

สมรรถนะของระบบเซลลูลาร์ CDMA บน ช่องสัญญาณการจางหายหลายเส้นทาง และความไม่สมบูรณ์ในการควบคุมกำลัง ด้วยสายอากาศ LES อาร์เรย์

พิทักษ์ แก้วบุญส่ง และฟูศักดิ์ ชิวสุวิทย์
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ สมรรถนะอัตราความผิดพลาดบิตเชิงสถิติของระบบเซลลูลาร์ CDMA เมื่อระบบประยุกต์ใช้งานสายอากาศ Smart แบบ LES อาร์เรย์ (linear equally spaces arrays) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพคุณภาพการให้บริการระบบ อันเนื่องจากผลกระทบของช่องสัญญาณการจางหายหลายเส้นทางและความไม่สมบูรณ์ในการควบคุมกำลัง โดยที่ความไม่สมบูรณ์ในการควบคุมกำลังถูกจำลองให้เป็นตัวแปรสุ่มแบบล็อกนอร์มอล มีความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสุ่มขึ้นอยู่กับความเร็วของโทรศัพท์เคลื่อนที่ จำนวนสาขาเครื่องรับ และกำลังที่วัดได้ในการติดต่อของโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน ผลลัพธ์เชิงเลขแสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราความผิดพลาดบิตที่ลดลงเมื่อจำนวนเอลิเมนต์สายอากาศอาร์เรย์เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : อัตราความผิดพลาดบิต ช่องสัญญาณ การจางหายหลายเส้นทาง การควบคุมกำลัง สายอากาศ Smart แบบ LES อาร์เรย์

Performance of Cellular CDMA System on Multipath Fading Channel and Imperfection Power Control with LES Antenna Arrays

Pitak Keawboonsong and Fusak Cheewasuwit
Department of Engineering Measurement, Faculty of Engineering, KMITL

Abstract

This paper presents the performance of bit error rate (BER) statistics in a cellular CDMA system which employs a LES array of Smart antenna for improving the quality of service impact of multipath fading channel and imperfect power control. The imperfection in power control is modeled as a lognormal random variable. The standard deviation of this variable depends on the mobile velocity, the number of fading resolvable paths and the measured power of the communication between the mobile and the base station. Numerical results clearly show the bit error rate is decreased as the number of antenna elements increases.

บทนำ

เมื่อระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ CDMA มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในหลายประเทศ เทคนิคเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านคุณภาพการให้บริการของระบบ ได้ถูกคิดค้นและพัฒนาโดยนักวิจัยอย่างต่อเนื่อง วิธีการควบคุมกำลัง (power control : PC) ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในระบบ เพื่อควบคุมระดับกำลังของสัญญาณที่ได้รับที่สถานีฐานของแต่ละผู้ใช้งานให้เท่ากัน เพื่อลดระดับการแทรกสอดของสัญญาณ แต่การควบคุมกำลังที่สมบูรณ์ไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ ความผิดพลาดในการควบคุมกำลังเกิดขึ้นเนื่องจากภาวะแวดล้อมของการส่งผ่านสัญญาณบนช่องสัญญาณการจางหายหลายเส้นทาง (Multipath Fading) เป็นผลให้อัตราความผิดพลาดบิตในระบบเพิ่มขึ้น[A.M. Viterbi and A.J. Viterbi, 1993] การวิเคราะห์อัตราความผิดพลาดบิต (BER : bit error rate) เชิงสถิติ ด้วยการพิจารณาค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้งานในระบบ CDMA เพื่อศึกษาคูณสมบัติต่างๆ ของระบบ

บทความนี้เสนอ การวิเคราะห์อัตราความผิดพลาดบิตเชิงสถิติ ของระบบเซลลูลาร์ CDMA เมื่อระบบประยุกต์ใช้งานสายอากาศ smart แบบ LES อาร์เรย์ ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นตามปริมาณทราฟฟิก[J.C. Liberti and

T.S. Rappaport. 1999] โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของอัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น เพื่อชดเชยผลจากความไม่สมบูรณ์ในการควบคุมกำลัง ซึ่งถูกจำลองให้เป็นตัวแปรสุ่มแบบล็อกนอร์มอลบนช่องสัญญาณการจางหลายเส้นทาง โดยแฟคเตอร์ multipath intensity profile (MIP) และแฟคเตอร์ on/off การใช้งานระบบได้ถูกนำมาพิจารณาร่วม

รูปแบบระบบ

ช่องสัญญาณการจางหลายเส้นทาง

เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ในการควบคุมกำลังเป็นผลให้ระดับสัญญาณที่ได้รับได้ที่สถานีฐานมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลมาจากการจางหลายเส้นทาง สมมติให้กรอบคลื่นของผู้ใช้งานที่ i บนเส้นทาง k มีการแจกแจงแบบเรย์ลี (Rayleigh distribution) เป็น $A_{i,k}$ โดย $k=1,2,...,N$ ค่าเฉลี่ยพลังงานหนึ่งบิตที่ช่วงเวลา T_b คือ $S_{i,k} = T_b A_{i,k}^2 / 2$ ดังนั้นพลังงานบิตรวมที่ N เส้นทาง คือ

$$E_{b(i)} = \sum_{k=1}^N S_{i,k} \quad (1)$$

ภายใต้การจางแบบเรย์ลีให้ $A_{i,k}$, $S_{i,k}$ มีการแจกแจงแบบ Chi-square ที่มีดีกรีอันดับสอง และให้ $f_k (k=1,2,...,N)$ เป็น multipath intensity profile สามารถนอร์มอลไลซ์ได้เป็น

$$\sum_{k=1}^N f_k = 1 \quad (2)$$

เมื่อ $E_s[...]$ คือ ค่าเฉลี่ยแบบ short-term ดังนั้น โมเมนต์อันดับหนึ่งและสองของพลังงานบิตรวมที่รับได้ของผู้ใช้งานที่ i บนเส้นทาง k [Somchai Omsin and other. 2002] คือ

$$E_s[E_{b(i)}] = y \sum_{k=1}^N f_k = y \quad (3)$$

$$E_s[E_{b(i)}^2] = 2 \sum_{k=1}^N f_k^2 y^2 = \xi y^2 \quad (4)$$

กำหนดให้ ξ เป็น MIP Shape Factor ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็น

$$\xi = 2 \sum_{k=1}^N f_k^2 \quad (5)$$

โดย y เป็นค่าเฉลี่ยของพลังงานที่ได้รับจากการประวิงเวลาและความผิดพลาดในการควบคุมกำลัง ซึ่งมีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่มแบบล็อกนอร์มอล

$$y = 10^{\frac{x}{10}} = e^{\beta x} \quad (6)$$

เมื่อ $\beta = (\ln 10)/10$, x เป็นตัวแปรสุ่มแบบเกาส์เซียนมีค่าเฉลี่ย m และความแปรปรวน σ^2 (dB) เมื่อพิจารณาช่วงของ long-term จะได้โมเมนต์อันดับที่หนึ่งและอันดับที่สองเป็น [Somchai Omsin and other. 2002]

$$E_L[E_S(E_{b(i)})] = E_L(y) = e^{\beta m + \frac{1}{2}\beta^2 \sigma^2} \quad (7)$$

$$E_L[E_S(E_{b(i)}^2)] = \xi E_L(y^2) = \xi e^{2\beta m + 2\beta^2 \sigma^2} \quad (8)$$

โดยที่ $E_L[.]$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยแบบ Long-term

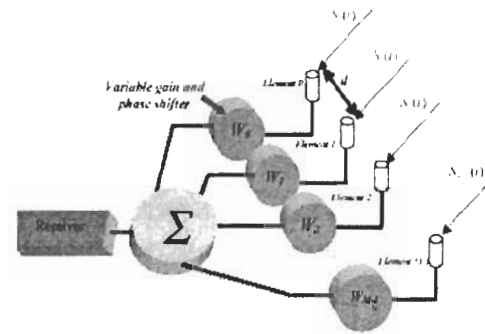
ค่า ξ จะมีค่าขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นทางการแพร่กระจายคลื่น ซึ่งจะมีค่าสูงสุดของขอบเขตบนเท่ากับสอง และบริเวณขอบเขตล่างจะมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง เมื่อจำนวนเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นมีค่าของการแพร่กระจายพลังงานสม่ำเสมอในทุกเส้นทาง [Somchai Omsin and other. 2002]

สายอากาศ Smart แบบ LES อาร์เรย์

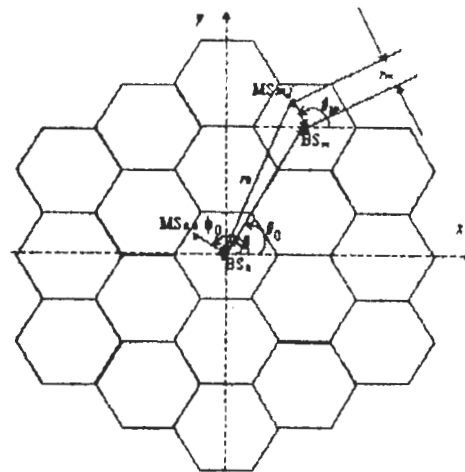
เมื่อสายอากาศ Smart แบบ LES อาร์เรย์ [J.C. Liberti and T.S. Rappaport. 1999] แสดงดังรูปที่ 1 ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในระบบทั้งด้านรับที่สถานีฐานและด้านส่งที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยมีระยะห่างระหว่างเอลิเมนต์เท่ากับ 0.5λ เมื่อ λ คือความยาวคลื่นของคลื่นพาห์ ซึ่งระบบ LES อาร์เรย์ จะมีอัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น [Jin Yu, etc. al., 2003][Weichen Ye and Alexander M. Haimovich. 2000] เป็น

$$G(\phi, \theta) = \left| \frac{\sin[0.5M\pi(\sin\phi - \sin\theta)]}{M \sin[0.5\pi(\sin\phi - \sin\theta)]} \right|^2 \quad (9)$$

เมื่อ M คือ จำนวนเอลิเมนต์ของสายอากาศอาร์เรย์ มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นที่ต้องการคือ θ และสามารถปรับเปลี่ยนมุมอิมพิวท์ ϕ



รูปที่ 1 แสดงสายอากาศ smart แบบ LES อาร์เรย์



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างเรขาคณิตระบบเซลล์ลาร์

จากรูปที่ 2 เมื่อกำหนดให้เซลล์อ้างอิงเป็น BS_0 และเซลล์แทรกสอด BS_m ประกอบด้วย
โทรศัพท์เคลื่อนที่ $MS_{0,0}$ และ $MS_{m,j}$ ภายในเซลล์ตามลำดับ โดยให้ $G_t(\theta, \theta_m)$ และ
 $G_r(\theta, \phi_0)$ เป็นอัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นทางด้านส่งและด้านรับตามลำดับ
เมื่อ θ_m เป็นมุมอิมพิทของโทรศัพท์เคลื่อนที่ $MS_{m,j}$ ไปยังสถานีฐาน BS_m , θ เป็นมุม
อิมพิทของโทรศัพท์เคลื่อนที่ $MS_{m,j}$ ไปยัง BS_0 และ ϕ_0 เป็นมุมอิมพิทของ
โทรศัพท์เคลื่อนที่ $MS_{0,0}$ ไปยังสถานีฐาน BS_0 ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ในช่วง 0 ถึง
 2π และจากรูปที่ 2 เมื่อ r_1 เป็นระยะห่างจาก BS_m ไปยัง BS_0 , r_m เป็นระยะห่างจาก

โทรศัพท์เคลื่อนที่ $MS_{m,j}$ ไปยัง BS_m จะได้

$$\theta = \arctan \left(\frac{r_l \sin \theta_0 + r_m \sin \theta_m}{r_l \cos \theta_0 + r_m \cos \theta_m} \right) \quad (10)$$

หากกำหนดให้ M_l คือ จำนวนเอลิเมนต์สายอากาศด้านส่ง ซึ่งมีอัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นตามสมการ (9) ดังนั้น อัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นสายอากาศด้านส่งในทิศทางจาก $MS_{m,j}$ ไปยัง BS_0 คือ

$$G_l(\theta, \theta_m) = \left| \frac{\sin [0.5 M_l \pi (\sin \theta - \sin \theta_m)]}{M_l \sin [0.5 \pi (\sin \theta - \sin \theta_m)]} \right|^2 \quad (11)$$

เช่นเดียวกันเมื่อ M_r คือ จำนวนเอลิเมนต์สายอากาศด้านรับที่สถานีฐาน BS_0 จะมีอัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นสายอากาศด้านรับในทิศทางจาก $MS_{m,j}$ ไปยัง BS_0 คือ

$$G_r(\theta, \phi_0) = \left| \frac{\sin [0.5 M_r \pi (\sin \theta - \sin \phi_0)]}{M_r \sin [0.5 \pi (\sin \theta - \sin \phi_0)]} \right|^2 \quad (12)$$

เมื่อพิจารณาอัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นภายในเซลล์ BS_0 โดยกำหนดให้ ϕ_m เป็นมุมอิมิทของโทรศัพท์เคลื่อนที่ $MS_{0,m}$ ไปยัง BS_0 ซึ่ง ϕ_m, ϕ_0 กระจายแบบเอกรูปในช่วง $[0, 2\pi]$ และ $G_r(\phi_m, \phi_0)$ เป็นอัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายที่สถานีฐาน ในทิศทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ $MS_{0,0}$ เมื่อให้ $\phi = \sin \phi_m - \sin \phi_0$ จะได้ PDF ของ ϕ [Jin Yu, etc. al., 2003] คือ

$$f(\phi) = \begin{cases} \frac{1}{\pi^2} \int_{-1}^{\phi+1} \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)[1-(\phi-r)^2]}} dr, & -2 < \phi < 0 \\ \frac{1}{\pi^2} \int_{\phi-1}^1 \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)[1-(\phi-r)^2]}} dr, & 0 \leq \phi < 2 \\ 0, & \text{others} \end{cases} \quad (13)$$

จะได้

$$G_r = E[G_r(\phi_m, \phi_0)] = \int_{-2}^2 \frac{\sin^2(0.5 M_r \pi \phi)}{M_r^2 \sin^2(0.5 \pi \phi)} f(\phi) d\phi \quad (14)$$

เมื่อ G_r คือค่าเฉลี่ยอัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นที่สถานีฐานของ
โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่พิจารณาและจาก [Jin Yu, etc. al., 2003] โดยการปรับเปลี่ยนจำนวน
เอลิเมนต์สายอากาศ smart แบบ LES อาร์เรย์ ที่สถานีฐานจะได้ผลการคำนวณค่าเฉลี่ย
 G_r แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

แสดงผลการคำนวณค่าเฉลี่ย G_r ที่ได้จากการปรับเปลี่ยนจำนวนเอลิเมนต์
สายอากาศ smart แบบ LES อาร์เรย์ ที่สถานีฐาน

M_t, M_r	(1, 1)	(1, 3)	(1, 5)	(1, 7)	(1, 9)
G_r	1	0.3855	0.2487	0.1863	0.1501

อัตราความผิดพลาดบิตเชิงสถิติ

เมื่อสมมุติให้ N เป็นจำนวนผู้ใช้งานในระบบแบบเซลล์เดี่ยว (single cell)
และพิจารณาระดับกำลังสัญญาณการแทรกสอด S_i จากผู้ใช้งาน i ที่รับได้ที่สถานีฐาน
ซึ่งมีหน่วยการวัดเป็น dB มีรูปแบบฟังก์ชันการกระจายแบบ เกาส์เซียนโดยมีค่าเฉลี่ย m_i
และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_i หากพิจารณาระดับกำลังสัญญาณที่รับได้เป็นตัวแปรสุ่มแบบ
บล็อกนอร์มอล มีหน่วยการวัดเป็น วัตต์ จะได้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน [J.M. Romero
Jerez, M. Ruiz Garcia, A. Diaz Estrella. 1999]

$$E[S_i] = e^{\beta m_i + \frac{1}{2}\beta^2 \sigma_i^2} \quad (15)$$

$$Var(S_i) = e^{2\beta m_i + \beta^2 \sigma_i^2} \left(e^{\beta^2 \sigma_i^2} - 1 \right) \quad (16)$$

และเมื่อพิจารณาระบบ CDMA แบบหลายเซลล์ (Multi Cell) โดยอาศัยสมมุติฐานร่วมของ
จำนวนผู้ใช้งานเซลล์ภายนอกคือ $f \cdot N$ ซึ่ง f คือ ค่าเฉลี่ยการแทรกสอดภายนอกเซลล์
ต่อภายในเซลล์ พลังงานต่อบิตต่อความหนาแน่นการแทรกสอดของระดับกำลังสัญญาณ ที่
รับได้ที่สถานีฐานหลังจากการดีสเปรด (despread) สัญญาณของผู้ใช้งานลำดับที่ 0 คือ

$$\frac{E_b}{\eta} = \frac{S_{s0}/R_b}{N_0 + \frac{1}{W} \left(\sum_{i=1}^N S_{si} + \sum_{i=1}^{f \cdot N} S_{0i} \right)} \quad (17)$$

ที่ S_{si} คือ ระดับกำลังสัญญาณของผู้ใช้งาน i ภายในเซลล์ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น σ_{si} ค่า S_{oi} คือ ระดับกำลังสัญญาณของผู้ใช้งาน i ภายนอกเซลล์มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น σ_{oi} ค่า W คือ แบนด์วิธของระบบ R_b คือ อัตราการส่งบิตข้อมูล และ N_0 คือ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังสัญญาณรบกวน เมื่อกำหนดให้ I เป็นผลบวกตัวแปรสุ่มของระดับกำลังสัญญาณการแทรกสอดรวม จะได้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน

$$E(I) = \sum_{i=1}^N E(S_{si}) + \sum_{i=1}^{f \cdot N} E(S_{oi}) \quad (18)$$

$$Var(I) = \sum_{i=1}^N Var(S_{si}) + \sum_{i=1}^{f \cdot N} Var(S_{oi}) \quad (19)$$

เมื่อ I เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล I' ซึ่งมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน

$$E(I') = e^{m_N + \frac{1}{2}\sigma_N^2} \quad (20)$$

$$Var(I') = e^{2m_N + \sigma_N^2} (e^{\sigma_N^2} - 1) \quad (21)$$

ประยุกต์ใช้วิธีการ Wilkinson โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยอัตราขยายรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น G_r และค่าเฉลี่ยแฟคเตอร์ ON/OFF การใช้งานระบบ $\bar{\nu}$ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน I จะได้

$$N\bar{\nu}G_r e^{\beta m + \frac{1}{2}\beta^2\sigma_i^2} + fN\bar{\nu}G_r e^{\beta m + \frac{1}{2}\beta^2\sigma_o^2} = e^{m_N + \frac{1}{2}\sigma_N^2} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} N\bar{\nu}G_r \xi e^{2\beta m + \beta^2\sigma_i^2} (e^{\beta^2\sigma_i^2} - 1) + fN\bar{\nu}G_r \xi e^{2\beta m + \beta^2\sigma_o^2} (e^{\beta^2\sigma_o^2} - 1) \\ = e^{2m_N + \sigma_N^2} (e^{\sigma_N^2} - 1) \end{aligned} \quad (23)$$

แก้สมการหาค่า m_N และ σ_N^2 ได้

$$\sigma_N^2 = \ln \left[\frac{\xi e^{\beta^2\sigma_i^2} (e^{\beta^2\sigma_i^2} - 1) + f\xi e^{\beta^2\sigma_o^2} (e^{\beta^2\sigma_o^2} - 1)}{N\bar{\nu}G_r \left(e^{\frac{1}{2}\beta^2\sigma_i^2} + f e^{\frac{1}{2}\beta^2\sigma_o^2} \right)^2} + 1 \right] \quad (24)$$

$$m_N = \ln N \bar{V} G_r + \beta m + \ln \left(e^{\frac{1}{2} \beta^2 \sigma_s^2} + f e^{\frac{1}{2} \beta^2 \sigma_v^2} \right) - \frac{1}{2} \sigma_N^2 \quad (25)$$

อัตราความผิดพลาดบิตภายใต้การประมาณแบบเกาส์เซียน [M.B. Pursley. 1977.] คือ

$$P_e = Q \left(\sqrt{2 \frac{E_b}{\eta}} \right) \quad (26)$$

ที่ $Q(x)$ คือฟังก์ชันการกระจายแบบ Complementary Cumulative และเมื่อพิจารณา
สัญญาณที่รับได้เป็นตัวแปรสุ่มล็อกนอร์มอลที่เกิดความไม่สมบูรณ์ในการควบคุมกำลัง
อัตราส่วน E_b/η สามารถประมาณเป็นตัวแปรสุ่มล็อกนอร์มอลได้

$$P_e = Q(e^\gamma) \quad (27)$$

เมื่อ γ เป็นตัวแปรสุ่มเกาส์เซียน สามารถหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนได้ [M.B.
Pursley. 1977.] , [J.M. Romero Jerez, M.Ruiz Garcia, A. Diaz Estrella.2000.] คือ

$$m_\gamma = \frac{1}{2} \left(\ln 2 \frac{W}{R_b} - m_N \right) \quad (28)$$

$$\sigma_\gamma^2 = \frac{1}{4} (\beta^2 \sigma_s^2 + \sigma_N^2) \quad (29)$$

ค่าความน่าจะเป็นความผิดพลาดบิต (Bit Error Probability) จะคำนวณได้จากสมการ

$$\overline{P_e} = \int_{-\infty}^{\infty} Q(e^\gamma) g(\gamma) d\gamma \quad (30)$$

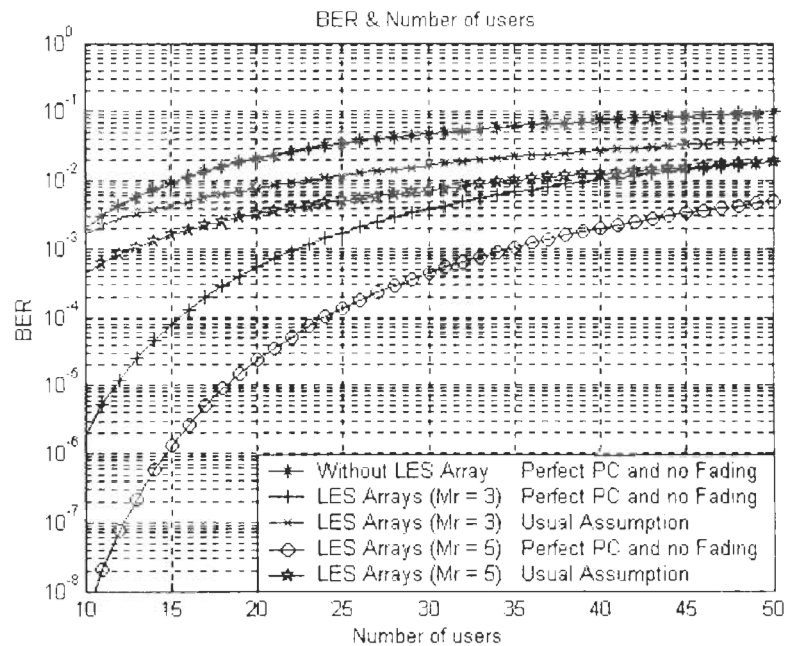
และจาก [Somchai Omsin, and et.al., 2002] ความน่าจะเป็นความผิดพลาดบิต สามารถ
ประมาณได้เป็น

$$\overline{P_e} \approx \frac{2}{3} Q(e^{m_\gamma}) + \frac{1}{6} Q(e^{m_\gamma + \sqrt{3}\sigma_\gamma}) + \frac{1}{6} Q(e^{m_\gamma - \sqrt{3}\sigma_\gamma}) \quad (31)$$

จากสมการที่ (24) , (25) , (28) , (29) และ (31) นำไปวิเคราะห์ผลลัพธ์เชิงเลข

ผลลัพธ์เชิงเลข

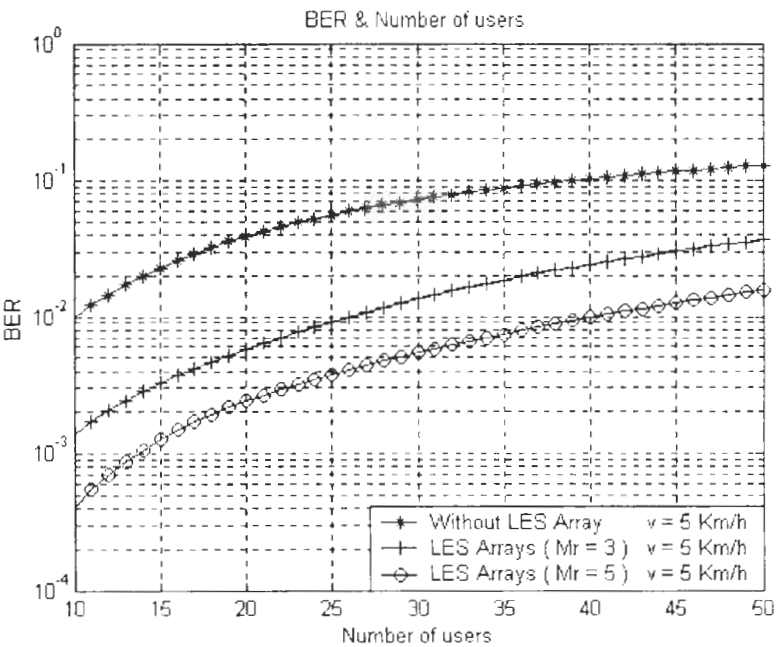
เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ระบบ อ้างอิงมาตรฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ CDMA IS-95 $W = 1.2288$ MHz $R_b = 9.6$ Kbps $f = 0.55$ $\xi = 2$ $m = 7$ dB และ $\bar{\gamma} = 0.4$ พิจารณารูปที่ 3 แสดงอัตราความผิดพลาดบิตที่ลดลง เมื่อจำนวนเอลิเมนต์ของสายอากาศด้านรับที่สถานีฐานเพิ่มขึ้น ($M_r = 3, 5$) โดยกำหนดให้มีการควบคุมกำลังที่สมบูรณ์และไม่มีการจางหายบนช่องสัญญาณ ($\sigma_s = \sigma_0 = 0$ dB) อัตราความผิดพลาดบิตเพิ่มขึ้น เมื่อการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ ($\sigma_s = \sigma_0 = 2.5$ dB) รูปที่ 4 แสดงอัตราความผิดพลาดบิต เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 Km/h เกิดความไม่สมบูรณ์ในการควบคุมกำลัง ($\sigma_s = 0.35$, $\sigma_o = 4.90$) เป็นผลให้อัตราความผิดพลาดบิตเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อจำนวนเอลิเมนต์สายอากาศเพิ่มขึ้น ($M_r = 3, 5$) รูปที่ 5 แสดงอัตราความผิดพลาดบิต เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40 Km/h ($\sigma_s = 2.20$, $\sigma_o = 3.41$) และผลลัพธ์เป็นลักษณะเดียวกัน



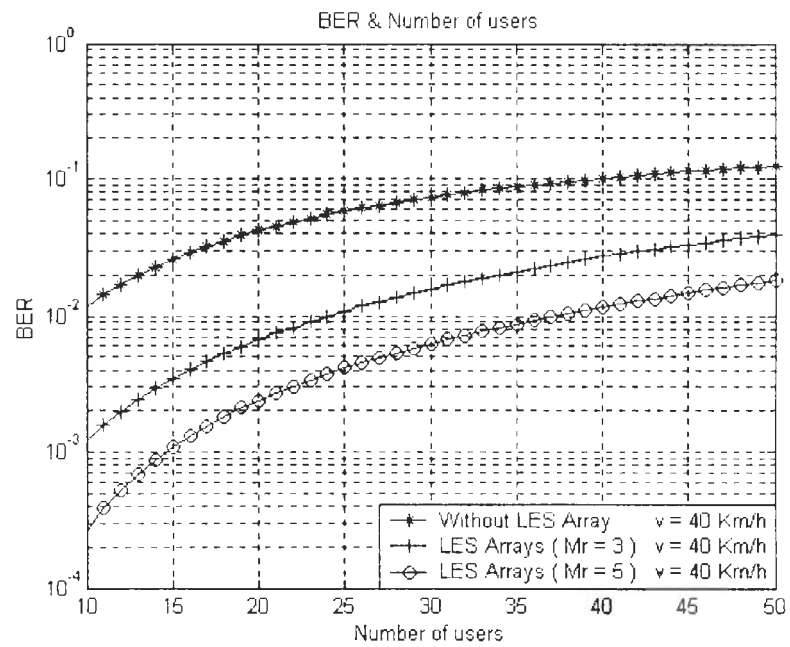
รูปที่ 3 แสดงอัตราความผิดพลาดบิต กรณีที่มีการควบคุมกำลังที่สมบูรณ์และไม่มีการจางหายบนช่องสัญญาณ ($\sigma_s = \sigma_0 = 0$ dB) และการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ ($\sigma_s = \sigma_0 = 2.5$ dB) ที่จำนวนเอลิเมนต์สายอากาศ LES อาร์เรย์ที่สถานีฐาน ($M_r = 3, 5$)

สรุป

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ สมรรถนะอัตราความผิดพลาดบิตเชิงสถิติของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลล์ลาร์ CDMA บนช่องสัญญาณการจางหายหลายเส้นทาง โดยใช้สายอากาศ Smart แบบ LES อาร์เรย์ พบว่า ความไม่สมบูรณ์ในการควบคุมกำลัง การส่งสัญญาณผ่านช่องสัญญาณการจางหายหลายเส้นทาง ส่งผลให้อัตราความผิดพลาดบิตเพิ่มขึ้น และสายอากาศSmart แบบ LES อาร์เรย์ ที่มีจำนวนเอลิเมนต์มากขึ้น ช่วยปรับปรุงให้ระบบดียิ่งขึ้น พารามิเตอร์ MIP Shape Factor และแฟคเตอร์ ON/OFF การใช้งานระบบ ไม่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ แต่จะมีผลต่อการปรับปรุงค่าความจุระบบ



รูปที่ 4 แสดงอัตราความผิดพลาดบิต กรณีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ ($\sigma_s = 0.35$, $\sigma_o = 4.90$) และจำนวนเอลิเมนต์สายอากาศ LES อาร์เรย์ที่สถานีฐาน ($M_r = 3.5$) เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ($v = 5$ Km/h)



รูปที่ 5 แสดงอัตราความผิดพลาดบิต กรณีการควบคุมกำลังไม่สมบูรณ์ ($\sigma_s = 2.20$, $\sigma_o = 3.41$) และจำนวนเอลิเมนต์สายอากาศ LES อาร์เรย์ที่สถานีฐาน ($M_r = 3, 5$) เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ($v = 40$ Km/h)

เอกสารอ้างอิง

- A.M. Viterbi and A.J. Viterbi. 1993. "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System". **IEEE Journal on Selected Area in Communications**.11, 6(August): 892-899.
- Bassam Hashem and Elvino Sousa. 1998. "Increasing the DS-CDMA system reverse link capacity by equalizing the performance of different velocity users". **Proc. IEEE ICC'98, Atlanta, Georgia USA**.:979-984.
- J.C. Liberti and T.S. Rappaport. 1999. **Smart Antennas for Wireless Communications: IS-95 and Third Generation CDMA Applications**. NJ: Prentice Hall.
- J.M. Romero Jerez, M. Ruiz Garcia, A. Diaz Estrella. 1999. "Performance Analysis of a Cellular Slotted CDMA System with Imperfect Power Control over a Rayleigh Fading Channel". **Multiaccess, Mobility and Teletraffic in Wireless Communications**, E. Biglieri, L.Fratta, B.Jabbari, Eds. Kluwer Academic Publishers: 253-256.

- J.M. Romero Jerez, M. Ruiz Garcia, A. Diaz Estrella. 2000. "Effects of Multipath Fading on BER Statistics in Cellular CDMA Networks with Fast Power Control". **IEEE Communications Letters**. 4, 11(November): 349-351.
- Jin Yu, Yu-Dong Yao, Jinyun Zhang and Andreas F.Molisch. 2003. "Reverse Link Capacity of Power Controlled CDMA Systems with Antenna Arrays in a Multipath Fading Environment". **Draft for Global Communication Conference**. FEB. Mitsubishi Electric Research Laboratory: 1-5.
- M.B. Pursley. 1977. "Performance Evaluation for Phase Coded Spread Spectrum Multiple Access Communication Part I: System Analysis". **IEEE Transactions on Communications**. 25, 8 (August): 795-799.
- Somchai Omsin, Apinan Manyanon, Chom Kimpan, Ouen Pin-ngern and Suthichai Noppanakeepong. 2002. "Effect of Multipath Fading on the Erlang Capacity of Imperfect Power Control in Cellular CDMA System". **IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and System 2002**. Bali Indonesia: 433 – 436.
- Weichen Ye and Alexander M. Haimovich. 2000. "Performance of Cellular CDMA with Cell Site Antenna Arrays, Rayleigh Fading and Power Control Error". **IEEE Transactions on Communications**. 48,7 (July): 1151-1159.