALOHA* and *DS-CDMA* in wireless communication system. This method may users to do access simultaneously and using efficient spectrum is providential from *adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* Performance of *S-ALOHA DS-CDMA* decrease on channel fading. To handle *throughput* decrease because amount bit on transmit packet, so *capture effect* can use to handle this problem. So effective *throughput* depend *capture probability* and probability packet success. From that result *throughput adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* with *capture effect* on *multipath fading* channel increase with decrease *capture ratio*, length bit packet and different number of path.

**Keywords:** *Multiple-access protocols, CDMA, ALOHA, mobile communications and multipath fading*

### 1. Pendahuluan

*Slotted ALOHA (S-ALOHA) code division multiple access (CDMA)* adalah protokol komunikasi data yang merupakan gabungan *S-ALOHA* dan *CDMA*. [1]-[3].

Akibat variasi daya sinyal yang berbeda antara satu user dengan user lain yang disebabkan oleh pergerakan *mobile station (MS)*, efek *fading*, serta variasi jarak antara penerima dengan pengirim, maka *throughput S-ALOHA CDMA* akan mengalami

penurunan [4]-[8]. Untuk meningkatkan *throughput* S-ALOHA CDMA, diusulkan pemakaian *capture effect* [9]-[11]. *Capture effect* memungkinkan suatu paket dapat diterima dengan baik pada saat terdapat paket-paket lain pada *slot* yang sama, sehingga *throughput* sistem meningkat.

Selain itu, pada S-ALOHA CDMA, bertambahnya jumlah *user* mengakibatkan *data rate* naik sehingga *throughput* turun. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya jumlah *user* mengakibatkan persaingan antar *user* dalam mengirimkan paket semakin besar. Untuk mengatasi masalah pada S-ALOHA CDMA, diusulkan *adaptive S-ALOHA CDMA* dengan tujuan untuk meningkatkan *throughput* ketika *transmission rate* bertambah [4],[5]. Algoritma pada *adaptive S-ALOHA CDMA* memperlihatkan *optimum behavior* dan *low-complexity cost* yang dihasilkan dengan menggunakan model Markov chain [4].

*Adaptive S-ALOHA CDMA* digunakan dengan cara memilih kecepatan transmisi yang paling sesuai ( $4v$  b/s,  $2v$  b/s,  $v$  b/s) dengan keadaan trafik yang ada, sehingga jumlah paket yang diterima selama periode pengiriman pun akan meningkat [4]-[7].

*Adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* adalah teknik yang mengizinkan *user* untuk mengirim data dengan menggunakan tingkat kecepatan transmisi yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi keadaan trafik yang ada ketika trafik kanal dalam keadaan saturasi. Dengan cara ini, *throughput* akan meningkat dan waktu tunda pengiriman akan berkurang [4]-[7]. Penelitian *adaptive S-ALOHA CDMA* dengan menggunakan modulasi *binary phase shift keying* (BPSK) pada kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dengan *capture effect* menghasilkan peningkatan *throughput adaptive S-ALOHA CDMA* [8]-[11]. Sementara untuk komunikasi *wireless*, kinerja sistem akan menurun akibat adanya *multipath fading* [12].

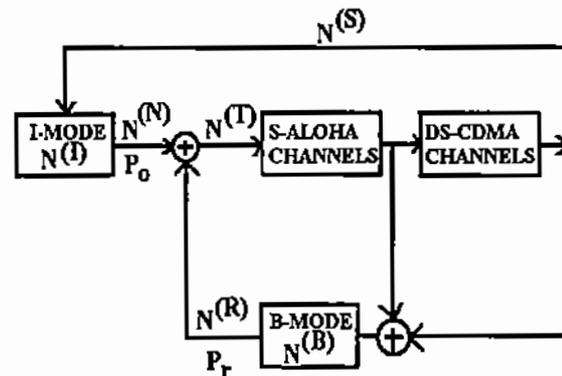
Untuk mengatasi menurunnya efektif *throughput* karena menurunnya jumlah bit yang terdapat pada paket yang dikirimkan,

maka *capture effect* digunakan untuk mengatasi masalah ini karena dalam teknik *slotted ALOHA* penerima pada BS dapat *capture* sebuah paket secara sukses ketika banyak paket dikirimkan secara bersama-sama dalam satu slot. Sehingga efektif *throughput* bergantung pada *capture probability* dan probabilitas paket sukses yang dikirimkan.

Kinerja S-ALOHA DS-CDMA menurun pada kondisi kanal berfading. Untuk mengatasi menurunnya efektif *throughput* karena menurunnya jumlah bit yang terdapat pada paket yang dikirimkan, maka *capture effect* digunakan untuk mengatasi masalah ini karena dalam teknik *slotted ALOHA* penerima pada BS dapat *capture* sebuah paket secara sukses ketika banyak paket dikirimkan secara bersama-sama dalam satu slot. Sehingga efektif *throughput* bergantung pada *capture probability* dan probabilitas paket sukses yang dikirimkan. Oleh karena itu, sangat menarik untuk menganalisa *throughput adaptive S-ALOHA CDMA* pada kanal *multipath fading* dengan menggunakan model kanal Rician *fading*

Bagian II *paper* ini akan membahas sistem model S-ALOHA DS-CDMA. Bagian III membahas kinerja *adaptive S-ALOHA CDMA* pada kanal *multipath fading* dengan *capture effect* yang diusulkan. Bagian IV memaparkan hasil, analisa dan pembahasan *throughput* yang diperoleh. Akhirnya pada Bagian V berisi kesimpulan.

## 2. Sistem model S-ALOHA DS-CDMA



Gambar 1.  
Sistem Model S-ALOHA DS-CDMA [4].  
 $N^{(I)}$  Jumlah User Pada Idle Mode

- $N^{(B)}$  Jumlah *user* pada *backlogged mode*
- $N^{(T)}$  Jumlah *user* pada saat transmisi
- $N^{(R)}$  Jumlah *user* pada saat retransmisi
- $N^{(N)}$  Jumlah *user* sebelum ditransmisikan
- $N^{(S)}$  Jumlah paket yang sukses diterima secara benar
- $P_0$  Probabilitas *user* pada *idle mode* yang mengirimkan paket
- $P_r$  Probabilitas *user* pada *backlogged mode* yang mengirimkan paket

Gambar 1 menunjukkan sistem model S-ALOHA DS-CDMA [4], dimana *user* menggunakan dua model operasi yang berbeda yaitu "idle mode" (*I mode*) dan "backlogged mode" (*B mode*). Dalam *I mode*, tidak ada paket yang diretransmisikan, dan paket baru dibangkitkan dengan probabilitas  $P_0$ . Pada *B mode* digunakan untuk mentransmisikan paket baru yang gagal. Dalam *mode* ini, retransmisi dari *backlogged packet* terjadi didalam *slot* yang diberikan dengan probabilitas  $P_r$ . Ketika dalam *backlogged mode user* tidak membangkitkan paket baru apapun.

Pada Gambar 1 terdapat hubungan antara jumlah *user* pada setiap keadaan yang dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut :

$$N = N_k^{(I)} + N_k^{(B)} \quad (1)$$

$$N_k^{(T)} = N_k^{(N)} + N_k^{(R)} \quad (2)$$

$$N_{k+1}^{(B)} - N_k^{(B)} = N_k^{(N)} - N_k^{(S)} \quad (3)$$

Jika dilihat dari Gambar 1 tersebut maka terlihat bahwa *state* sistem bergantung pada *state* sebelumnya. *State* sistem didefinisikan sebagai jumlah dari *user* pada kondisi *backlogged* yang dimulai pada waktu slot  $k$ , oleh karena itu untuk jumlah *user* yang terbatas, digunakan metode perhitungan dengan menggunakan *markov chain*, dimana metode ini dapat menggambarkan evolusi suatu sistem yang bergantung pada keadaan sebelumnya.

Untuk menghitung peralihan dari suatu *state* ke *state* yang lainnya ditentukan dengan perbedaan antara jumlah gagalnya pengiriman paket yang baru dengan suksesnya pengiriman ulang paket, sedangkan suksesnya pengiriman paket yang

baru dan gagalnya pengiriman ulang paket tidak berpengaruh terhadap *state* sistem.

Oleh karena *state spaceny* yang terbatas maka kondisi *equilibrium* atau *stationer* terdapat pada setiap *state*, dimana pada kondisi *equilibrium* didefinisikan sebagai kondisi pada saat tidak terdapat *user* di *backlogged mode*.  $N_k^{(B)}, k = 0, 1, \dots$  menyatakan jumlah *backlogged user* pada permulaan  $k$ -th *slot*.  $\{N_k^{(B)}\}$  adalah *finite state discrete-time Markov Chain* melalui *state space*  $N_k^{(B)} \in \{0, 1, \dots, N\}$ , yang mana unjuk kerjanya telah dipelajari sebelumnya dalam [13] dan [14].

Karakteristik keadaan dari setiap *state* dapat dilihat dengan matriks transisi dari suatu *state* ke *state* lainnya, dan matriksnya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P = [P_{ij}]_{(N+1) \times (N+1)} \quad (4)$$

dimana  $N$  adalah jumlah *user* yang teregistrasi sebanyak  $N$ , dengan  $P$  adalah probabilitas matrix transisi, dimana  $P_{ij}$  adalah probabilitas transisi dari *state*  $i$  ke *state*  $j$  yang diberikan oleh [3]

$$P_{ij} = P \{ N_{k+1}^{(B)} = j | N_k^{(B)} = i \} \quad (5)$$

untuk mengevaluasi  $P_{ij}$  dilakukan dengan cara menghitung persamaan (3) dengan memisalkan

$$\left. \begin{aligned} N_k^{(S)} &= h \\ N_k^{(B)} &= i \\ N_{k+1}^{(B)} &= j \end{aligned} \right\} N_k^{(N)} = j - i + h \quad (6)$$

$h$  adalah *users* paket sukses,  $i$  adalah *users* dalam *B mode* pada awal *time slot* ( $k$ ),  $j$  adalah *users* dalam *B mode* pada awal *time slot* ( $k+1$ ), dengan melihat hasil ini, maka dapat ditemukan bahwa pada teori *Markov Chain* terdapat suatu hubungan yang diberikan oleh

$$\sum_{n=0}^N \sum_{h=0}^{\min(k,n)} P_r(N_k^{(S)} = h, N_k^{(T)} = n | N_k^{(B)} = i) = 1 \quad (7)$$

maka persamaan (5) dan (7) dapat diberikan oleh

$$P_{ij} = \sum_{n=0}^N \sum_{h=0}^{\min(k,n)} P_r(N_{k+1}^{(B)} = j, N_k^{(S)} = h, N_k^{(T)} = n | N_k^{(B)} = i) \quad (8)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (6) yaitu

$$N_{k+1}^{(B)} = j \Leftrightarrow N_k^{(N)} = j - i + h$$

ke dalam persamaan (8), sehingga bentuk persamaan (8) diberikan oleh

$$P_{ij} = \sum_{n=0}^N \sum_{h=0}^{\min(k,n)} P_r(N_k^{(S)} = j - i + h, N_k^{(S)} = h, N_k^{(T)} = n | N_k^{(B)} = i) \quad (9)$$

kemudian dengan menggunakan ketiga persamaan diatas (7), (8), (9) nilai  $P_{ij}$  dapat diekspansikan yang diberikan oleh

$$P_{ij} = \sum_{n=0}^N \sum_{h=0}^{\min(k,n)} P_r(N_k^{(S)} = h | N_k^{(T)} = n, N_k^{(N)} = j - i + h | N_k^{(B)} = i) \times P_r(N_k^{(T)} = n | N_k^{(N)} = j - i + h, N_k^{(B)} = i) \times P_r(N_k^{(N)} = j - i + h | N_k^{(B)} = i) \quad (10)$$

kemudian dengan mensubstitusikan persamaan (1), (2), (3), dan (6) ke dalam persamaan (10), sehingga bentuk persamaan (10) diberikan oleh

$$P_{ij} = \sum_{n=0}^N \sum_{h=0}^{\min(k,n)} P_r(N_k^{(R)} = n - j + i - h | N_k^{(B)} = i)$$

$$\times P_r(N_k^{(N)} = j - i + h | N_k^{(I)} = N - i)$$

$$\times P_r(N_k^{(S)} = h | N_k^{(T)} = n) \quad (11)$$

karena

$$P_r(N_k^{(R)} = n - j + i - h | N_k^{(B)} = i) = \binom{i}{n - j + i - h} P_r^{n - j + i - h} (1 - P_r)^{j - n + h} \quad (12)$$

dan

$$P_r(N_k^{(N)} = j - i + h | N_k^{(I)} = N - i) = \binom{N - i}{j - i + h} P_0^{j - i + h} (1 - P_0)^{N - j - h} \quad (13)$$

maka persamaan (11) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_{ij} = \sum_{n=0}^N \sum_{h=0}^{\min(k,n)} \binom{N - i}{j - i + h} P_0^{j - i + h} (1 - P_0)^{N - j - h} \times \binom{i}{N - h + i + j} P_r^{n - h + i - j} (1 - P_r)^{j + h - n} \times P_r \{ N_k^{(S)} = h | N_k^{(T)} = n \} \quad (14)$$

dari persamaan (14) dapat dihitung probabilitas transisi dari state  $i$  ke state  $j$  pada saat kondisi *equilibrium distributions* yaitu dengan cara mengalikan bagian  $P \{ N^{(T)} = n \}$  dari persamaan (14) dengan  $\pi_i$

yaitu batas waktu pada saat *user* berada pada kondisi *Idle* sehingga persamaan (14) diberikan oleh [4] :

$$P \{ N^{(T)} = n \} = \sum_{i=0}^N P \{ N^{(T)} = n | N^{(B)} = i \} \times \pi_i \quad (15)$$

sedangkan persamaan

$$P \{ N^{(T)} = n | N^{(B)} = i \} = \sum_{m=\max(0, n-1)}^{\min(n, N-1)} \binom{i}{n-m} \times P_r^{n-m} (1 - P_r)^{i-n+m} \times \binom{N-i}{m} P_0^m (1 - P_0)^{N-i-m} \quad (16)$$

sehingga persamaan probabilitas pada keadaan *equilibrium distributions* diberikan oleh :

$$P \{ N^{(T)} = n \} = \sum_{i=0}^N \left[ \sum_{m=\max(0, n-1)}^{\min(n, N-1)} \binom{i}{n-m} \times P_r^{n-m} (1 - P_r)^{i-n+m} \times \binom{N-i}{m} P_0^m (1 - P_0)^{N-i-m} \right] \pi_i \quad (17)$$

Dari persamaan probabilitas transisi dari state  $i$  ke state  $j$  pada persamaan (14) dapat dicari nilai *throughput* sistem dan nilai probabilitas keadaan sukses terhadap pengiriman dimana kedua nilai tersebut dapat dijadikan acuan untuk menilai kinerja sistem. Rumusan diatas akan lebih berguna dievaluasi unjuk kerjanya secara analisa. *Throughput* diberikan oleh [4] :

$$S = \sum_{n=0}^N \left[ \sum_{j=0}^n h \times P \{ N^{(S)} = h | N^{(T)} = n \} \times P \{ N^{(T)} = n \} \right] \times C_n \quad (18)$$

dimana  $C_n$  adalah *capture probability* dari *capture effect*, jika semua *users* menggunakan *transmission rate* dan modulasi yang sama, maka diberikan oleh [4]

$$P \{ N^{(S)} = h | N^{(T)} = n \} = \binom{n}{h} [P_c(n)]^h [1 - P_c(n)]^{n-h} \quad (19)$$

$P_c(n)$  adalah probabilitas paket sukses yang diberikan oleh

$$P_c(n) = [1 - P_b(n)]^B \quad (20)$$

$B$  adalah panjang paket,  $P_b(n)$  adalah nilai probabilitas *bit error* yang diberikan oleh

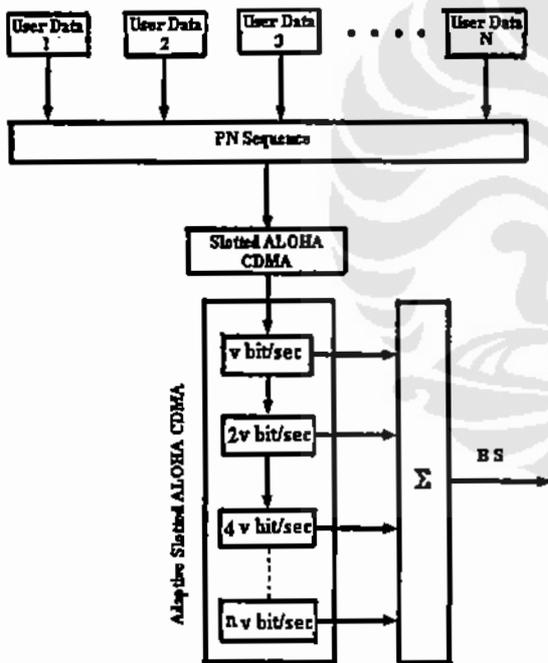
$$P_b(n) = Q\left(\sqrt{2\left(\frac{E_b}{N_0}\right)}\right) \quad (21)$$

$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)$  adalah *signal to noise ratio* yang diberikan oleh

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right) = \frac{1}{\frac{2(n-1)}{3G_p} + \frac{2(N-n)v'}{3G_p v}} \quad (22)$$

dimana  $G_p$  adalah *processing gain*,  $v$  adalah *transmission rate user aktif* dan  $v'$  adalah *transmission rate user yang tidak aktif*.

### 3. Kinerja Adaptive S-ALOHA DS-CDMA pada Kanal Multipath Fading dengan Capture Effect



Gambar 2. Sistem Model Adaptive Slotted ALOHA DS-CDMA

Gambar 2 memperlihatkan sistem model *adaptive Slotted ALOHA DS-CDMA*. Pada sistem ini, sejumlah paket data dikirim secara acak dan disebar (spreading) dengan menggunakan PN code yang berbeda-beda seperti pada metode DS-CDMA. Penggunaan PN code yang berbeda-beda untuk mencegah terjadinya tabrakan pada masing-masing data

paket yang terkirim. *Transmission rate* yang digunakan berbeda-beda, dan analisa dilakukan mulai dari *rate* yang terkecil, yaitu  $v$  bit/slot,  $2v$  bit/slot, dan  $4v$  bit/slot. Karena menggunakan *transmission rate* yang rendah, maka banyaknya *user data* yang dikirim juga terbatas. Sehingga *user data* yang belum terkirim akan berpindah menuju *transmission rate* yang lebih tinggi yaitu  $2v$  bit/slot, begitu seterusnya sampai semua data habis terkirim.

Algoritma *adaptive transmission rate* dapat meningkatkan *throughput* sistem dengan cara memilih kecepatan transmisi ( $4v$  b/s,  $2v$  b/s,  $v$  b/s) yang sesuai dengan keadaan trafik yang ada. Untuk menghitung *throughput* sistem, digunakan algoritma *adaptive transmission rate* dengan Markov chain model. Jumlah total *user* yang mengirim paket dinyatakan sebagai [4],[5],[7]:

$$n_v + n_{2v} + n_{4v} = n \quad (23)$$

dengan  $n_v$  adalah banyaknya *user* yang menggunakan kecepatan transmisi  $v$  b/s,  $n_{2v}$  adalah banyaknya *user* yang menggunakan kecepatan transmisi  $2v$  b/s,  $n_{4v}$  adalah banyaknya *user* yang menggunakan kecepatan transmisi  $4v$  b/s.

Kombinasi yang terbaik untuk *transmission rate* dapat dihasilkan [4]

$$\max_{(n_v, n_{2v}, n_{4v})} S(n_v, n_{2v}, n_{4v}) \quad \text{dimana} \\ (n_v + n_{2v} + n_{4v}) = n \quad (24)$$

untuk kombinasi *throughput* dari *transmission rate* diberikan oleh

$$S(n_v, n_{2v}, n_{4v}) = n_v \times [P_{c,(v)}(n_v, n_{2v}, n_{4v}) \times B] \\ + n_{2v} \times [P_{c,(2v)}(n_v, n_{2v}, n_{4v}) \times 2B] \\ + n_{4v} \times [P_{c,(4v)}(n_v, n_{2v}, n_{4v}) \times 4B] \quad (25)$$

dimana  $P_{c,(av)}(n_v, n_{2v}, n_{4v})$  menunjukkan probabilitas paket yang benar, kombinasi  $(n_v, n_{2v}, n_{4v})$  tergantung pada hubungan *transmission rate* hal ini terjadi karena interferensi yang disebabkan oleh perbedaan jumlah *user* yang tidak sama. Nilai  $\alpha$  adalah nilai faktor ( $\alpha > 1$ ) yang digunakan untuk menghitung perubahan kecepatan

transmisi dan perubahan nilai *processing gain* sebagai akibat berubahnya nilai kecepatan transmisi, hal ini sesuai dengan persamaan  $G_p = \frac{W}{v}$ , dimana  $W$  adalah *bandwidth* [Hz],  $v$  adalah kecepatan transmisi [bit/sec],  $G_p$  adalah nilai *processing gain* [dB].

Dengan adanya pembagian jumlah *user* yang menggunakan kecepatan transmisi yang berbeda, nilai BER dari sistem juga berubah. Hal ini dikarenakan tingkat interferensi yang terjadi pada sistem juga berubah. Nilai BER sistem dengan kecepatan transmisi  $v$  b/s dan modulasi BPSK dinyatakan oleh [4]:

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_v = \frac{1}{\frac{2(n_v-1)}{3G_p} + 2\frac{2n_{2v}}{3G_p} + 4\frac{2n_{4v}}{3G_p} + \frac{2(N-n)v}{3G_p v}} \quad (26)$$

Probabilitas bit error  $P_b(v)$  CDMA pada kanal *multipath fading* diberikan oleh :

$$P_{b(v)} = (n_v, n_{2v}, n_{4v}) = Q(\sqrt{2(SNR)_v}) \quad (27)$$

dengan  $(SNR)_v$  dinyatakan sebagai [12]:

$$(SNR)_v = \frac{P_{sig}}{P_{noise} + \sigma_{int2}^2 + \sigma_{int3}^2} \quad (28)$$

dimana  $P_{sig} = \beta^2$  dan  $\sigma_{int2}^2$  adalah daya komponen *scattered*, yang diberikan oleh :

$$\sigma_{int2}^2 = \frac{(n-1)PT_b^2}{6G_p} (c^2 + 2\sigma_1^2) \quad (29)$$

dan  $\sigma_{int3}^2$  diberikan oleh :

$$\sigma_{int3}^2 = \frac{n(L_p-1)PT_b^2}{3G_p} (\sigma_1^2) \quad (30)$$

dengan daya *noise* diberikan oleh :

$$P_{noise} = \frac{1}{2\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_v} \quad (31)$$

dimana  $L_p$  adalah jumlah *path* yang berbeda,  $c$  adalah konstanta yang menghadirkan komponen *nonfaded*. Dengan memasukkan persamaan (29), (30) dan (31) kedalam persamaan (28), maka SNR dinyatakan sebagai :

$$(SNR)_v = \frac{\beta^2}{\frac{1}{2\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_v} + \frac{(n-1)}{3G_p}(c^2 + 2\sigma_1^2) + \frac{n(L_p-1)}{3G_p}(2\sigma_1^2)} \quad (32)$$

dimana  $\beta$  adalah *path gain*. Kekuatan dari fading ditentukan oleh perbandingan daya dari komponen *direct-to-scattered* (dikenal sebagai faktor  $k_f$ ) dan didefinisikan sebagai

$k_f = c^2 / 2\sigma^2$ . Jika  $c = 0$  ( $k_f = 0$ ), maka  $\beta$  menjadi distribusi Rayleigh.

Untuk menghitung probabilitas keadaan sukses terhadap pengiriman pada saat semua *user* menggunakan kecepatan transmisi dan teknik modulasi yang sama, dalam hal ini teknik modulasi yang digunakan adalah teknik *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) dapat dihitung dengan terlebih dahulu ditentukan persamaan probabilitas paket yang sukses dikirim, probabilitas paket sukses dari sistem *adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* diberikan oleh :

$$P_{c(v)}(n_v, n_{2v}, n_{4v}) = [1 - P_{b(v)}(n_v, n_{2v}, n_{4v})]^B \quad (33)$$

dengan  $B$  adalah panjang paket,  $P_{c(v)}$  adalah nilai probabilitas paket sukses yang dikirim, sedangkan  $P_{b(v)}$  adalah nilai probabilitas *bit error* yang tergantung pada jenis kanal fading dan teknik modulasinya, karena dalam sistem ini teknik modulasi yang digunakan adalah teknik modulasi BPSK dan kanal *fading* sistem diasumsikan adalah kanal *multipath fading*, serta sistem mempunyai *ideal instantaneous power control*, maka nilai  $P_{b(v)}$  pada sistem adalah pada persamaan (27). Sehingga dari persamaan yang telah diperoleh diatas, nilai *throughput* sistem dan nilai probabilitas keadaan sukses terhadap pengiriman, dengan asumsi-asumsi yang telah disebutkan diatas maka nilai probabilitas keadaan sukses terhadap pengiriman didefinisikan sebagai probabilitas yang didapat dari  $h$  paket sukses diluar dari  $n$  paket yang ditransmisikan diberikan oleh

$$P \{N^{(s)} = h | N^{(t)} = n\}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=\max(0, h-n_{2v}, -n_{4v})}^{\min(n_v, h)} \sum_{j=\max(0, h-i-n_{4v})}^{\min(n_{2v}, h-i)} \\
 &\times \binom{n_v}{i} [P_{c(v)}]^i [1 - [P_{c(v)}]]^{n_v-i} \\
 &\times \binom{n_{2v}}{j} [P_{c(2v)}]^j [1 - [P_{c(2v)}]]^{n_{2v}-j} \\
 &\times \binom{n_{4v}}{h-i-j} [P_{c(4v)}]^{h-i-j} [1 - [P_{c(4v)}]]^{n_{2v}-h+i+j}
 \end{aligned} \tag{34}$$

dilihat dari persamaan (23) semua *user* bekerja pada *transmission rate* yang sama. Hal tersebut diasumsikan bahwa kombinasi optimal  $(n_v, n_{2v}, n_{4v})$  dapat digunakan untuk  $n$  apapun, dan dalam kenyatannya digunakan oleh semua *user*  $n$  yang selalu *disetting*  $(n_v, n_{2v}, n_{4v})$ , dan

$$P\{N^{(s)} = h \mid N^{(r)} = n\}$$

mengevaluasi semua kasus menyesuaikan untuk kemungkinan  $h$  yang benar dalam menerima paket ketika  $n_v$  *users* ditransmisikan pada *rate* rendah,  $n_{2v}$  ditransmisikan pada *rate* medium, dan  $n_{4v}$  ditransmisikan pada *rate* tinggi, kemudian modifikasi *throughput* diekspresikan sebagai

$$\begin{aligned}
 S &= \sum_{n=0}^N \left\{ \sum_{h=0}^n \sum_{i=\max(0, h-n_{2v}, -n_{4v})}^{\min(n_v, h)} \sum_{j=\max(0, h-i-n_{4v})}^{\min(n_{2v}, h-i)} \right. \\
 &\times [Bi + 2Bj + 4B(h-i-j)] \\
 &\times \binom{n_v}{i} [P_{c(v)}]^i [1 - [P_{c(v)}]]^{n_v-i} \\
 &\times \binom{n_{2v}}{j} [P_{c(2v)}]^j [1 - [P_{c(2v)}]]^{n_{2v}-j} \\
 &\times \binom{n_{4v}}{h-i-j} [P_{c(4v)}]^{h-i-j} [1 - [P_{c(4v)}]]^{n_{2v}-h+i+j} \\
 &\times P\{N^{(r)} = n\} \times C_n \text{ Bits/slot}
 \end{aligned} \tag{35}$$

Dalam teknik DS-CDMA, jika paket-paket yang menggunakan kode penyebaran yang sama tiba pada penerima dengan perbedaan waktu tertentu, paket-paket tersebut menjadi *pseudo-ortogonal*. Hal ini memungkinkan paket yang tiba lebih dulu dapat diterima dengan sukses dan paket yang

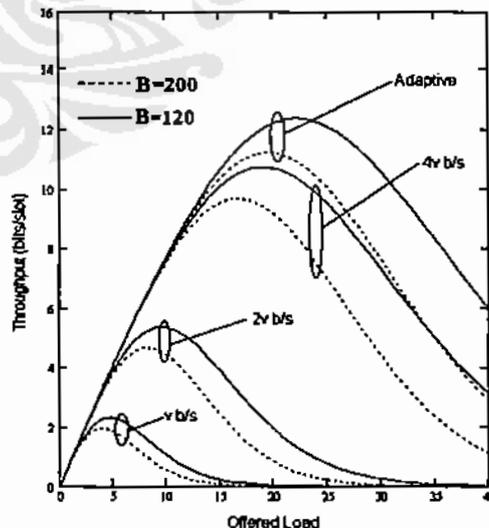
lainnya akan diperlakukan sebagai *noise* dengan nilai probabilitas tertentu. Secara umum terdapat suatu periode kritis pada awal sebuah paket yang disebut waktu *capture* yang besarnya beberapa waktu *chip*. Seperti yang diketahui dalam *slotted ALOHA DS-CDMA* bahwa paket *capture* tidak menjamin bahwa paket yang dikirimkan akan sukses diterima oleh penerima atau BS.

Dalam teknik tersebut keputusan terakhir apakah suatu paket yang dikirimkan dapat diterima dengan baik atau tidak dapat diterima, jika banyaknya paket yang ditransmisikan  $n$ , maka probabilitas paket sukses diberikan oleh  $P_s(1|n) = C_n$ , dimana nilai

$$C_n = \begin{cases} 0 & \Rightarrow n = 0 \\ 1 & \Rightarrow n = 1 \\ (1-Q)^n & \Rightarrow n \geq 2 \end{cases} \tag{36}$$

$Q$  adalah *ratio delay capture* yang merupakan perbandingan antara waktu *capture* dengan maksimum perbedaan waktu kedatangan paket dan  $n$  adalah *simultaneous user*

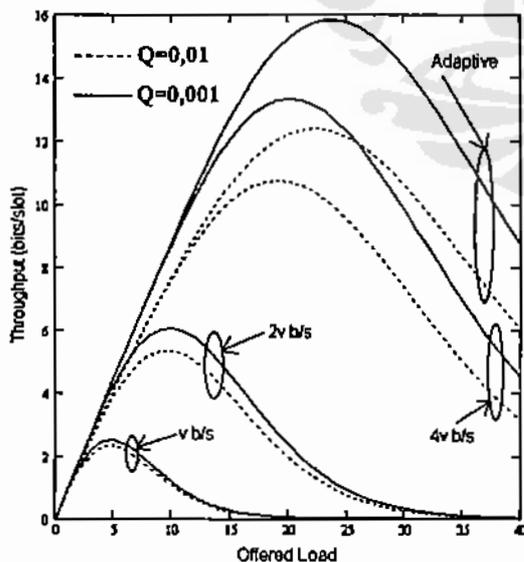
#### 4. Hasil Dan Analisa



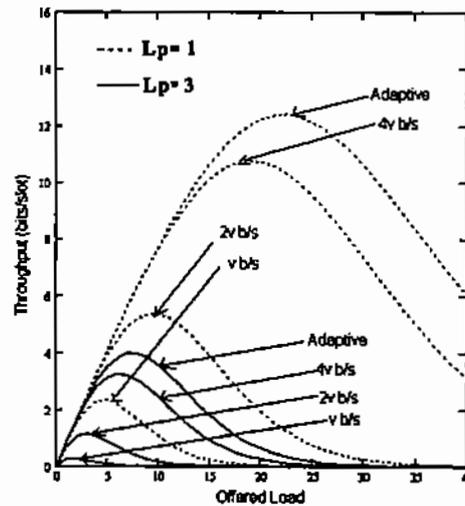
Gambar 3. Throughput S-ALOHA DS-CDMA (Dalam *Transmission Rate*  $v$  b/s,  $2v$  b/s,  $4v$  b/s) Dengan *Capture Effect* dan Adaptive S-ALOHA DS-CDMA Dengan *Capture Effect*  $Q=0.01$ ,  $L_p = 1$  dan B Berbeda.

Gambar 3 menunjukkan *throughput* S-ALOHA DS-CDMA dengan *capture effect* dan adaptive S-ALOHA DS-CDMA dengan *capture effect* pada  $Q = 0.01$ ,  $L_p = 1$ , dan  $B$  berbeda, Dari Gambar 3 terlihat bahwa dengan menggunakan kecepatan transmisi yang dinamis dengan *capture effect*, *throughput* sistem lebih besar dibandingkan menggunakan kecepatan transmisi yang sama. Ini karena, sistem dapat menyesuaikan besarnya nilai kecepatan transmisi dengan keadaan trafik. Selain itu, Gambar 3 juga memperlihatkan bahwa bertambahnya panjang bit ( $B$ ) mengakibatkan *throughput* sistem akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin banyak bit yang ditransmisikan maka beban sistem akan semakin bertambah.

Pada Gambar 3 menunjukkan pada kecepatan  $v$  terjadi *offered load* dengan *throughput* terendah, kemudian pindah dengan mengirim data dengan kecepatan  $2v$  terjadi *offered load* lagi dengan *throughput* sedang, kemudian pindah kecepatan  $4v$  terjadi *offered load* yang tinggi dan seterusnya dengan kecepatan *adaptive* sehingga *offered load* tertinggi.



**Gambar 4.**  
Throughput S-ALOHA DS-CDMA  
(Dalam Transmission Rate  $v$  b/s,  $2v$  b/s,  $4v$  b/s)  
Dengan Capture Effect dan Adaptive S-ALOHA  
DS-CDMA Dengan Capture Effect Pada  $B = 120$ ,  
 $L_p = 1$  dan Capture Ratio ( $Q$ ) Berbeda



**Gambar 5.**  
Throughput S-ALOHA DS-CDMA Dengan  
Capture Effect dan Adaptive S-ALOHA DS  
CDMA Dengan Capture Effect Pada  $Q=0.01$ ,  $B = 120$ , dan Dalam Rician Fading Kanal Dengan  
Different Number of Path ( $L_p$ ) Berbeda

Gambar 4 menunjukkan *throughput* S-ALOHA DS-CDMA dengan *capture effect* dan adaptive S-ALOHA DS-CDMA dengan *capture effect* pada  $B = 120$ ,  $L_p = 1$  dan  $Q$  berbeda. Dari Gambar 4 terlihat bahwa dengan bertambahnya *capture ratio* maka *throughput* semakin kecil, karena bertambahnya *capture ratio* diakibatkan berkurangnya nilai probabilitas paket sukses, dengan berkurangnya nilai probabilitas paket sukses maka *throughput* semakin kecil.

Gambar 5 menunjukkan *throughput* S-ALOHA DS-CDMA dengan *capture effect*  $Q=0.01$  dan adaptive S-ALOHA DS CDMA dengan *capture effect* pada  $Q=0.01$ ,  $B = 120$  dan dalam kanal Rician fading dengan different number of path ( $L_p$ ) berbeda dengan kanal Rician fading dengan path berbeda (kanal frequency selective). Seperti terlihat dari Gambar 5, semakin besar  $L_p$  menyebabkan *throughput* menurun, hal tersebut karena interferensi akan bertambah jika jumlah  $L_p$  meningkat.

### 5. Kesimpulan

1. Analisa *throughput adaptive slotted ALOHA DS-CDMA* dalam kanal

multipath fading dengan capture effect telah dilakukan dan dibandingkan terhadap slotted ALOHA DS-CDMA dalam kanal multipath fading dengan capture effect.

2. Throughput S-ALOHA DS-CDMA (dalam transmission rate  $v$  b/s,  $2v$  b/s,  $4v$  b/s) dengan capture effect dan adaptive S-ALOHA DS-CDMA dengan capture effect akan meningkat jika menurunnya length of bit ( $L$ ), nilai different number of path ( $L_p$ ), capture ratio ( $Q$ ).
3. Throughput S-ALOHA DS-CDMA dan adaptive S-ALOHA DS-CDMA meningkat dengan menggunakan capture effect.

#### Daftar Acuan

- [1]. D. Raychaudhuri, "Performance analysis of random access packet switched code division multiple access," *IEEE Trans comun.*, Vol.COM-2, 1981, no.6 pp.895-901
- [2]. R. K. Morrow and J. S. Lehnert, "Packet Throughput in Slotted ALOHA DS/SSMA Radio System with Random Signature Sequences," *IEEE. Trans. Commun*, Vol 40, July 1992, pp 1223-1230
- [3]. Z. Liu and M.EL Zarki, "Performance analysis of DS-CDMA with Slotted Aloha Random Access for Packet PCN's," *Wireless Network*, Vol.1, Feb 1995, no.1 pp.1-16,
- [4]. Sallent, Oriol & Agusti, Ramon, " A-Proposal for An Adaptive S-Aloha system for a Mobile Environment," *IEEE, Trans on Vehicular Technology*, Vol 47, august 1998, no.3,pp 977-985
- [5]. Sallent, Oriol & Agusti, Ramon, " Adaptive S-ALOHA CDMA as Alternative Way of Integrating Services in Mobile Environment," *IEEE. Trans. On Veh Technol.* Vol 49, No 3, May 3, 2000.
- [6]. \_\_\_\_\_, "Adaptive Scheme For Packet Data in a DS-CDMA Environment," in *Proc, IEEE 47<sup>th</sup> Veh. Technol. Con., VTC'97*, 1997, pp. 1019-1023,
- [7]. Sallent, Oriol & Agusti, Ramon, " A Mobile Controlled Algorithm for Improving The Throughput in A S-Aloha DS-CDMA system," *PIMRC*, Taiwan, oct 15, 1996.
- [8]. Daniel Kahuripan, Gunawan Wibisono "Analisa Throughput Adaptive S-ALOHA dengan Capture Effect", *Proc. The 6 th Seminar on Intellegent Technology and Its Applications (SITIA 2005)*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2 Mei 2005.
- [9]. K. Cheun and S. Kim, " Joint delay-power capture in spread-spectrum packet radio networks," *IEEE Trans, Commun.*, Vol.46, No. 4, April 1998, pp 450-453
- [10]. Jaime Sancez dan David R. Smith, "Capture Effect in Rician Fading Channel with Application to Slotted ALOHA", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 50, No.12, December 2002, pp.1889-1991.
- [11]. M. S. Do, Y. J. Park, J. Y. Lee, " The Effect of Spreading Gain control on a CDMA Slotted ALOHA System," *IEEE Trans, Computer Commun*, Vol, 26, July 20, 2002, pp 996-1006.
- [12]. C. Trabelsi and A.Yongacoglu, "Bit error rate Performance for asynchronous DS-CDMA over multipath fading channels," *IEE Proc. Comm.*, Vol.142, No5, Oktober 1995, pp 307-314.
- [13]. R. Rom and M. Sidi, *Multiple Access Protocols, Performance and Analysis*. Berlin: Springer-Verlag, 1990.
- [14]. L. Kleinrock and S. S. Lam, "Packet switching in a multi-access broadcast channel: Performance evaluation," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-23, no. 4, 1975, pp. 410-422.