รายการอ้างอิง

1. Pahlavan, K., and Levesque, A. H. Wireless Information Networks. New York: John Wiley & Sons, 1995.

2. พงษ์ศักดิ์ สุสัมพันธ์ไพบูลย์. เรื่องน่ารู้การสื่อสารดาวเทียม. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539.

3. Holtzman, J. M. DS/CDMA successive interference cancellation. In S. G. Glisic, and P. A. Leppanen (eds.), Code Devision Multiple Access Communications, pp. 161-180. Netherlands: Kluwer Academic, 1995.

4. Moshavi, S., Multi-user detection for DS-CDMA communications. IEEE Communications Magazine Vol. 34 No. 10 (October 1996): 124-136.

5. Duel-Hallen, A., Holtzman, J., and Zvonar, Z. Multiuser detection for CDMA systems. IEEE Personal Communications Vol. 2 No. 2 (April 1995): 46-58.

6. Juntti, M. Multiuser Demodulation for DS-CDMA Systems in Fading Channel. Doctoral dissertation, Department of Electrical Engineering, University of Oulu, Finland, 1998.

7. Verdu, S. Adaptive multiuser detection. In S. G. Glisic, and P. A. Leppanen (eds.), Code Devision Multiple Access Communications, pp. 97-116. Netherlands: Kluwer Academic, 1995.

8. Woodward G., and Vucetic, B. S. Adaptive detection for DS-CDMA. Proceedings of the IEEE Vol.86 No.7 (July 1998): 1413-1434.

9. Klein A., Kaleh, G. K., and Baier, P. W. Zero forcing and minimum mean-square-error equalization for multiuser detection in Code-Division Multiple-Access channels. IEEE Transactions on Vehicular Technology Vol. 45 No. 2 (May 1996): 276-287.

10. Xie Z., Short, R. T., and Rushforth, C. K. A family of suboptimum detectors for coherent multiuser communications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol. 8 No. 4 (May 1990): 683-690.

11. Buehrer, R. M., Correal N. S., and Woener B. D. A comparison of multiuser receivers for cellular CDMA. Global Telecommunications Conference, 1996. GLOBECOM'96 Communications: The Key to Global Prospority Vol. 3 (1996): 1571-1577.

12. Seite P., and Tardivel, J. Adaptive equalizers for joint detection in an indoor CDMA channel. Vehicular Technology Conference, 1995. IEEE 45th Vol. 1 (1995): 484-488.

13. Lupas, R. and Verdu, S. Linear multiuser detectors for synchronous Code-Division Multiple-Access channels. IEEE Transactions on Information Theory Vol. 35 No. 1 (January 1989): 123-136.

14. Patel, P., and Holtzman, J. Analysis of a simple succesive interference cancellation scheme in a DS/CDMA System. IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol. 12 No. 5 (June 1994): 796-807.

15. Prasad, R. CDMA for Wireless Personal Communications. London: Artech House, 1996.

16. Varanasi, M. K., and Aazhang, B. Multistage detection in asynchronous Code-Division Multiple-Access communications. IEEE Transactions on Communications Vol. 38 No. 4 (April 1990): 509-519.

17. Bar-Ness, Y. Recent results on adaptive multiuser signal separation in CDMA: important steps in meeting the needs of third-generation wireless comm. Systems. Personal Wireless Communications, 1996. IEEE International Conference 1996: 108-115.

18. Abdulrahman, M., Sheikh, A. U. H., and Falconer, D. D. Decision feedback equalization for CDMA in indoor wireless communications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol. 12 No. 4 (May 1994): 698-706.

19. Duel-Hallen, A. Decorrelating decision-feedback multiuser detector for synchronous Code-Division Multiple-Access channel. IEEE Transactions on Communications Vol. 41 No. 2 (February 1993): 285-290.

20. Chen X. H., Sim, H. K., and Kooi, P. S. An effective CDMA multi-user detection scheme-orthogonal decision-feedback detection and its performance analysis. IEICE Transaction on Communications Vol. E80-B No.1 (January 1997): 145-155.

21. Dinan, E. H., and Jabbari, B. Spreading codes for direct sequence CDMA and wideband CDMA cellular networks. IEEE Communications Magzine Vol. 36 No. 9 (September 1998): 48-54.

22. Honig, M. L., Madhow, U., and Verdu, S. Blind adaptive multiuser detection. IEEE Transactions Information Theory Vol. 41 No.4 (July 1995): 944-960.

23. Schodorf, J. B., and Williams, D. B. A blind adaptive interference cancellation scheme for CDMA systems. Signals, Systems and Computers, 1995. Conference Record of the Twenty-Ninth Asilomar Conference Vol. 1 (1996): 270-274.

24. Bar-Ness, Y., and Waes, N. J. M. V. Implementing the bootstrap algorithm to multi-shot matched filtering, multiuser detection. Mediterranean Electrotechnical Conference, 1998. MELECON 98, 9th Vol. 2 (1998): 829-833.

25. Li, X. A., and Bar-Ness, Y. The bootstrap algorithm: a robust multiuser CDMA detector with time delay variation. Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 1997. Waves of the Year 2000. PIMRC'97., The 8th International Symposium Vol. 1 (1997): 68-72.

26. Sylvie, M., Cherif, S., and Jaidane, M. Blind cancellation of intersymbol interference in decision feedback equalizers. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1995. ICASSP-85., 1995 International Conference Vol. 2 (1995): 1073-1076.

27. เพียรพร หลินประเสริฐ, สุวิชช์ คุณารัตนพฤกษ์ และสมชาย จิตะพันธ์กุล. มัลติยูสเซอร์ดีเทคชันแบบป้อนกลับชนิดไร้เทรนนิ่งซีเควนซ์สำหรับระบบการใช้ช่องสัญญาณร่วมกันแบบแบ่งรหัส. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ปีที่ 22 (ธันวาคม 2542): 505-508.

28. Haykin, S. Adaptive Filter Theory, 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1996.

29. Saquib, M. Quality of service for multi-rate DS/CDMA systems with multi-user detection. Doctoral dissertation, Department of Electrical and Computer Engineering, New Brunswick Rutgers, Graduate School, The state university of New Jersey, 1998.

30. Ottosson, T., and Svensson, A. Muti-rate schemes in DS/CDMA systems. Vehicular Technology Conference, 1995 IEEE 45th Vol. 2 (1995): 1006-1010.

31. Juntti, M. J. System concept comparisons for multirate CDMA with multiuser detection. Vihicular Technology Conference, 1998. VTC 98. 48th IEEE Vol.1 (1998): 36-40.

32. Azad, H., and Aghvami, A. H. Multirate spread spectrum direct sequence CDMA techniques. Spread Spectrum Techniques for Radio Communication Systems. IEE Colloquium 1994: 4/1-4/5.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

Gold code

Gold code เป็นชุดรหัสที่มีค่าสหสัมพันธ์ข้ามระหว่างรหัสในชุดที่ต่ำมาก โดยที่ค่าสหสัมพันธ์ตัวเองและค่าสหสัมพันธ์ข้ามของ Gold code จะมีค่าเป็น 3 ระดับ ซึ่งเราสามารถสร้าง Gold code ได้ดังนี้

ถ้า A และ B เป็นพรีเฟอร์แพร์ (preferred pair) [21] ของ m-sequence [21] แล้ว เราจะนิยาม Gold code ได้เป็น

$$G = \{A, B, A+B, A+DB, A+D^2B, \ldots, A+D^{N-1}B\} \qquad (ก\text{-}1)$$

โดยที่ D^i หมายถึง การเลื่อนรหัส B ไปทางขวา i บิต

หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$G = A \bullet D^k B \qquad (ก\text{-}2)$$

นั่นคือ สามารถสร้างรหัส Gold code 1 รหัสจากการบวกรหัส A กับ รหัส B ซึ่งเลื่อนไป k บิตนั่นเอง

โดยที่ m-sequence คือ รหัสที่ยาวที่สุดที่สามารถสร้างได้จากจำนวนชิฟรีจิสเตอร์ (shift register) หรือ จำนวนอุปกรณ์หน่วงเวลาที่มี

และพรีเฟอร์แพร์ คือคู่ของ m-sequence ที่มีค่าสหสัมพันธ์ข้ามน้อยกว่า m-sequence คู่อื่นๆ โดยที่ค่าสหสัมพันธ์ข้ามระหว่างพรีเฟอร์แพร์จะมีอยู่ด้วยกัน 3 ระดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมหา cholesky decomposition ของเมตริกซ์ A ตามนิยาม [19] ซึ่งเขียนโดยภาษา Matlab

```
function F = cholesky(A)

FT = zeros(size(A));
for i = size(A,1):-1:1
  for j = size(A,2):-1:1
    if i == j
      sum_autoc = sum(FT(i,:).^2)-FT(i,i)^2;
      FT(i,j) = sqrt(A(i,i) - sum_autoc);
    elseif i < j
      sum_cross = 0;
      for k = j+1:size(A,2)
        sum_cross = sum_cross + FT(j,k)*FT(i,k);
      end
      FT(i,j) = 1/FT(j,j)*(A(i,j) - sum_cross);
    end
  end
end
F = FT';
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญาณออกจากมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดบอดที่สภาวะอยู่ตัวในกรณีอุดมคติ

จากสมการ (3-19) สัญญาณออกจากวงจรกรองป้อนไปข้างหน้าสำหรับผู้ใช้ลำดับที่ k ของมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดบอดสามารถเขียนได้เป็น

$$z_k^n = y_k^n + W_{after_k} Y_{after_k}^n \qquad (ค\text{-}1)$$

ทำการลดค่าสหสัมพันธ์เพื่อให้ได้

$$E[s_k^n D_{after_k}^n] = 0, \qquad k = 1,\ldots, K \qquad (ค\text{-}2)$$

แทนค่าสัญญาณออกจากมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับซึ่งได้จากการหักล้างสัญญาณออกจากวงจรกรองป้อนไปข้างหน้าด้วยสัญญาณที่ป้อนกลับมาจากส่วนป้อนกลับลงไปจะได้

$$E[(z_k^n - FB_{before_k} \hat{D}_{before_k}^n) D_{after_k}^n] = 0 \qquad (ค\text{-}3)$$

ในกรณีอุดมคติที่สภาวะอยู่ตัวประมาณ $D_{before_k}^n$ ได้ด้วย $\hat{D}_{before_k}^n$ อย่างสมบูรณ์ ซึ่งตามปกติแล้วข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคนไม่ขึ้นแก่กัน ดังนั้น $E[FB_{before_k} \hat{D}_{before_k}^n D_{after_k}^n] = 0$

จะได้

$$E([z_k^n D_{after_k}^n] = 0 \qquad (ค\text{-}4)$$

แทนค่าสมการ (ค-1) ลงใน (ค-4) จะได้

$$E[(y_k^n + W_{after_k} Y_{after_k}^n) D_{after_k}^n] = 0, \qquad k = 1,\ldots, K \qquad (ค\text{-}5)$$

ดังนั้น

$$E[y_k^n D_{after_k}^n] = -E[(W_{after_k} Y_{after_k}^n) D_{after_k}^n] \qquad (ค\text{-}6)$$

และเนื่องจาก

$$\begin{aligned} Y_{after_k}^n &= \Gamma_{after_k} \mathbf{A}_{after_k}^n D_{after_k}^n \\ &\quad + \Gamma_{after_k \times before_k_and_k} \mathbf{A}_{before_k_and_k}^n D_{before_k_and_k}^n \\ &\quad + M_{after_k}^n \end{aligned} \qquad (ค\text{-}7)$$

โดยที่ $\Gamma_{after_k \times before_k_and_k}$ หมายถึงเมตริกซ์ Γ ซึ่งมีสมาชิกเฉพาะหลังแถวที่ k ตั้งแต่คอลัมน์แรกจนถึงคอลัมน์ที่ k ,

$\mathbf{A}^{n}_{before_k_and_k}$ หมายถึง เมตริกซ์ $\mathbf{A}_n$ ซึ่งมีสมาชิกตั้งแต่แถวและคอลัมน์แรกจนถึงแถวและคอลัมน์ที่ k,

$D^{n}_{before_k_and_k}$ หมายถึง เวกเตอร์ D_n ซึ่งมีสมาชิกตั้งแต่ตัวแรกจนถึงตัวที่ k

และ $M^{n}_{after_k}$ เป็นเวกเตอร์ของสัญญาณรบกวน M_n ที่ผ่านออกมาจากเครื่องรับแบบแมตช์ตามสมการ (2-4) ซึ่งมีสมาชิกหลังตัวที่ k เป็นต้นไป

เนื่องจาก

$$y^{n}_{k} = \Gamma_{k,k} a^{n}_{k} d^{n}_{k} + \Gamma_{out_k} \mathbf{A}^{n}_{out_k} D^{n}_{out_k} + m^{n}_{k} \tag{ค-8}$$

ดังนั้นจะได้

$$\begin{aligned} E[y^{n}_{k} D^{n}_{after_k}] &= E[(\Gamma_{k,k} a^{n}_{k} d^{n}_{k} + \Gamma_{out_k} \mathbf{A}^{n}_{out_k} D^{n}_{out_k} + m^{n}_{k}) D^{n}_{after_k}] \\ &= 0 + E[(\Gamma_{out_k} \mathbf{A}^{n}_{out_k} D^{n}_{out_k}) D^{n}_{after_k}] + 0 \\ &= \mathbf{A}^{n}_{after_k} \Gamma^{T}_{after_k} \end{aligned} \tag{ค-9}$$

จากคุณสมบัติสลับที่การคูณของสเกลาร์จะได้

$$E[(W_{after_k} Y^{n}_{after_k}) D^{n}_{after_k}] = E[D^{n}_{after_k} ((Y^{n}_{after_k})^{T} W^{T}_{after_k})] \tag{ค-10}$$

และจะหา $E[D^{n}_{after_k} (Y^{n}_{after_k})^{T}]$ ได้เป็น

$$\begin{aligned} E[D^{n}_{after_k} (Y^{n}_{after_k})^{T}] &= E[D^{n}_{after_k} (\Gamma_{after_k} \mathbf{A}^{n}_{after_k} D^{n}_{after_k} \\ &\quad + \Gamma_{after_k \times before_k_and_k} \mathbf{A}^{n}_{before_k_and_k} D^{n}_{before_k_and_k} \\ &\quad + M^{n}_{after_k})^{T}] \\ &= E[D^{n}_{after_k} (D^{n}_{after_k})^{T} (\mathbf{A}^{n}_{after_k}) \Gamma^{T}_{after_k}] + 0 + 0 \\ &= E[\mathbf{I}_{after_k} (\mathbf{A}^{n}_{after_k}) \Gamma^{T}_{after_k}] \\ &= E[\mathbf{A}^{n}_{after_k} \Gamma^{T}_{after_k}] \end{aligned} \tag{ค-11}$$

จากสมการ (ค-6) และ (ค-10) จะได้

$$E[y^{n}_{k} D^{n}_{after_k}] = -E[D^{n}_{after_k} ((Y^{n}_{after_k})^{T} W^{T}_{after_k})] \tag{ค-12}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} W^{T}_{after_k} &= -E[(D^{n}_{after_k} (Y^{n}_{after_k})^{T})^{-1} y^{n}_{k} D^{n}_{after_k}] \\ &= -E[(\mathbf{A}^{n}_{after_k} \Gamma^{T}_{after_k})^{-1} \mathbf{A}^{n}_{after_k} \Gamma^{T}_{after_k}] \\ &= -E[(\Gamma^{T}_{after_k})^{-1} \Gamma^{T}_{after_k}] \end{aligned} \tag{ค-13}$$

ดังนั้นจะได้ค่าน้ำหนักถ่วงที่สภาวะอยู่ตัวเป็น

$$W_{after_k} = -(\Gamma_{after_k} \Gamma^{-1}_{after_k}) \tag{ค-14}$$

แทนค่าสมการ (ค-7), (ค-8)และ (ค-14) ลงใน (ค-1) จะได้

$$\begin{aligned} z_k^n &= \Gamma_{k,k} a_k^n d_k^n + \Gamma_{out_k} \mathbf{A}_{out_k}^n D_{out_k}^n + m_k^n \\ &+ (-\Gamma_{after_k} \Gamma_{after_k}^{-1})\{\Gamma_{after_k} \mathbf{A}_{after_k}^n D_{after_k}^n \\ &+ \Gamma_{after_k \times before_k_and_k} \mathbf{A}_{before_k_and_k}^n D_{before_k_and_k}^n + M_{after_k}^n\} \end{aligned} \qquad (ค\text{-}15)$$

เนื่องจาก

$$\Gamma_{out_k} \mathbf{A}_{out_k}^n D_{out_k}^n = \Gamma_{before_k} \mathbf{A}_{before_k}^n D_{before_k}^n + \Gamma_{after_k} \mathbf{A}_{after_k}^n D_{after_k}^n \qquad (ค\text{-}16)$$

และ

$$\begin{aligned} &\Gamma_{after_k \times before_k_and_k} \mathbf{A}_{before_k_and_k}^n D_{before_k_and_k}^n \\ &= \Gamma_{after_k}^T a_k^n d_k^n + \Gamma_{after_k \times before_k} \mathbf{A}_{before_k}^n D_{before_k}^n \end{aligned} \qquad (ค\text{-}17)$$

โดยที่ $\Gamma_{after_k \times before_k}$ หมายถึงเมตริกซ์ Γ ซึ่งมีสมาชิกเฉพาะหลังจากแถวที่ k และก่อนหน้าคอลัมน์ที่ k,

$\mathbf{A}_{before_k}^n$ หมายถึง เมตริกซ์ $\mathbf{A}_n$ ซึ่งมีสมาชิกก่อนหน้าแถวและคอลัมน์ที่ k,

และ $D_{before_k}^n$ หมายถึง เวกเตอร์ D_n ซึ่งมีสมาชิกทุกตัวซึ่งมีลำดับอยู่ก่อนหน้าตัวที่ k

แทน (ค-16) และ (ค-17) ลงใน (ค-15) จะได้

$$\begin{aligned} z_k^n &= a_k^n (\Gamma_{k,k} - \Gamma_{after_k} \Gamma_{after_k}^{-1} \Gamma_{after_k}^T) d_k^n \\ &+ (\Gamma_{before_k} \mathbf{A}_{before_k}^n D_{before_k}^n) \\ &- (\Gamma_{after_k} \Gamma_{after_k}^{-1} \Gamma_{after_k \times before_k} \mathbf{A}_{before_k}^n) D_{before_k}^n \\ &+ \xi_k^n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_k^n &= a_k^n (\Gamma_{k,k} - \Gamma_{after_k} \Gamma_{after_k}^{-1} \Gamma_{after_k}^T) d_k^n \\ &+ (\Gamma_{before_k} - \Gamma_{after_k} \Gamma_{after_k}^{-1} \Gamma_{after_k \times before_k}) \mathbf{A}_{before_k}^n D_{before_k}^n \\ &+ \xi_k^n \end{aligned} \qquad (ค\text{-}18)$$

โดยที่ ξ_k^n หมายถึงสัญญาณรบกวนที่ผ่านออกมาจากวงจรกรองป้อนไปข้างหน้าของคนที่ k ซึ่งสามารถหาเมตริกซ์สหสัมพันธ์ได้จาก

$$E[\xi_n \xi_n^T] = E(\mathbf{V} M_n M_n^T \mathbf{V}^T] = \mathbf{V}(\Gamma \sigma^2)\mathbf{V}^T \qquad (ค\text{-}19)$$

และ M_n เป็นสัญญาณรบกวนซึ่งออกจากเครื่องรับแบบแมตช์ตามสมการ (2-4)

เมื่อแทนค่า $\mathbf{V}$ และ Γ ลงไปในสมการ (ค-19) และคำนวณด้วยโปรแกรมจะพบว่าได้เมตริกซ์สหสัมพันธ์ $E[\xi_n \xi_n^T]$ เป็นเมตริกซ์ทะแยงมุมซึ่งมีสมาชิกในแนวทะแยงมุมลำดับที่ k เป็น $\Gamma_{k,k} - \Gamma_{after_k} \Gamma_{after_k}^{-1} \Gamma_{after_k}^T$ ซึ่งการที่เมตริกซ์สหสัมพันธ์เป็นเมตริกซ์ทะแยงมุมนั้นหมายถึง

สัญญาณรบกวนที่ออกจากเครื่องรับของผู้ใช้แต่ละคนไม่มีสหสัมพันธ์ต่อกัน หรือ เรียกได้ว่าวงจรกรองป้อนไปข้างหน้าในกรณีนี้เป็น whitening filter เช่นเดียวกับวงจรกรองป้อนไปข้างหน้าของมัลติยูสเซอร์ดีเทคชันแบบป้อนกลับของ A. Duel-Hallen ในบทที่ 2 และถ้าพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ตัวเองของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้ลำดับที่ k จะพบว่ามีค่าดังนี้

$$E(\xi_k^n)^2 = (\Gamma_{k,k} - \Gamma_{after_k}\Gamma_{after_k}^{-1}\Gamma_{after_k}^T)\sigma^2 \qquad \text{(ค-20)}$$

จากสมการ (ค-18) จะพบว่าการรบกวนจากบิตข้อมูลของผู้ใช้คนที่มีลำดับสูงกว่า k หรือพจน์ $\Gamma_{after_k}\mathbf{A}_{after_k}^n D_{after_k}^n$ ได้ถูกกำจัดไปแล้ว หลังจากนั้นป้อนสัญญาณออกจากวงจรกรองป้อนไปข้างหน้าเข้าสู่วงจรกรองป้อนกลับซึ่งพยายามปรับลด MOE เพื่อให้ได้ SMSE = 0 ที่สภาวะอยู่ตัว และในกรณีอุดมคติถือว่าสามารถประมาณ $D_{before_k}^n$ ได้ด้วย $\hat{D}_{before_k}^n$ อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจะได้ $E(d_k^n D_{before_k}^n) = E(d_k^n \hat{D}_{before_k}^n) = 0$ ซึ่งจะทำให้ส่วนป้อนกลับสามารถกำจัด MAI ส่วนที่เหลือได้หมด สัญญาณออกจะไม่มี MAI เหลืออยู่ดังนั้นจะสามารถเขียนสัญญาณที่ผ่านการหักล้าง MAI จากส่วนป้อนกลับในกรณีอุดมคติได้เป็น

$$s_k^n = a_k^n(\Gamma_{k,k} - \Gamma_{after_k}\Gamma_{after_k}^{-1}\Gamma_{after_k}^T)d_k^n + \xi_k^n \qquad \text{(ค-21)}$$

และเนื่องจากวงจรกรองป้อนกลับทำการปรับลด SMSE โดยใช้การลด MOE ดังนั้นในกรณีอุดมคติ ซึ่ง $SMSE_k = E[(a_k^n(\Gamma_{k,k} - \Gamma_{after_k}\Gamma_{after_k}^{-1}\Gamma_{after_k}^T)d_k^n - s_k^n)^2] = 0$ จะสามารถหาค่าน้ำหนักถ่วงของวงจรกรองป้อนกลับได้ดังนี้

$$E[(a_k^n(\Gamma_{k,k} - \Gamma_{after_k}\Gamma_{after_k}^{-1}\Gamma_{after_k}^T)d_k^n - s_k^n)^2] = 0 \qquad \text{(ค-22)}$$

$$E[a_k^n(\Gamma_{k,k} - \Gamma_{after_k}\Gamma_{after_k}^{-1}\Gamma_{after_k}^T)d_k^n] = E(s_k^n) = E(z_k^n - FB_{before_k}\hat{D}_{before_k}^n) \qquad \text{(ค-23)}$$

แทนค่า z ในสมการ (ค-21) ลงไปโดยที่ถือว่าประมาณ $D_{before_k}^n$ ได้ด้วย $\hat{D}_{before_k}^n$ อย่างสมบูรณ์ จะได้ค่าน้ำหนักถ่วงของวงจรกรองป้อนกลับในกรณีอุดมคติเป็น

$$FB_{before_k} = (\Gamma_{before_k} - \Gamma_{after_k}\Gamma_{after_k}^{-1}\Gamma_{after_k \times before_k})\mathbf{A}_{before_k}^n \qquad \text{(ค-24)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 เปรียบเทียบค่า $(f_{k,k})^2$ และ α_k เมื่อใช้ชุดรหัสในตารางที่ 4.1, 4.7 และ 4.10

ผู้ใช้	รหัสจากตาราง 4.1			รหัสจากตาราง 4.7			รหัสจากตาราง 4.10		
k	$f_{k,k}$	$(f_{k,k})^2$	α_k	$f_{k,k}$	$(f_{k,k})^2$	α_k	$f_{k,k}$	$(f_{k,k})^2$	α_k
1	0.6860	0.4706	0.4706	0.9887	0.9775	0.9775	0.6507	0.4234	0.4234
2	0.8997	0.8095	0.8095	0.9901	0.9803	0.9803	0.8737	0.7633	0.7633
3	0.9897	0.9796	0.9796	0.9354	0.8749	0.8749	0.7875	0.6202	0.6202
4	1	1	1	0.9921	0.9842	0.9842	0.8306	0.6899	0.6899
5				0.9469	0.8967	0.8967	0.8206	0.6734	0.6734
6				0.9552	0.9124	0.9124	0.9044	0.818	0.818
7				0.9941	0.9881	0.9881	0.8295	0.6881	0.6881
8				0.962	0.9255	0.9255	0.9593	0.9203	0.9203
9				0.9672	0.9355	0.9355	0.8899	0.7918	0.7918
10				0.9955	0.991	0.991	0.8804	0.7751	0.7751
11				0.9717	0.9441	0.9441	0.9366	0.8773	0.8773
12				0.939	0.8817	0.8817	0.9025	0.8146	0.8146
13				0.9491	0.9009	0.9009	0.9739	0.9484	0.9484
14				0.9569	0.9157	0.9157	0.9995	0.999	0.999
15				1	1	1	1	1	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเพียรพร หลินประเสริฐ เกิดวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2519 ที่กรุงเทพมหานคร เข้ารับการศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2541 ในระหว่างการศึกษาระดับมหาบัณฑิตนี้ได้รับทุนการศึกษาจากมูลนิธิเพื่อการศึกษาคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย