

บทที่ 4

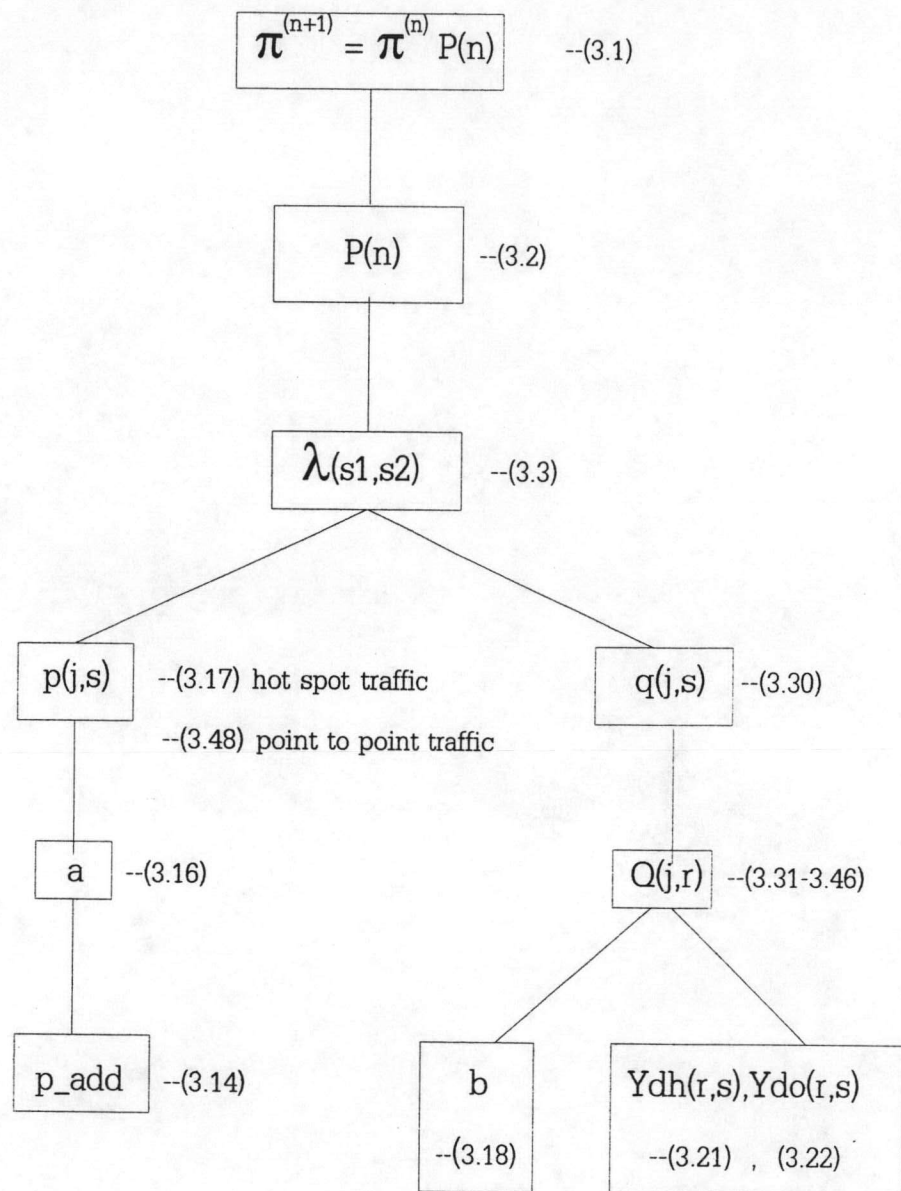
การทดสอบแชร์บัพเฟอร์สวิตช์ในภาวนอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิค

ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำเอาชุดสมการ queueing model ที่ได้จากการวิเคราะห์ในบทที่ 3 มาทดลองใช้เพื่อทดสอบว่าชุดสมการดังกล่าวสามารถใช้คำนวณค่าที่แสดงสมรรถนะของสวิตช์ได้ผลหรือไม่ รวมทั้งสมรรถนะของแชร์บัพเฟอร์สวิตช์ภายใต้ภาวะข้อมูลแบบฮือตสไปดกับพอยต์ทูปอยต์จะเป็นเช่นไร โดยคุณสมบัติที่พิจารณาได้แก่

1. Throughput
2. Delay Time
3. Loss Probability
4. Simplicity
5. Modularity

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ถึงแนวคิดในการสร้างสมการ queueing model ของแชร์บัพเฟอร์ในสวิตช์อีลิเมนต์ เราสามารถสรุปกระบวนการและสมการที่ใช้ในการคำนวณค่า $\pi(i)$ ในสถานะ steady state ของแต่ละสวิตช์อีลิเมนต์ได้ดังรูปที่ 4.1 จากนั้นจึงนำค่า $\pi(i)$ ที่ได้มาใช้ในการคำนวณค่า Throughput, Loss Probability และ Delay Time ตามสมการ (3.53), (3.55) และ (3.56-3.57) ตามลำดับ

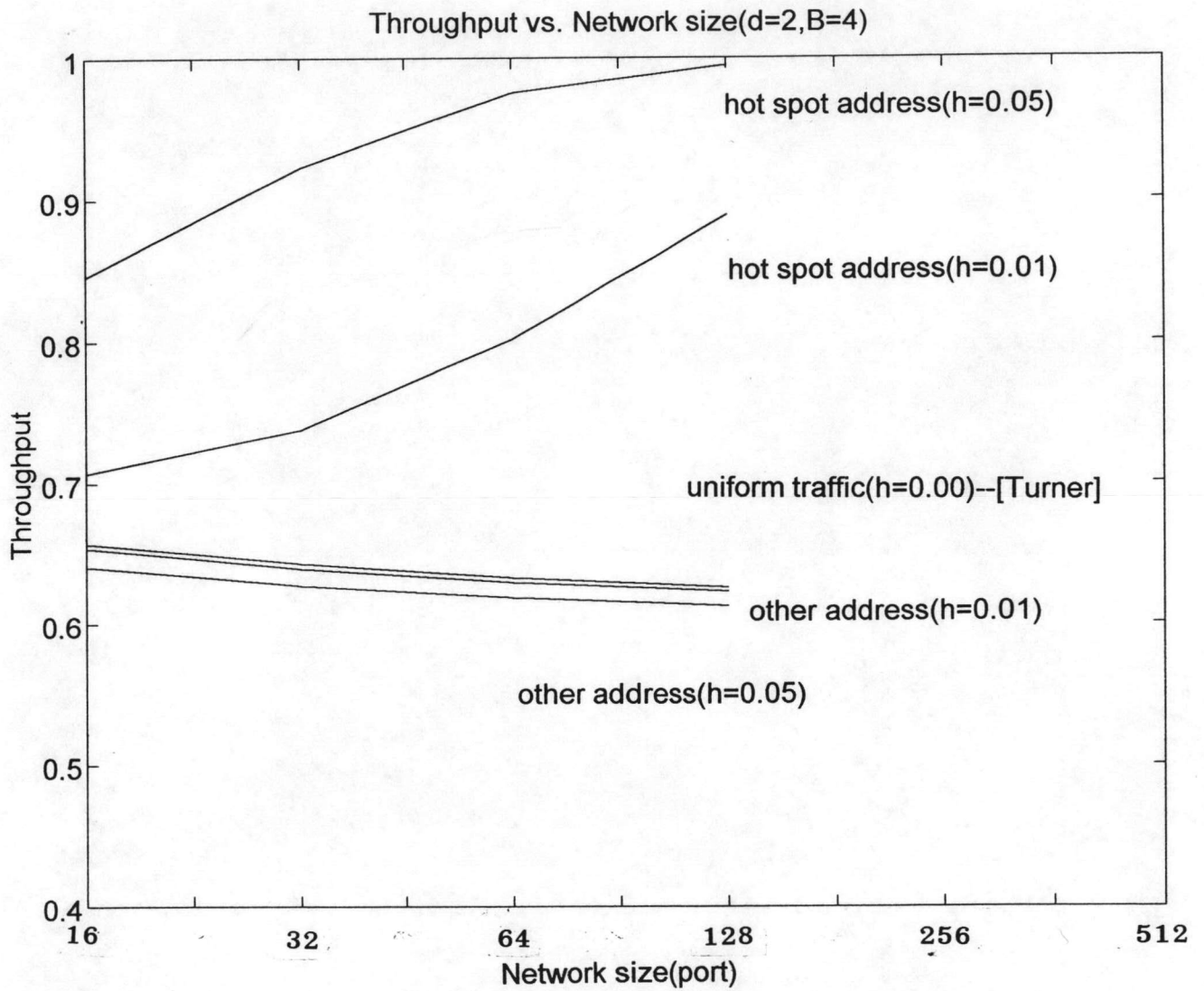
จะเห็นได้ว่าสมการต่างๆมีความซับซ้อนและประกอบด้วยกระบวนการมากมายเกินกว่าที่จะสามารถหาผลลัพธ์ด้วยการคำนวณด้วยมือเปล่าได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณโดยเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาซี โดยใช้ Borland C++ เวอร์ชัน 3.1 และใช้โปรแกรม Matlab เวอร์ชัน 4.0 ในการพล็อตกราฟเพื่อใช้แสดงผลการทดลองและสามารถนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ J.S Turner [4] ได้ดังต่อไปนี้



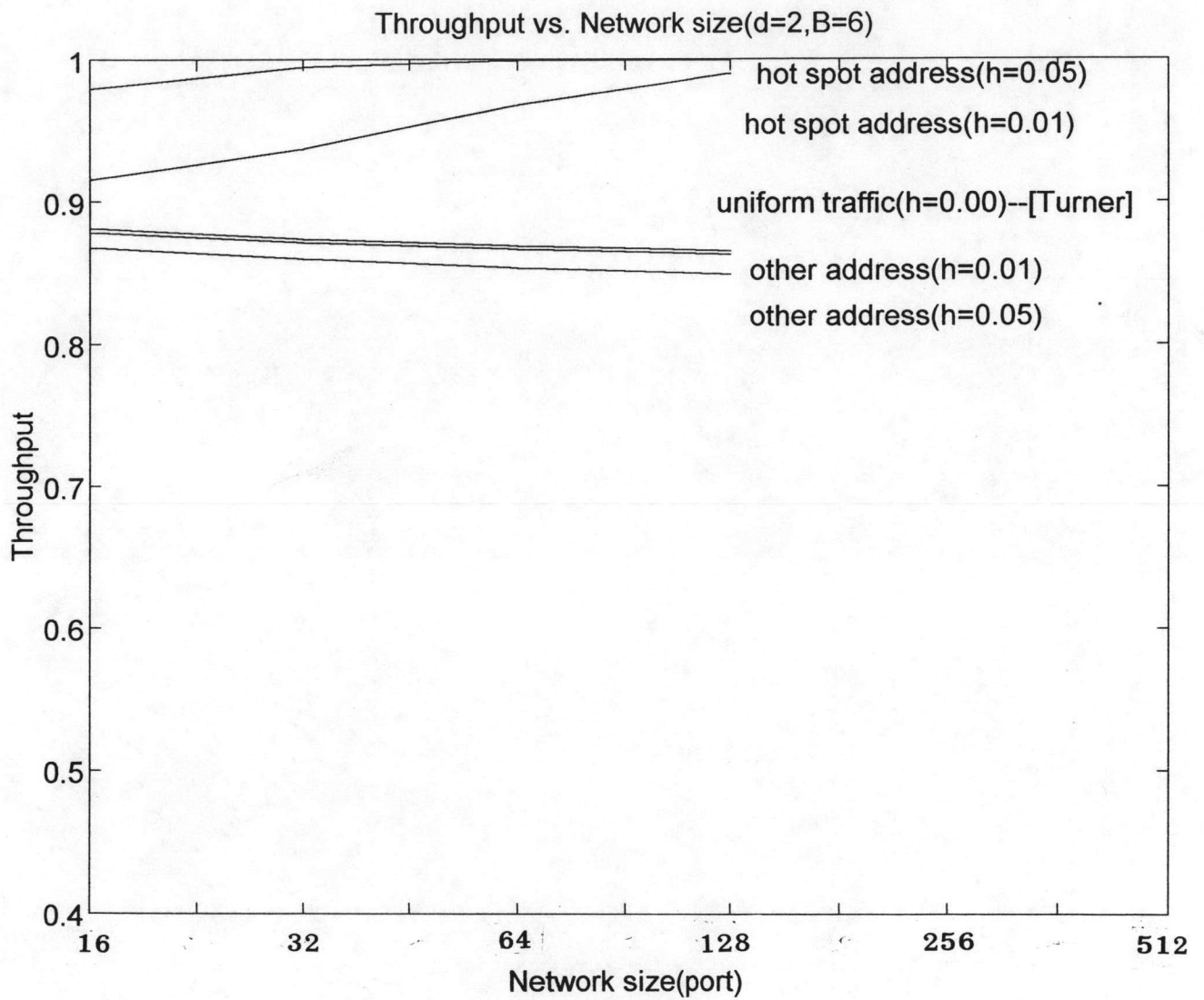
รูปที่ 4.1 ไคอะแกรมแสดงกระบวนการคำนวณหาค่า $\pi(i)$ ในสภาวะ steady state

4.1 Throughput

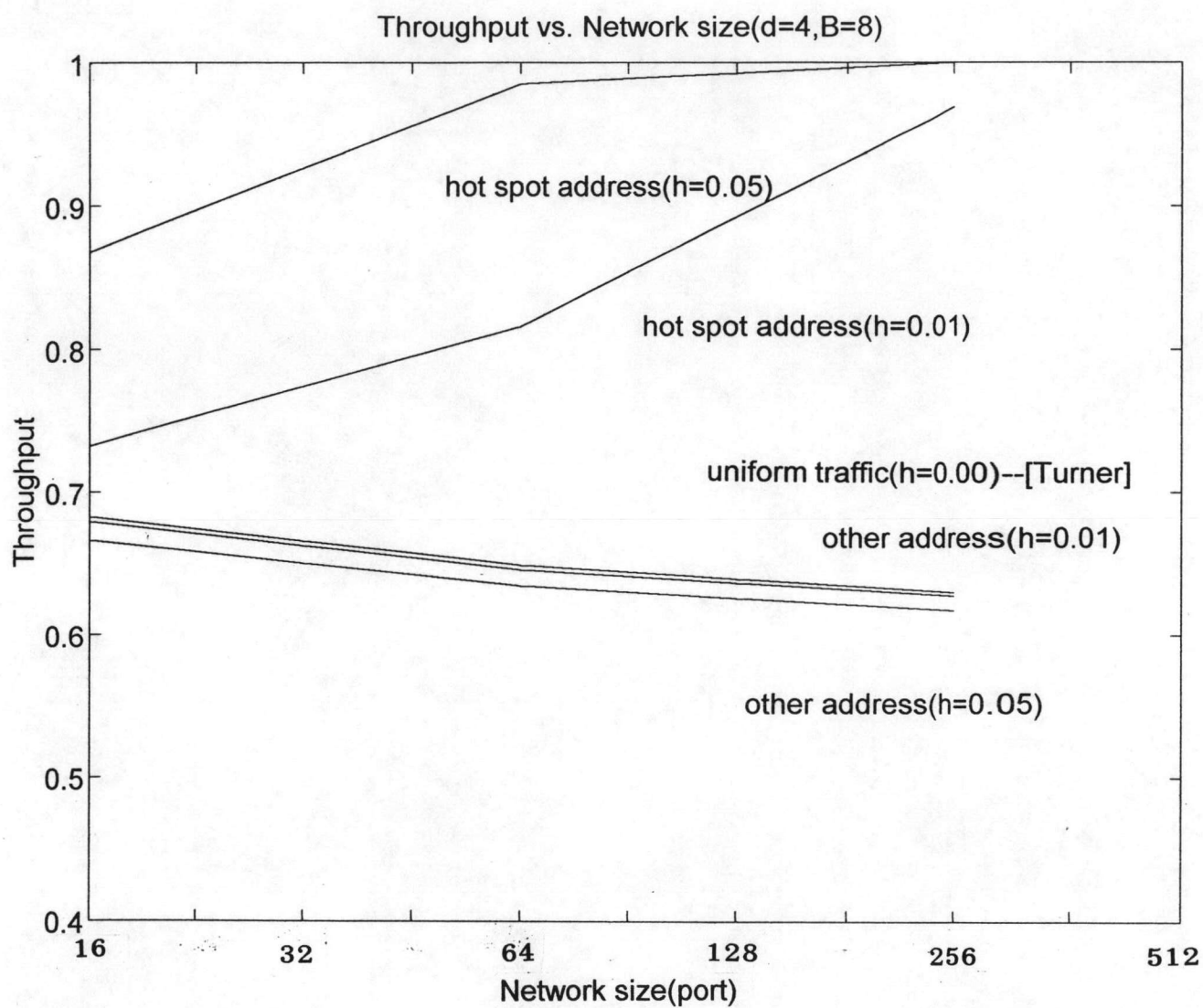
ในการวิเคราะห์หา Throughput ของสวิทช์ทำโดยการป้อน Traffic load เข้าสู่สวิทช์ขนาดต่างๆ โดยให้ traffic load มีค่าเป็น 1.00 ในทุกๆ อินพุตพอร์ต จะได้ผลการทดลองดังกราฟในรูป 4.2 สำหรับฮ็อตสปอตแทรฟฟิค



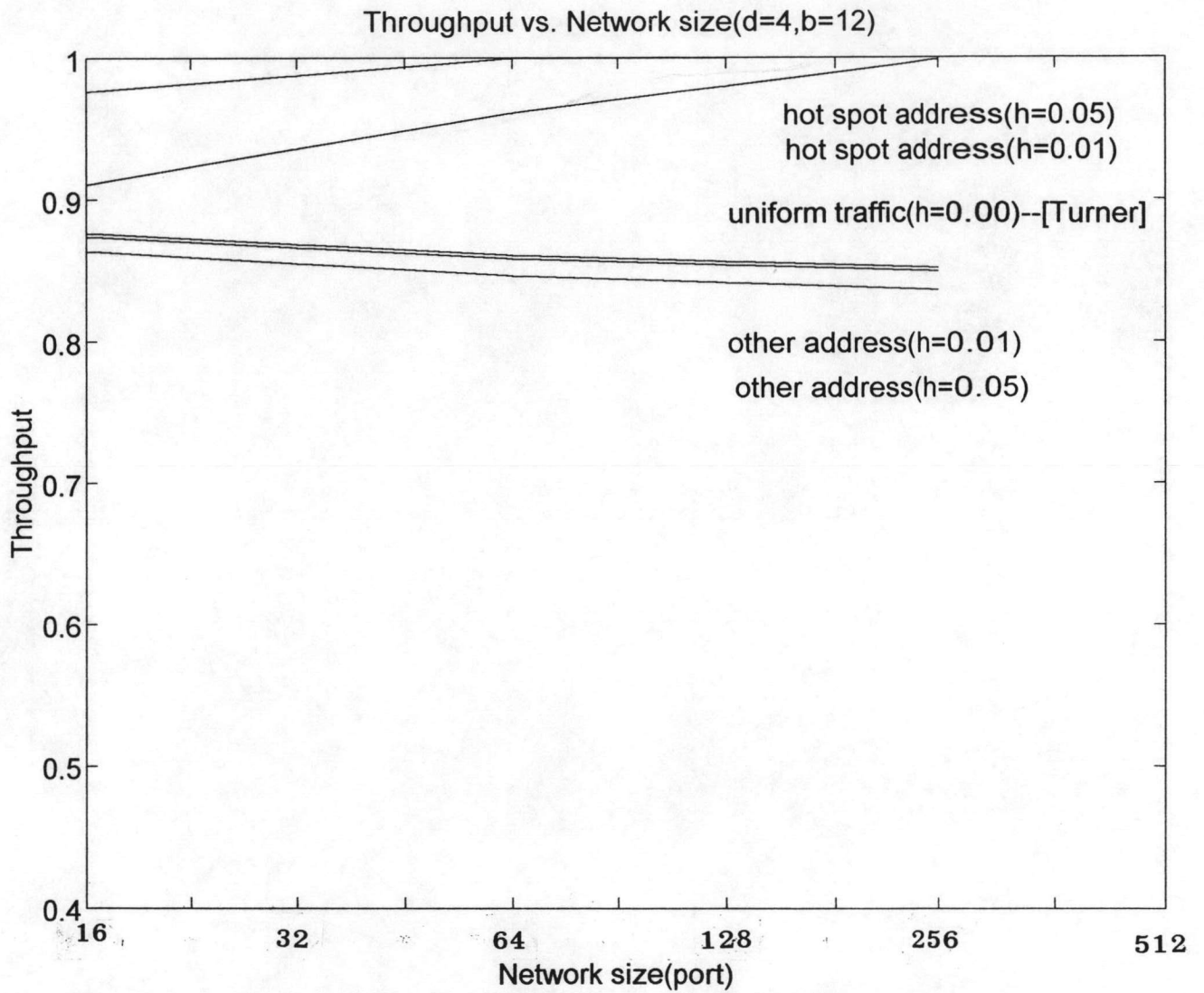
รูปที่ 4.2ก กราฟแสดงค่า Throughput กรณี hot spot traffic ($d=2, B=4$)
ที่ Network size ต่างๆกัน



รูปที่ 4.2ข กราฟแสดงค่า Throughput กรณี hot spot traffic ($d=2, B=6$)
ที่ Network size ต่างๆกัน



รูปที่ 4.2ค กราฟแสดงค่า Throughput กรณี hot spot traffic ($d=4, B=8$)
ที่ Network size ต่างๆกัน



รูปที่ 4.2ง กราฟแสดงค่า Throughput กรณี hot spot traffic ($d=4, B=12$)
ที่ Network size ต่างๆกัน

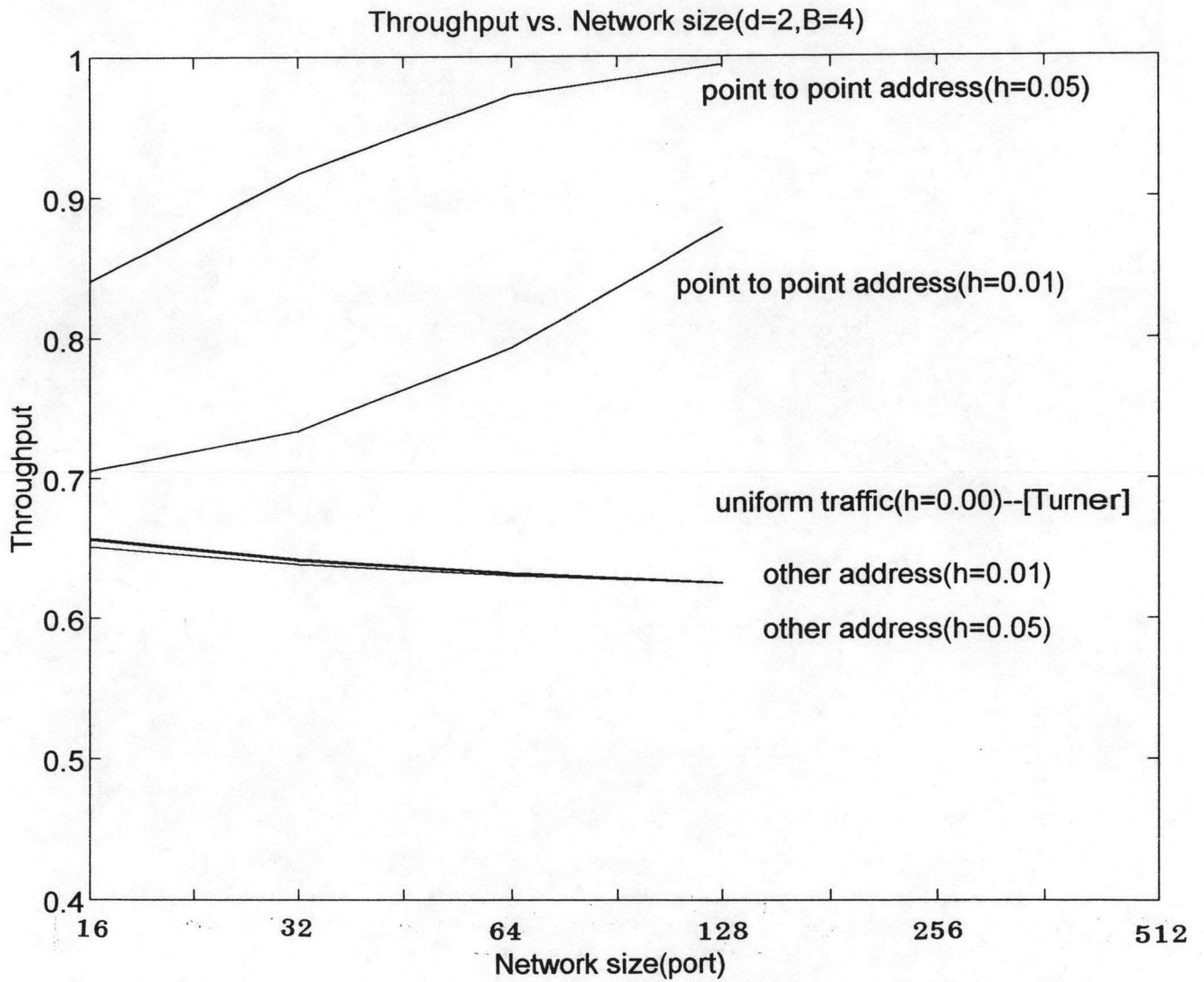
จากกราฟในรูป 4.2 จะเห็นว่าในกรณียูนิฟอร์มแทรฟฟิกหรือ $h=0$ นั้นเมื่อใช้ชุดสมการตามตาราง 3.1 แล้วกราฟที่ได้จะมีลักษณะเหมือนกับกราฟแสดงผลการทดลองของ J.S Turner [4] ที่ใช้ชุดสมการเดิมตามตาราง 3.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมการที่ใช้วิเคราะห์แชนแนลบัฟเฟอร์สวิตช์ในบทที่ 3 สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากกราฟในรูป 4.2 จะเห็นว่าเมื่อเกิดภาวะ hot spot traffic ขึ้นในสวิตช์เน็ตเวิร์คแล้วจะทำให้ throughput ของระบบโดยรวมลดลงไปกล่าวคือที่เอาต์พุตอื่นๆของสวิตช์เน็ตเวิร์คจะมี throughput ลดลง ในขณะที่ hot spot เอาต์พุตเท่านั้นที่จะมี throughput ที่สูงขึ้นอย่างมากและยิ่งสูงมากขึ้นจนเท่ากับ 1.00 หากขนาดของสวิตช์เน็ตเวิร์คมีขนาดใหญ่

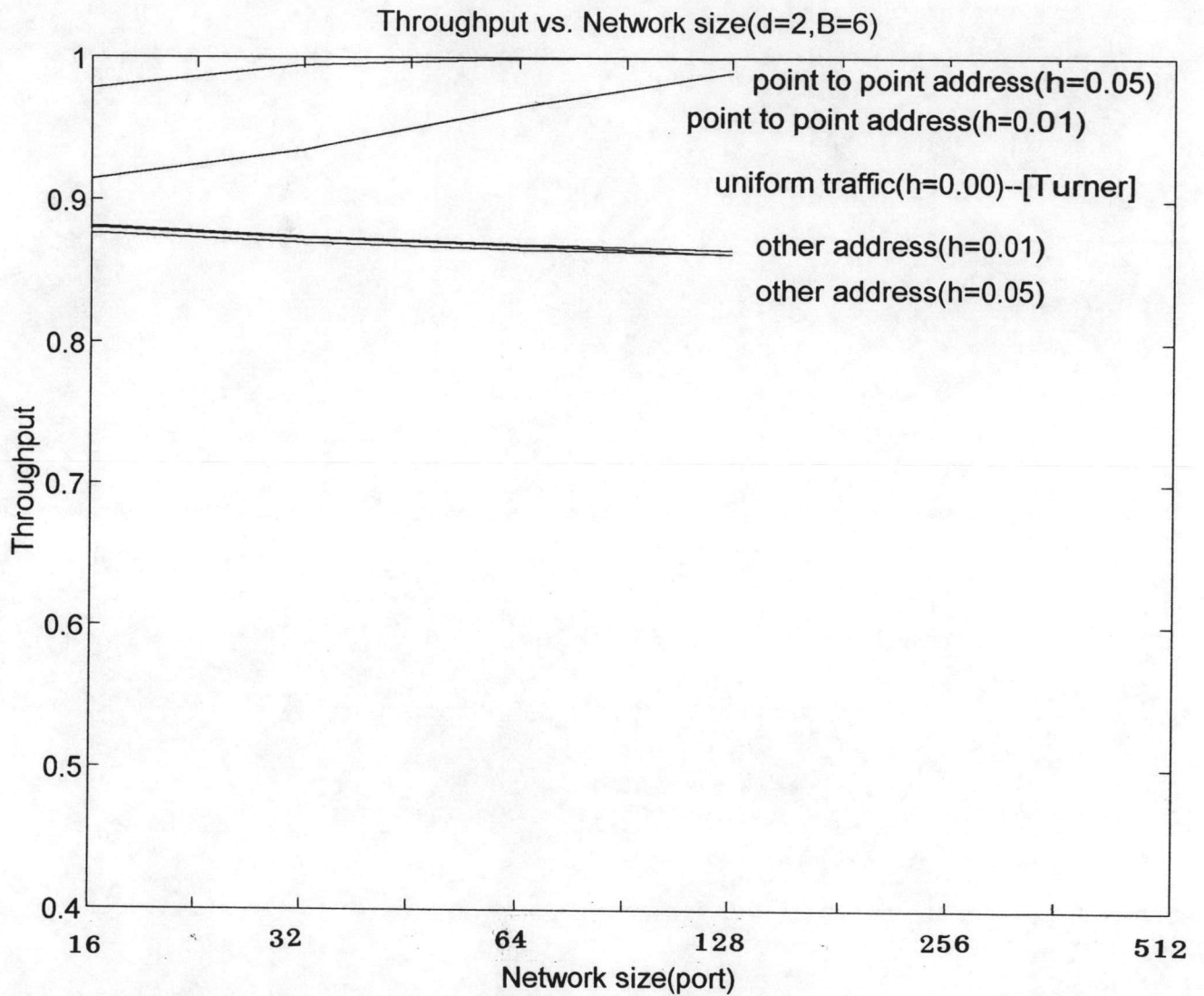
จากกราฟในรูป 4.2 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่ม hot spot rate จาก 0.00 เป็น 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ นั้นจะทำให้ throughput ของ hot spot เอาต์พุตเพิ่มขึ้นอย่างมาก นั่นคือ throughput ของ hot spot เอาต์พุต จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของ hot spot rate มาก

จากกราฟในรูป 4.2ก และ 4.2ค แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มขนาดของสวิตช์อีลิเมนต์และบัฟเฟอร์จาก $d=2$ และ $B=4$ เป็น $d=4$ และ $B=8$ ก็ไม่สามารถช่วยลดปรากฏการณ์ที่ throughput ลดลงได้แต่อย่างใด แต่เมื่อใช้สวิตช์อีลิเมนต์ขนาด $d=2$ เช่นเดิมแต่ใช้เปลี่ยนจำนวนบัฟเฟอร์จาก $B=4$ เป็น $B=6$ หรือจากอัตราส่วน $B/d = 2$ เป็น $B/d = 3$ แล้วจะเห็นว่าจะช่วยให้อัตราส่วนบัฟเฟอร์มี throughput ที่สูงขึ้นเป็นอย่างมากดังกราฟในรูป 4.2ข และในรูป 4.2ค และ 4.2ง ซึ่ง $d=4$ ก็แสดงผลในทิศทางเดียวกันกับกรณี $d=2$ นั่นคือ throughput ของ แชนแนลบัฟเฟอร์สวิตช์จะแปรผันตามอัตราส่วนระหว่างจำนวนบัฟเฟอร์ในสวิตช์อีลิเมนต์ต่อขนาดของสวิตช์อีลิเมนต์ (B/d)

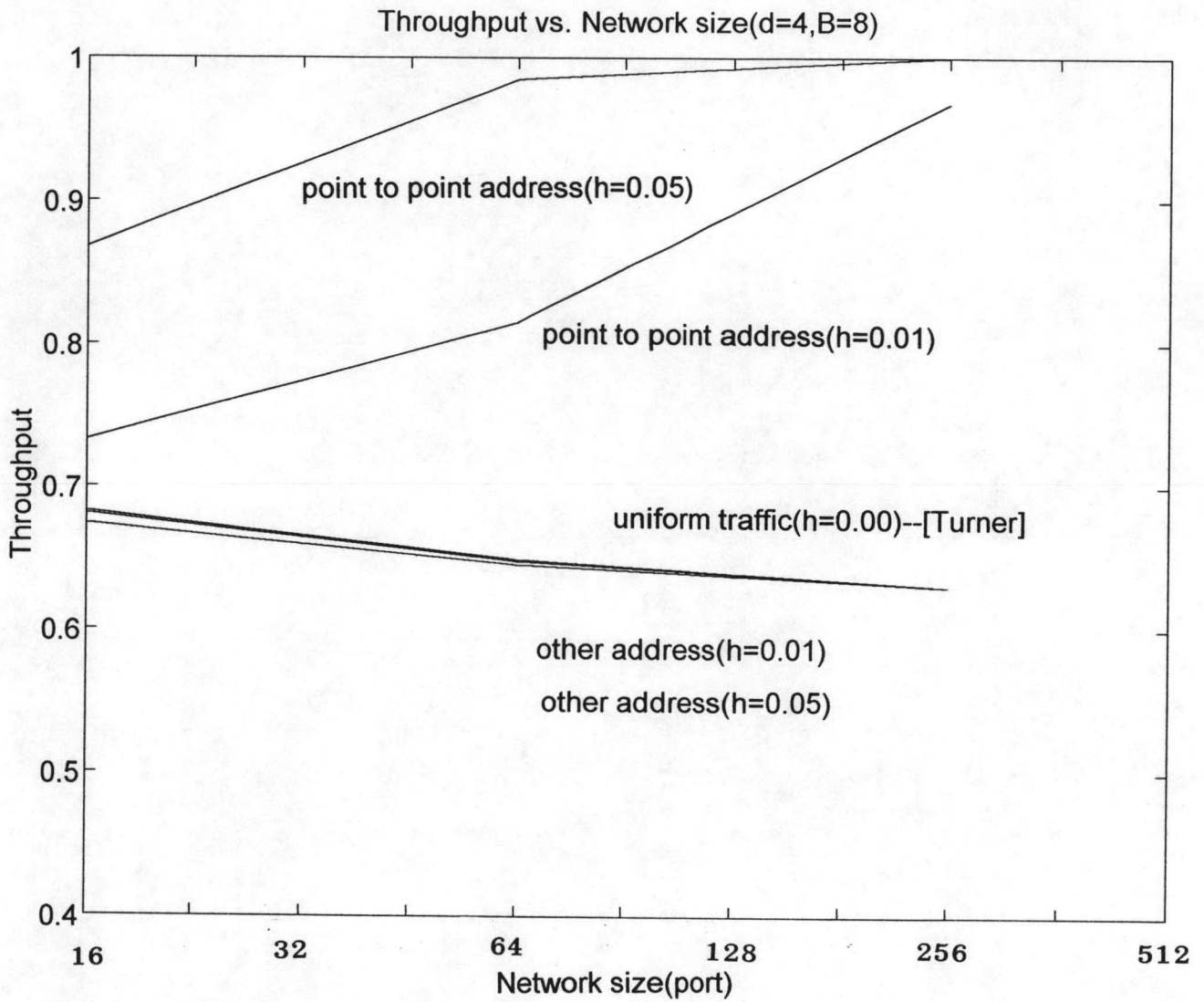
สำหรับในกรณีของพอยต์ทูพอยต์แทรฟฟิกซึ่งเป็นกรณีหนึ่งของฮอตสปอตแทรฟฟิกนั้นก็จะให้ผลในลักษณะเดียวกับฮอตสปอตแทรฟฟิกแต่ผลของการเป็นนอญูนิฟอร์มแทรฟฟิกจะไม่รุนแรงหรือเด่นชัดนัก เมื่อเทียบกับฮอตสปอตแทรฟฟิกดังกราฟในรูป 4.3



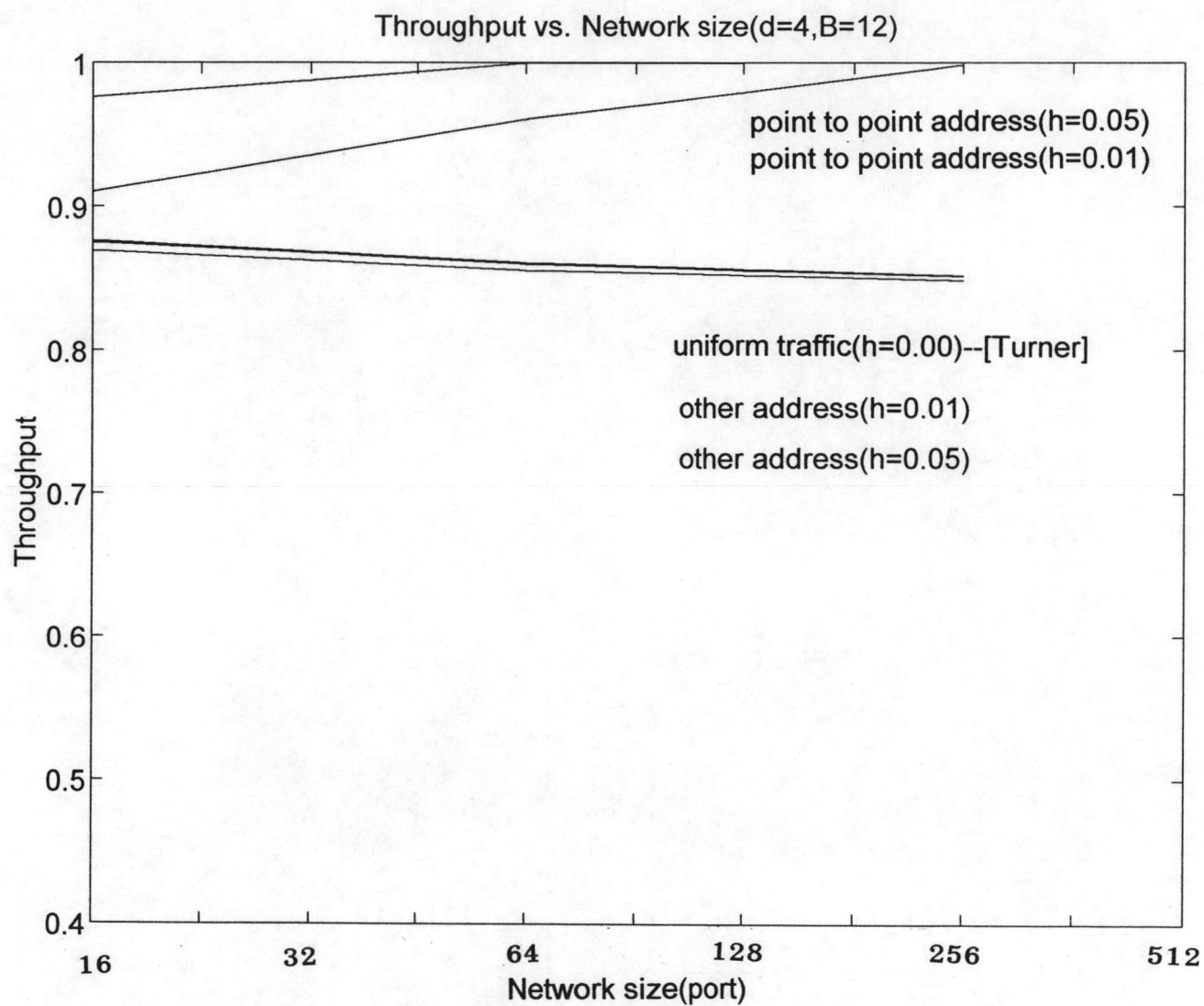
รูปที่ 4.3ก กราฟแสดงค่า Throughput กรณี Point to point traffic ($d=2, B=4$)
ที่ Network size ต่างๆกัน



รูปที่ 4.3x กราฟแสดงค่า Throughput กรณี Point to point traffic ($d=2, B=6$)
ที่ Network size ต่างๆกัน



รูปที่ 4.3ค กราฟแสดงค่า Throughput กรณี Point to point traffic ($d=4, B=8$)
ที่ Network size ต่างๆกัน



รูปที่ 4.3ง กราฟแสดงค่า Throughput กรณี Point to point traffic ($d=4, B=12$)
ที่ Network size ต่างๆกัน

4.2 Delay

การทดสอบการ delay เฉลี่ยของแพ็คเก็ตเมื่อเดินทางผ่านแชนแนลบัฟเฟอร์ของสวิตช์ขนาด 64x64 โดยป้อน traffic load ที่ค่าต่างๆจาก 0.1 ไปจนถึง 1.00 ได้ผลดังกราฟในรูป 4.4 สำหรับ ฮีตสโปดแทรฟฟิก

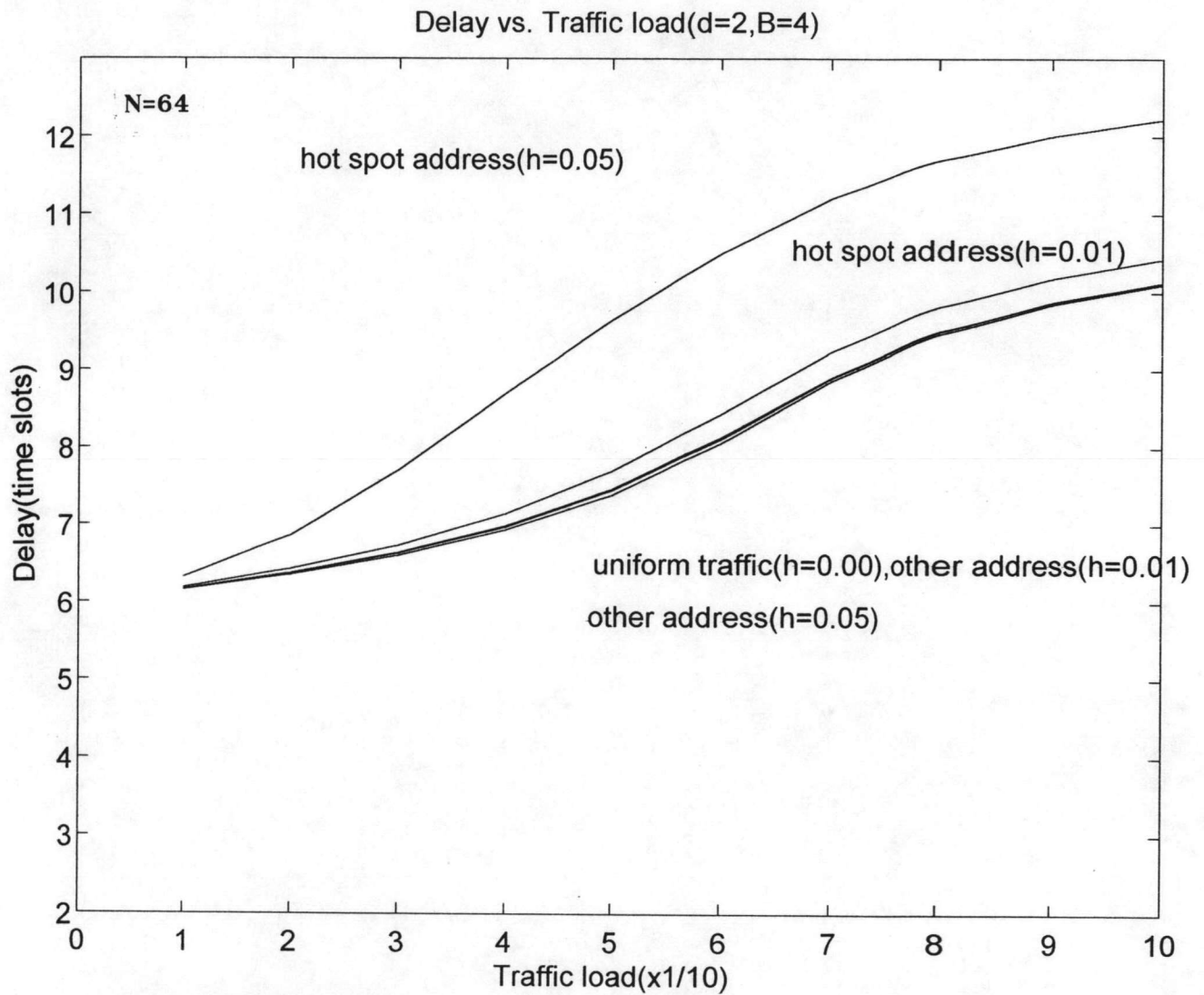
จากกราฟในรูปที่ 4.4 จะเห็นว่ากรณีที่ traffic load มีค่าสูงขึ้นทำให้มีแพ็คเก็ตเข้าสู่ระบบได้มากขึ้น เป็นผลให้ออกาสที่แพ็คเก็ตที่มีเอาท์พุตแอดเดรสเดียวกันเกิดการแย่งชิงเอาท์พุตพอร์ตที่จะออกไปมากขึ้น ทำให้แพ็คเก็ตตัวที่ไม่ได้รับสัญญาณควบคุมการส่งต้องค้างอยู่ที่บัฟเฟอร์เพื่อรอแย่งกันใน time slot ต่อไป จึงทำให้มี delay เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จากกราฟในรูป 4.4ก และ 4.4ข จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มขนาดของบัฟเฟอร์จาก $d=2$ และ $B=4$ เป็น $d=2$ และ $B=6$ จะพบว่ากราฟมีลักษณะคล้ายกันแต่จะต่างกันตรงที่ ที่ traffic load ที่สูงๆ นั้นการที่เราใช้ B เท่ากับ 6 จะทำให้ระบบมี delay ที่สูงขึ้นกว่ากรณี $B=4$ ทั้งนี้เป็นเพราะการที่สวิตช์เน็ตเวิร์กมีบัฟเฟอร์ขนาดใหญ่ขึ้นทำให้การเก็บบัฟเฟอร์ทำได้มากขึ้น การที่มีบัฟเฟอร์มากขึ้นทำให้เหลือแพ็คเก็ตค้างอยู่ในบัฟเฟอร์มากขึ้นทำให้มี delay มากขึ้นนั่นเอง

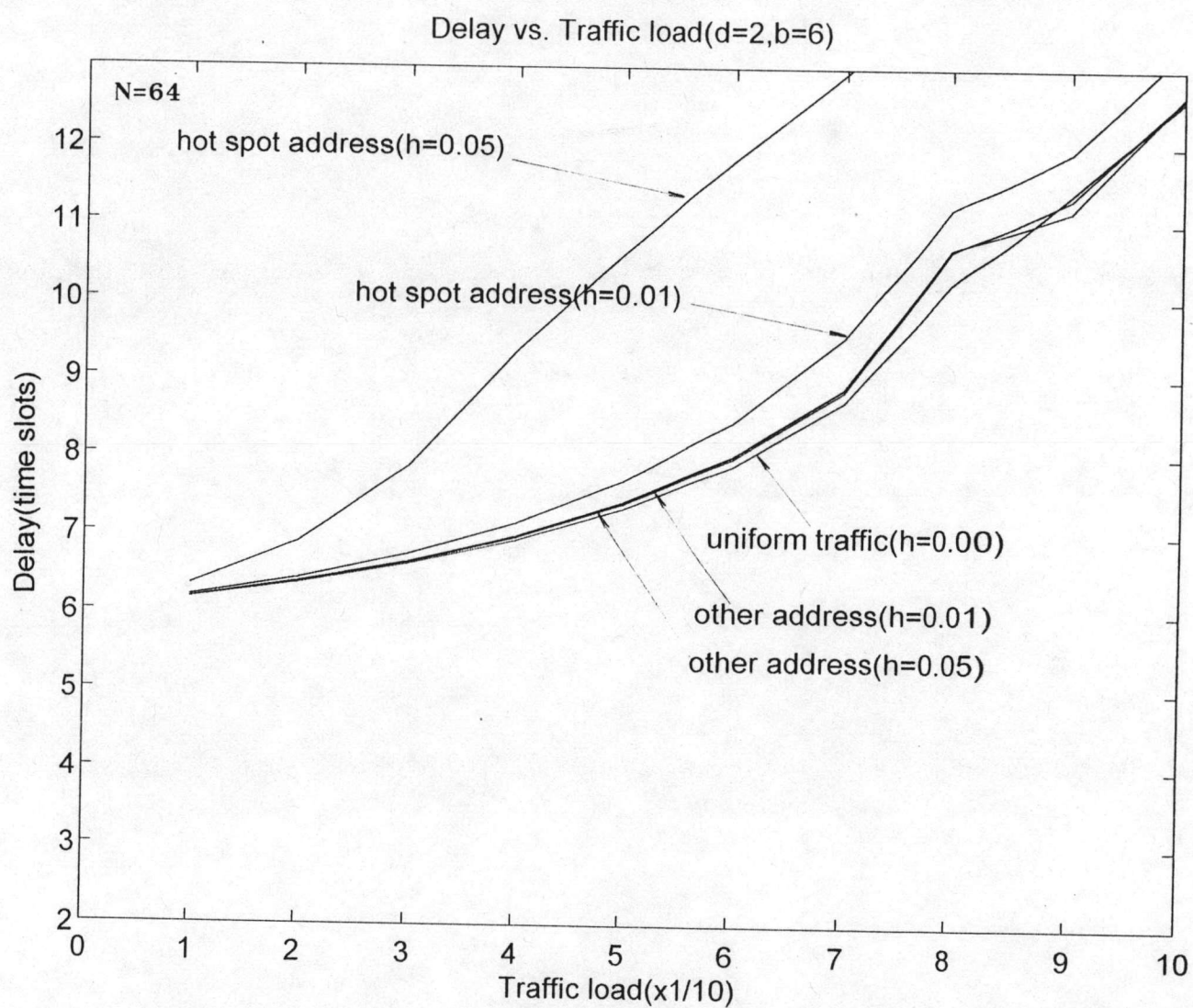
แต่เมื่อใช้สวิตช์อีลิเมนต์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจาก $d=2$ และ $B=4$ เป็น $d=4$ และ $B=8$ จะได้กราฟผลการทดลองดังกราฟในรูป 4.4ค จะเห็นว่าการใช้สวิตช์อีลิเมนต์ขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ delay ลดลงเป็นอย่างมากทั้งนี้เป็นเพราะการใช้สวิตช์อีลิเมนต์ขนาดใหญ่ขึ้นทำให้จำนวนสแตจในสวิตช์เน็ตเวิร์กน้อยลง เช่นกรณี $N=64$ เมื่อใช้ $d=2$ จะมีสแตจเท่ากับ 4 สแตจ แต่หากใช้ $d = 4$ จะมีสแตจเท่ากับ 3 สแตจ

จากกราฟในรูป 4.4 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่ม nonuniform traffic rate ขึ้นจะทำให้เอาท์พุตแอดเดรสที่เกิด nonuniform มี delay สูงขึ้นไปด้วย ส่วนในเอาท์พุตแอดเดรสอื่นนั้นแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณแพ็คเก็ตเฉลี่ยในบัฟเฟอร์เปลี่ยนแปลงไปตามภาวะของข้อมูล

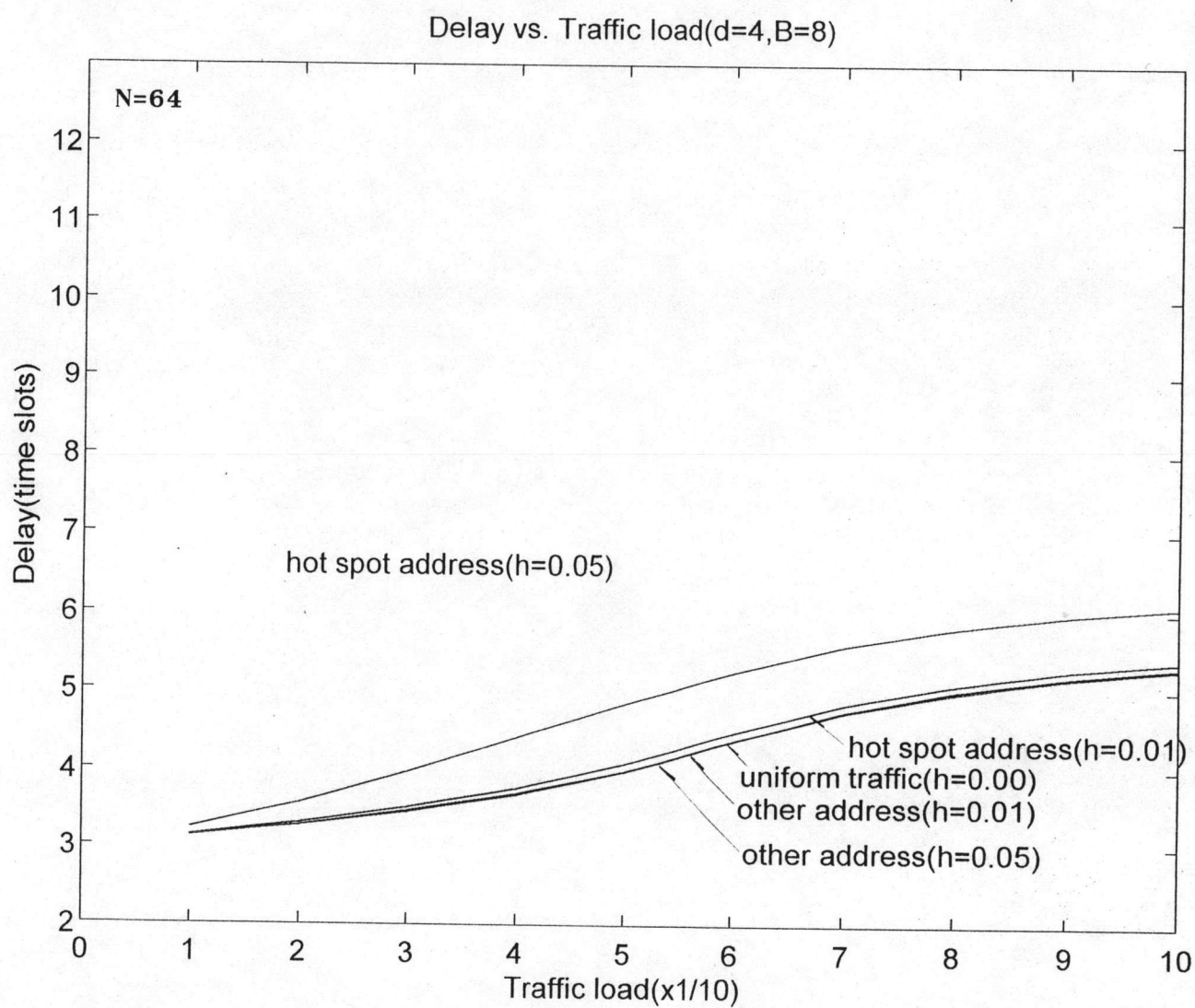
สำหรับ Point to point traffic ก็จะให้ผลในทำนองเดียวกัน ดังกราฟในรูป 4.5



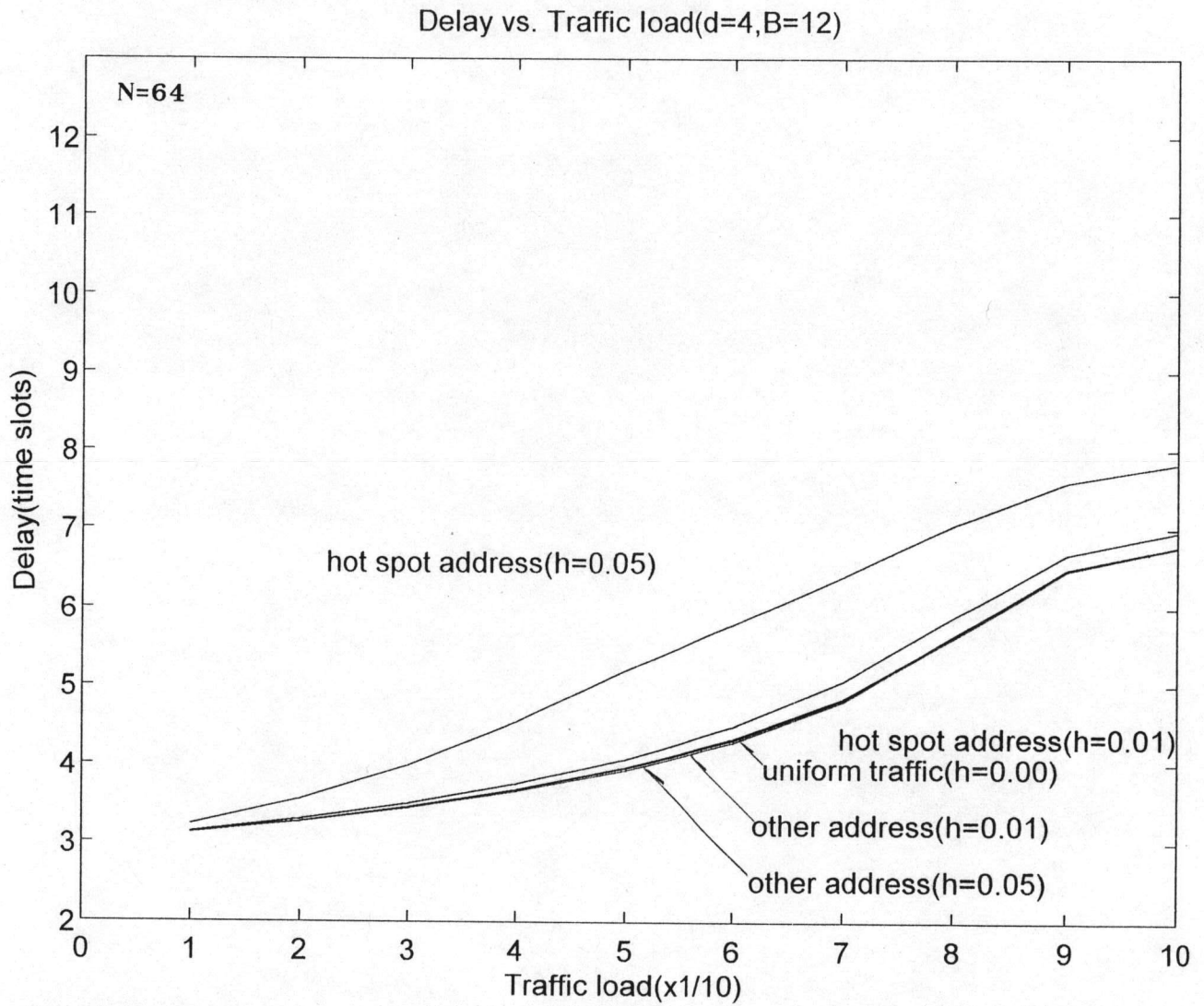
รูปที่ 4.4ก กราฟแสดงค่า Delay time กรณี hot spot traffic ($d=2, B=4$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



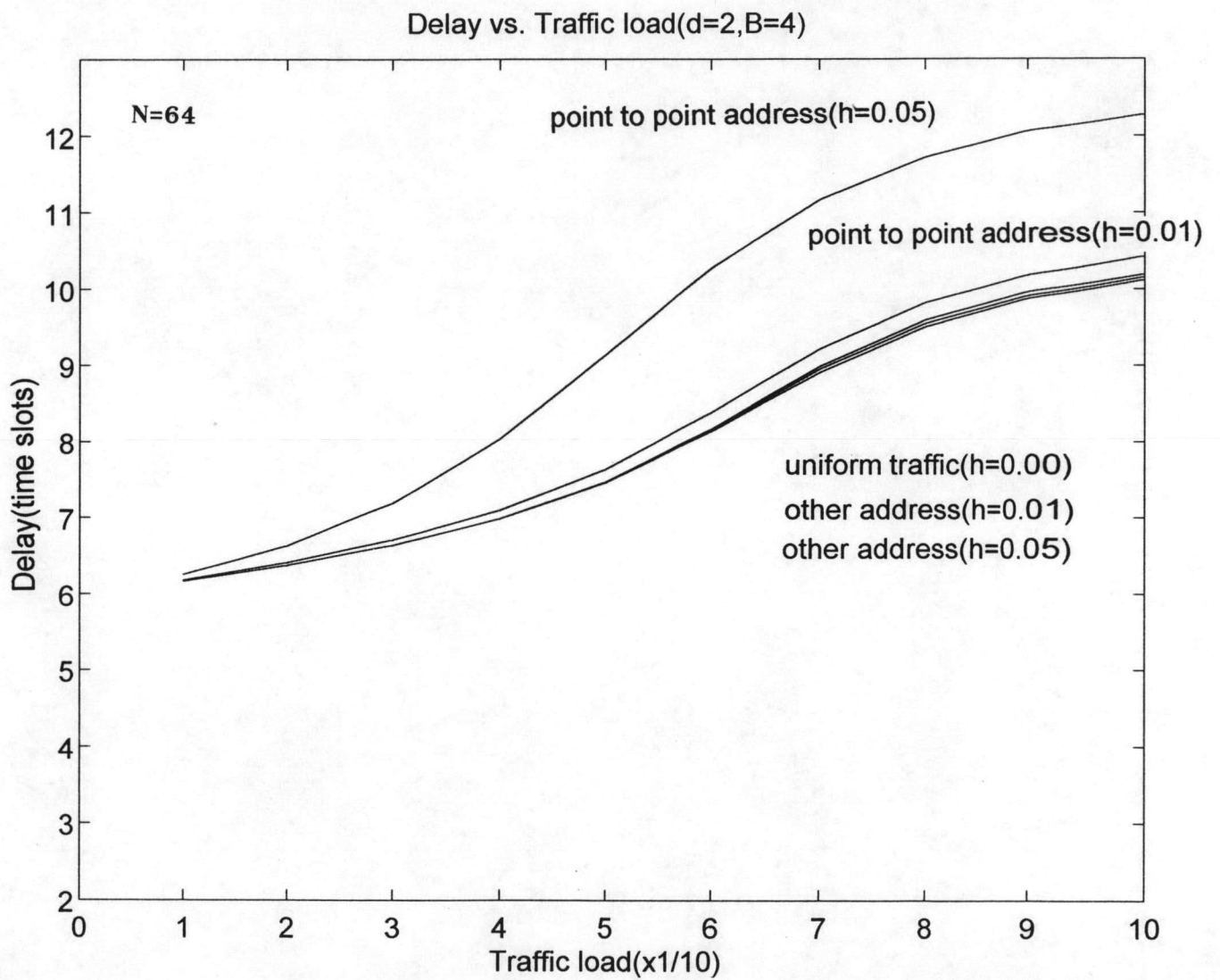
รูปที่ 4.4x กราฟแสดงค่า Delay time กรณี hot spot traffic ($d=2, B=6$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



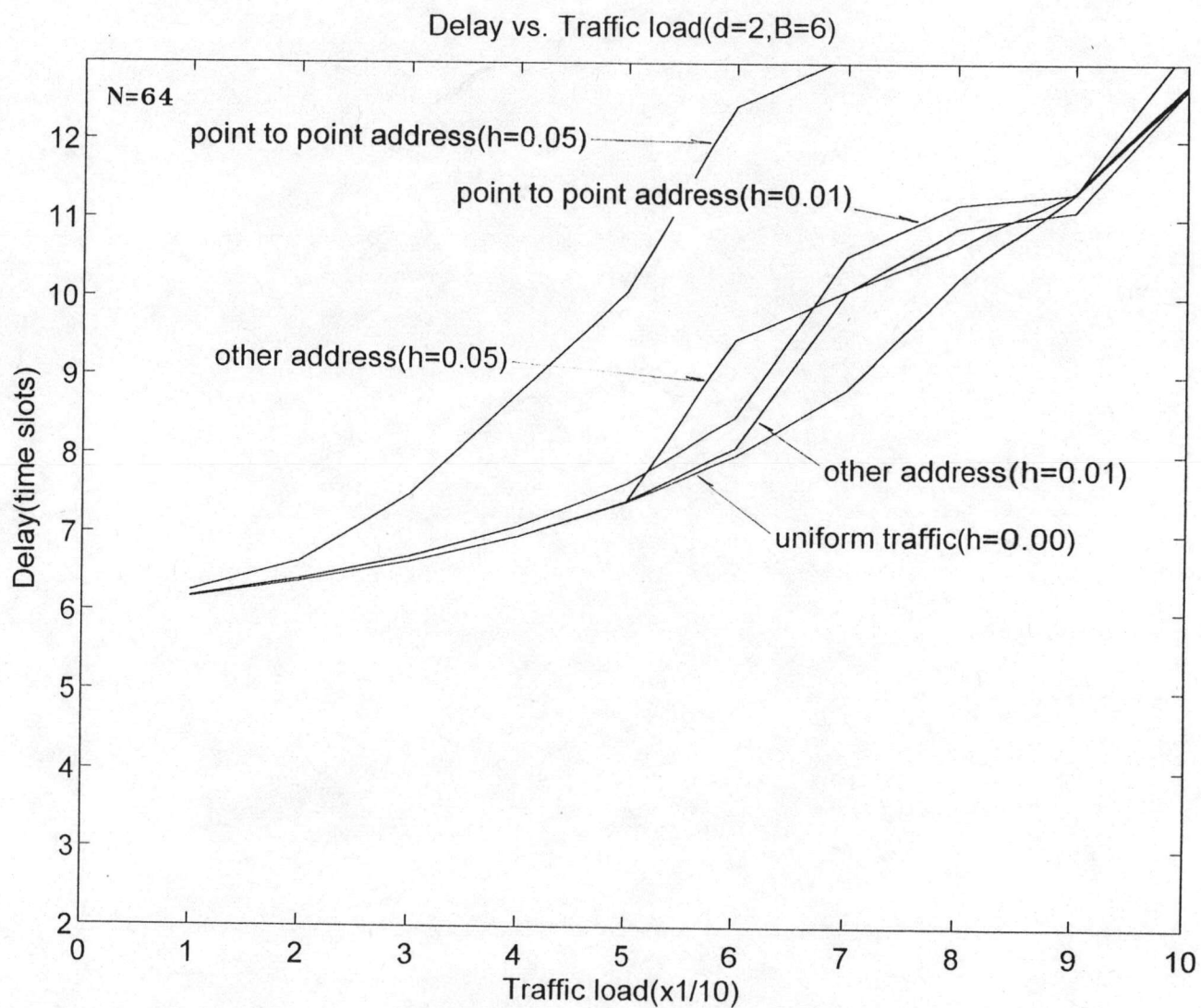
รูปที่ 4.4ก กราฟแสดงค่า Delay time กรณี hot spot traffic ($d=4, B=8$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



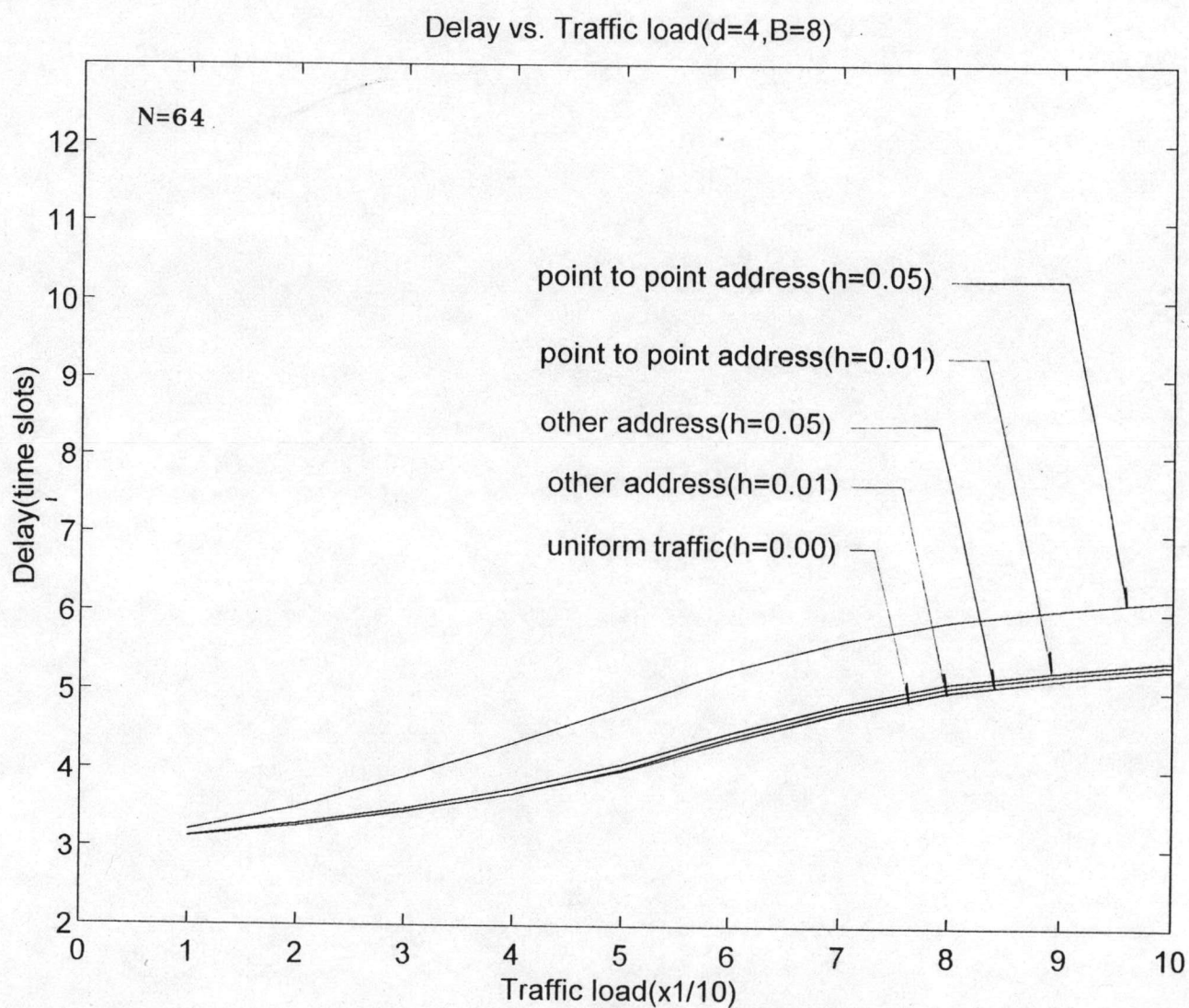
รูปที่ 4.4ง กราฟแสดงค่า Delay time กรณี hot spot traffic ($d=4, B=12$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



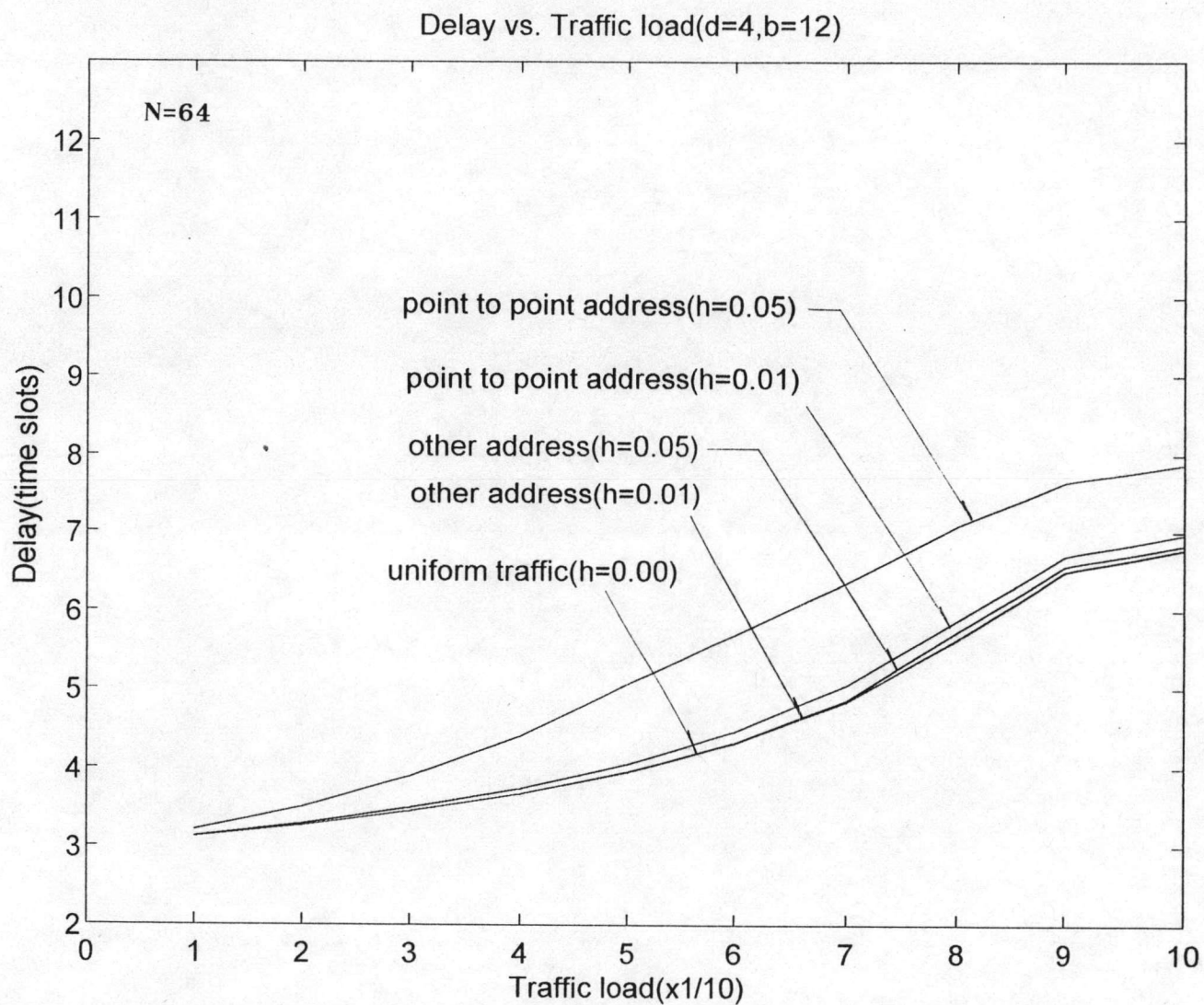
รูปที่ 4.5ก กราฟแสดงค่า Delay time กรณี Point to point traffic ($d=2, B=4$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



รูปที่ 4.5x กราฟแสดงค่า Delay time กรณี Point to point traffic ($d=2, B=6$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



รูปที่ 4.5ค กราฟแสดงค่า Delay time กรณี Point to point traffic (d=4,B=8) ที่ traffic load ต่างๆกัน



รูปที่ 4.5ง กราฟแสดงค่า Delay time กรณี Point to point traffic ($d=4, B=12$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน

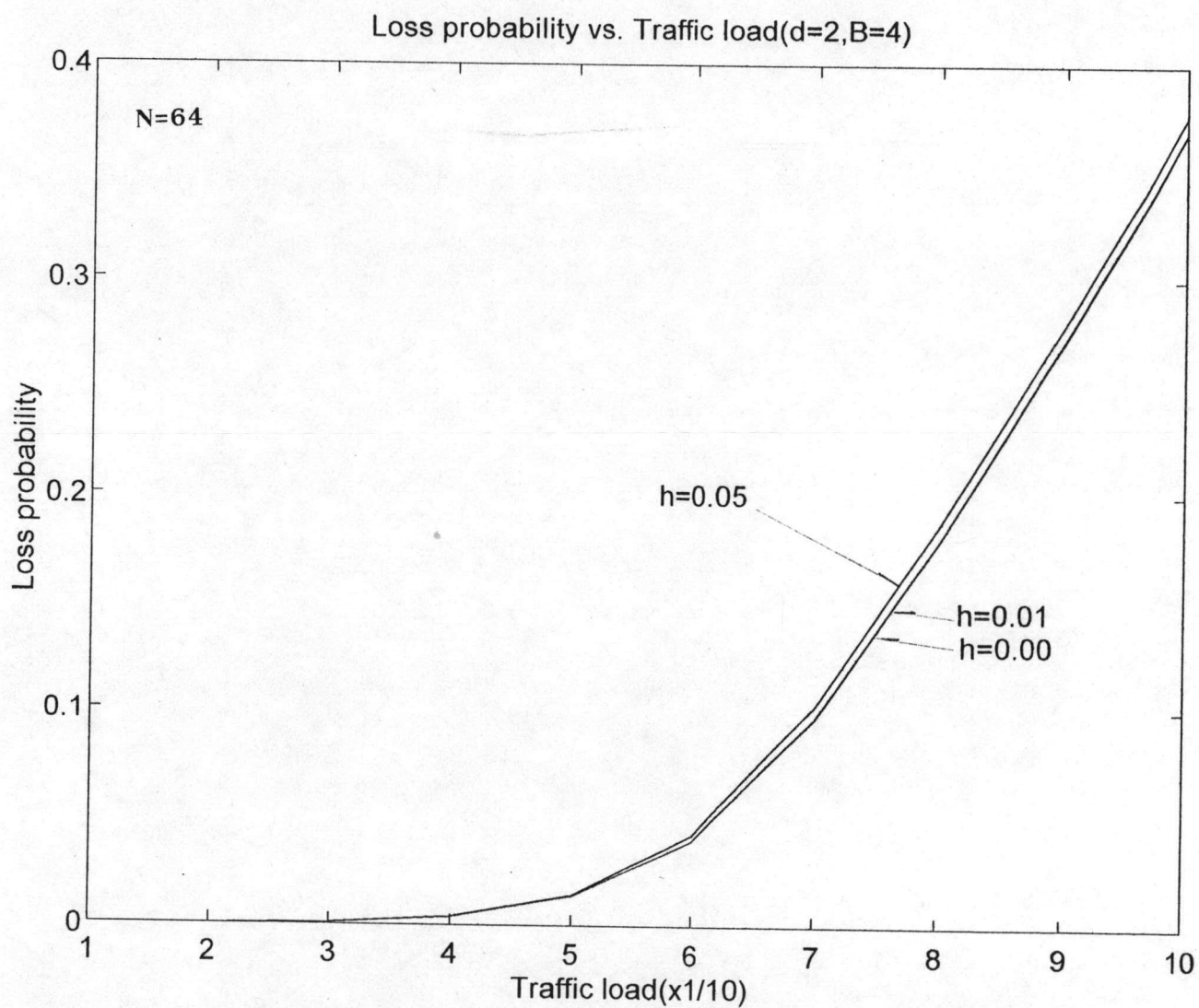
4.3 Loss Probability

การทดสอบหา loss probability ของแพ็คเก็ตเมื่อเดินทางผ่านเซิร์ฟเวอร์สวิตช์ขนาด 64x64 โดยป้อน traffic load ที่ค่าต่างๆจาก 0.1 ไปจนถึง 1.00 ได้ผลดังกราฟในรูป 4.6 สำหรับฮ็อตสปอตแทรฟฟิก

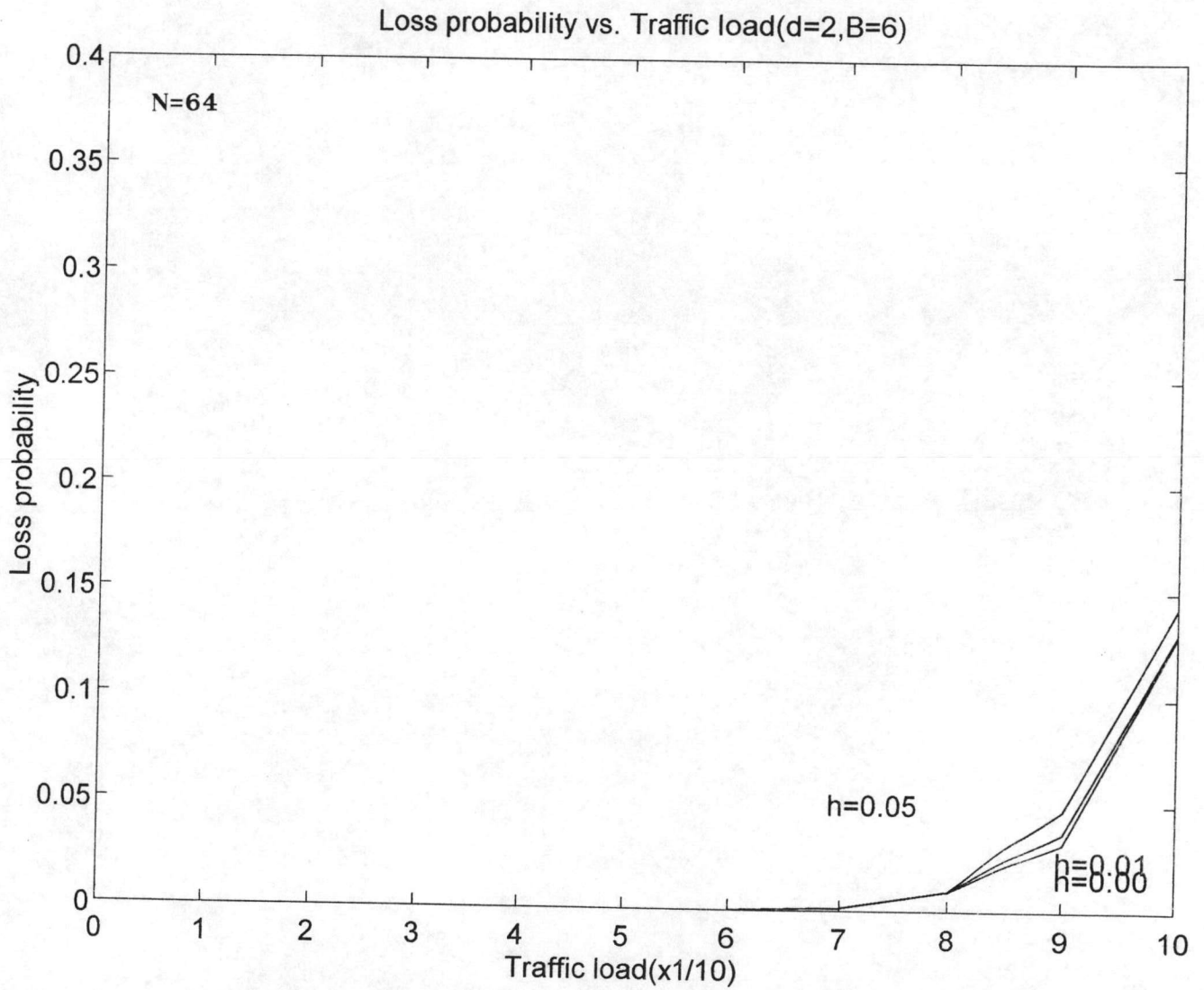
จากกราฟในรูป 4.6 จะเห็นว่าเมื่อ traffic load เพิ่มขึ้นจะทำให้ loss probability เพิ่มขึ้นไปด้วย พิจารณากราฟในรูป 4.6ก,ข จะเห็นว่าที่ $d=2$ เมื่อเพิ่มขนาดของบัฟเฟอร์จาก $B=4$ เป็น $B=6$ โดยเพิ่ม $B/d=2$ เป็น $B/d=3$ แล้วจะทำให้ระบบมี loss probability ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งในกรณี $d=4$ ก็จะทำให้ผลในทำนองเดียวกันดังกราฟในรูป 4.6ค,ง ส่วนการเพิ่มขนาดของ B แต่ B/d ยังคงเดิม ดังรูป 4.6 ก,ค จะไม่ทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด

จากกราฟในรูป 4.6 จะเห็นว่าเมื่อสถานะนอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิกรุนแรงขึ้นจะทำให้ loss probability เพิ่มขึ้นไปด้วยซึ่งพอยต์ทูพอยต์แทรฟฟิกก็ให้ผลในทำนองเดียวกันดังกราฟในรูป 4.7

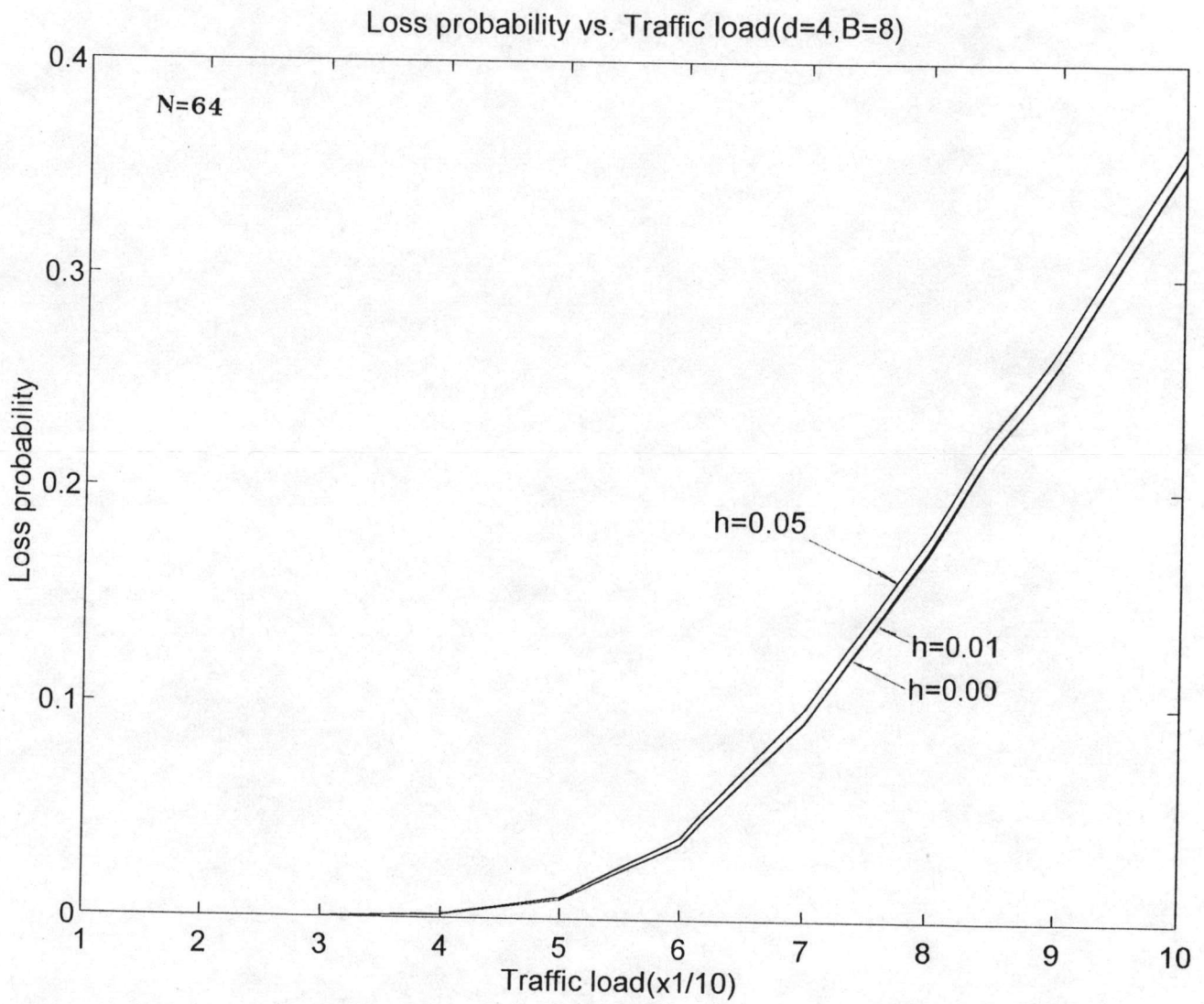
จะเห็นว่าเซิร์ฟเวอร์สวิตช์จะมี loss probability ที่สูงมากซึ่งเป็นข้อเสียที่สำคัญ แต่ทั้งนี้สามารถแก้ไขได้โดยการต่อ input buffer ขนาดที่เหมาะสมมาใส่ไว้ข้างหน้าอินพุตพอร์ตของสวิตช์อีลิเมนต์ซึ่งจะได้ทำการศึกษาต่อไป



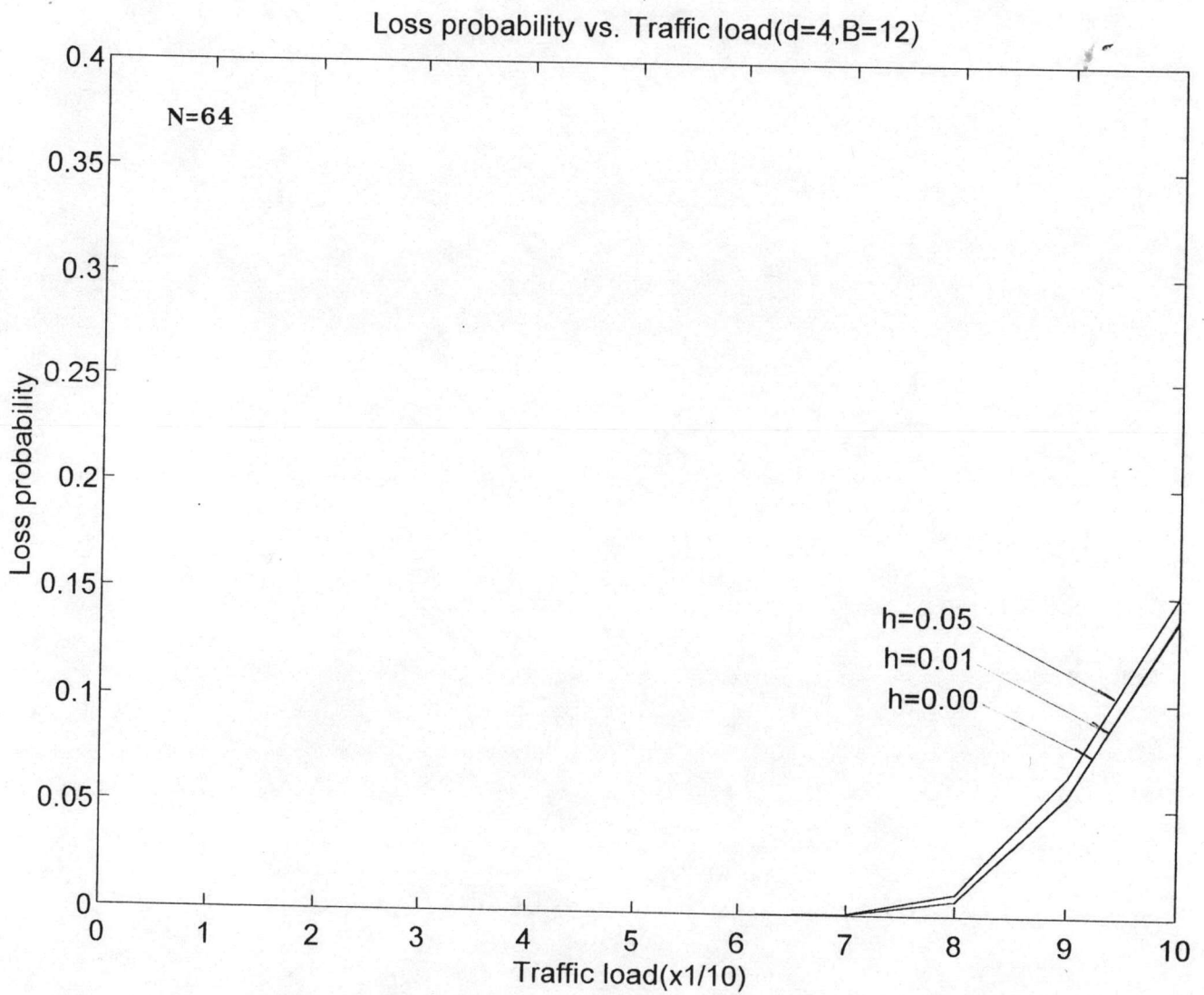
รูปที่ 4.6ก กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี hot spot traffic ($d=2, B=4$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



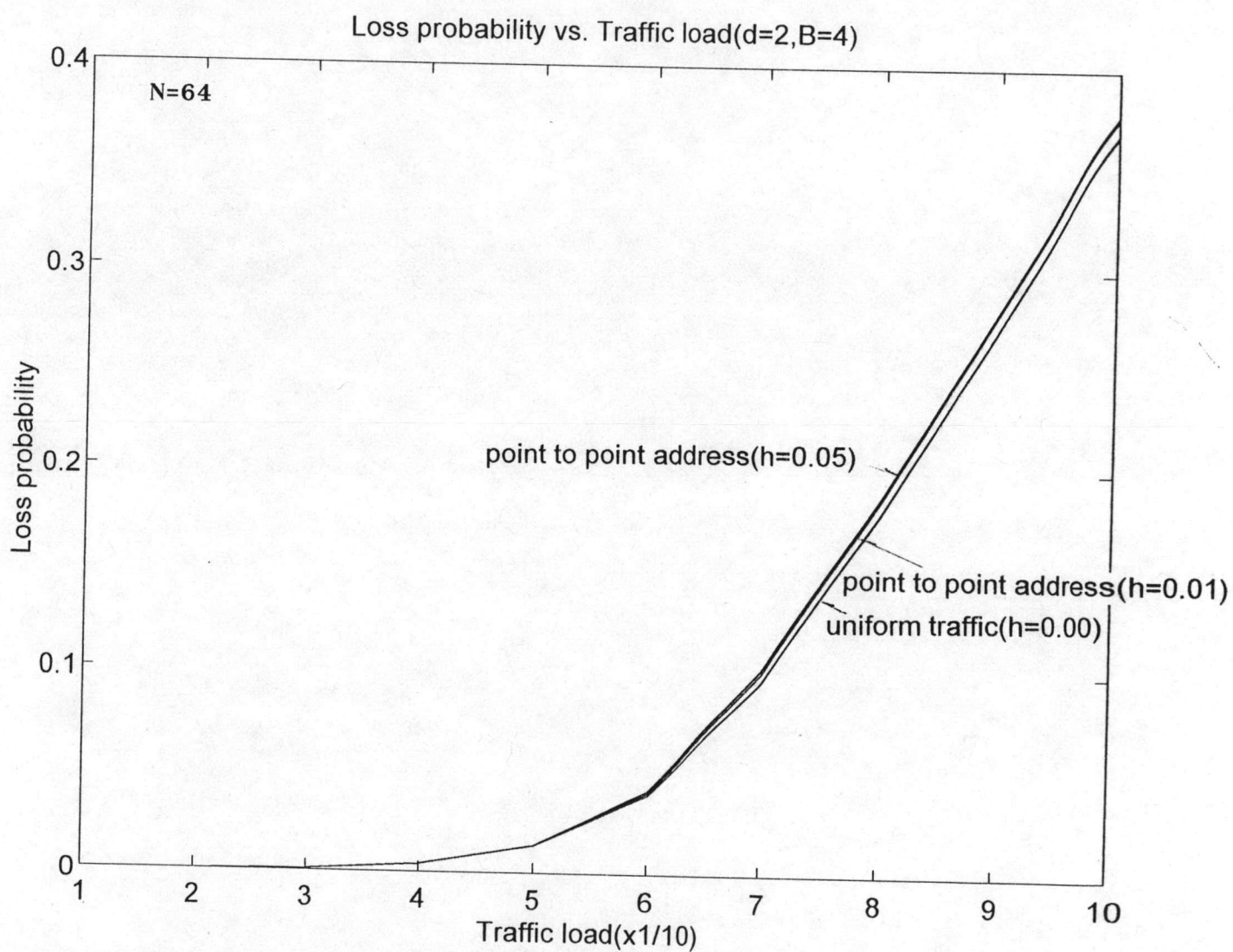
รูปที่ 4.6x กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี hot spot traffic ($d=2, B=6$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



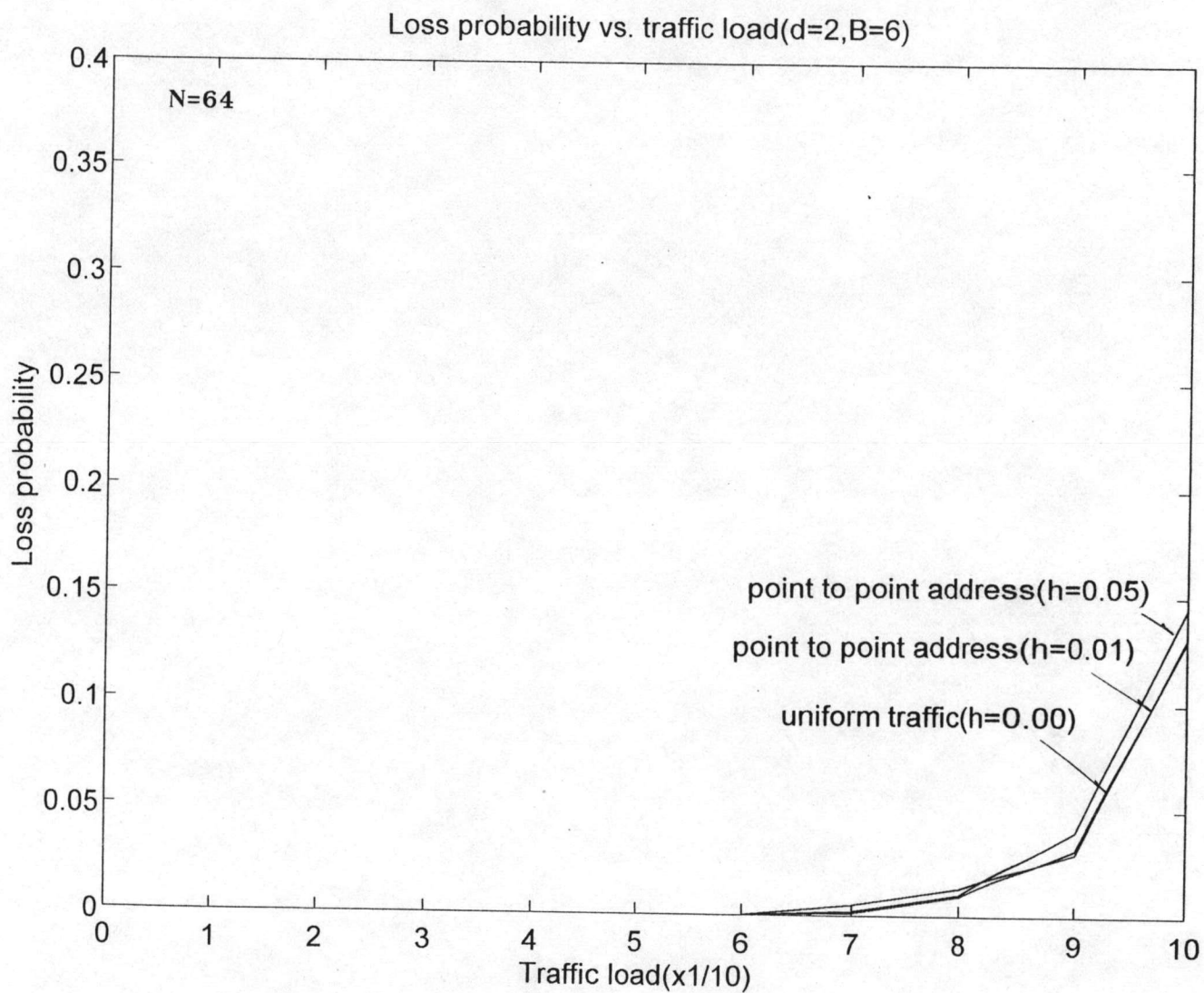
รูปที่ 4.6ค กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี hot spot traffic ($d=4, B=8$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



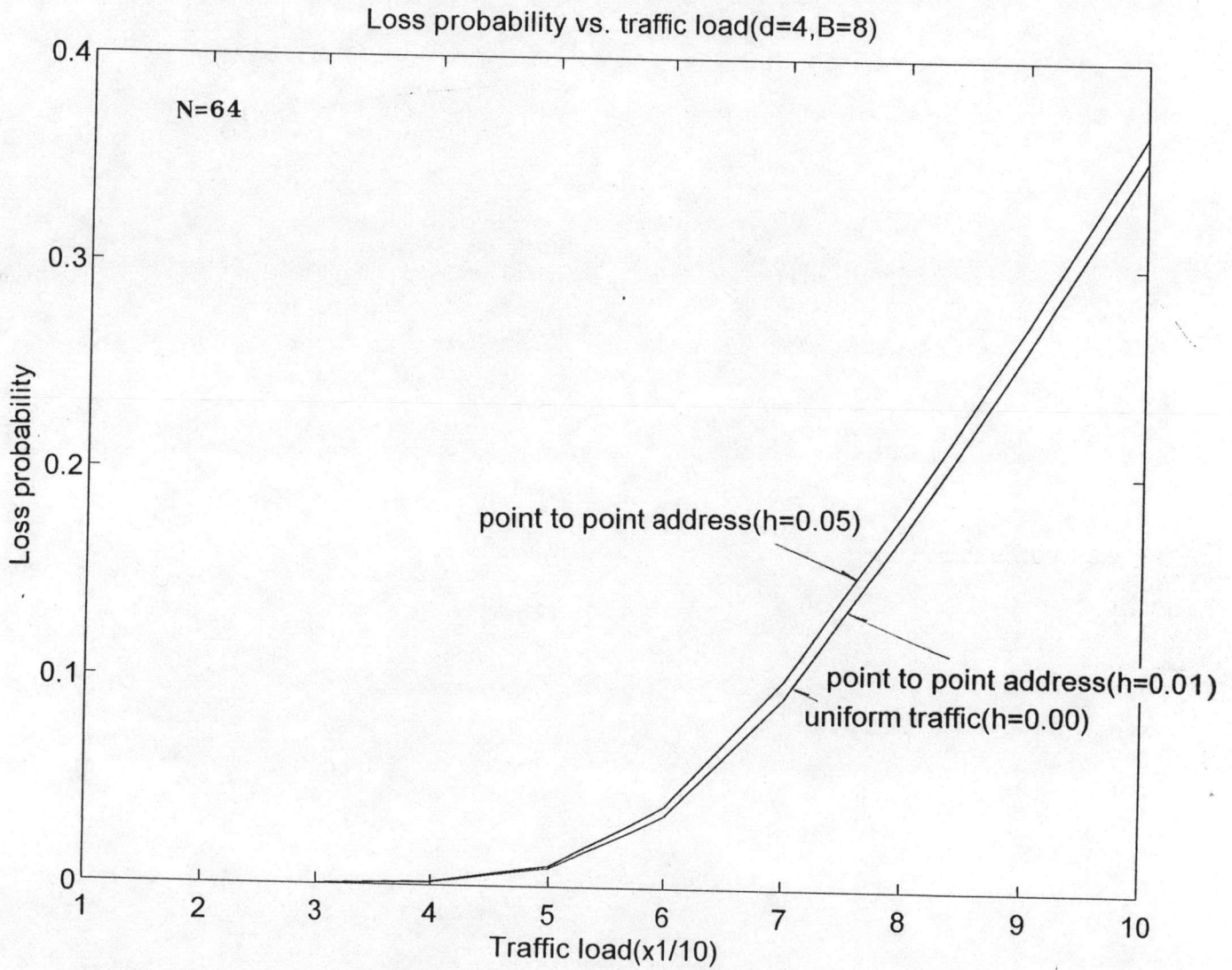
รูปที่ 4.6ง กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี hot spot traffic ($d=4, B=12$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



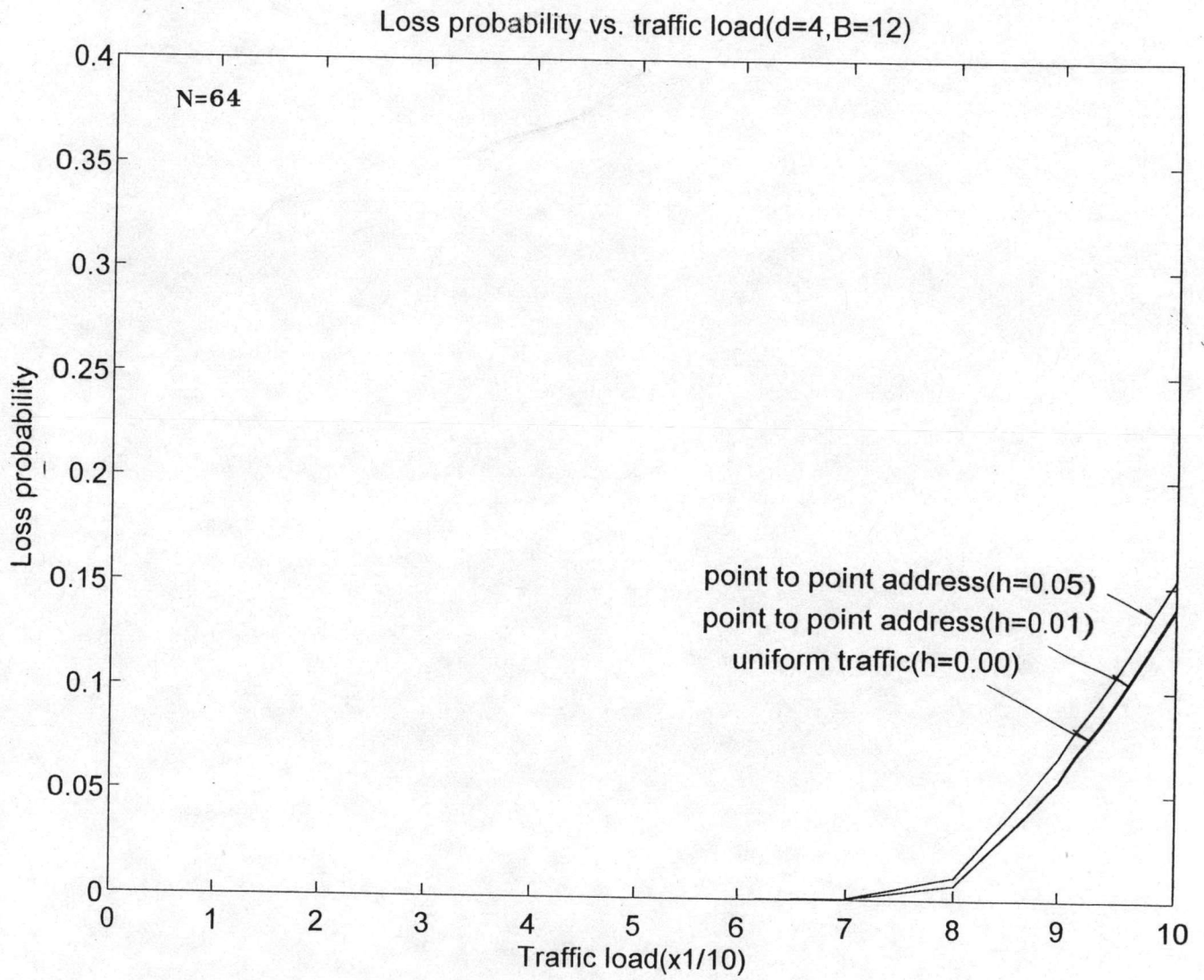
รูปที่ 4.7ก กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี Point to Point traffic ($d=2, B=4$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



รูปที่ 4.7๗ กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี Point to Point traffic ($d=2, B=6$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



รูปที่ 4.7ค กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี Point to Point traffic ($d=4, B=8$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน



รูปที่ 4.7ง กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี Point to Point traffic ($d=4, B=12$)
ที่ traffic load ต่างๆกัน

4.4 Simplicity

จะพบว่าหากสวิตช์อีลิเมนต์มีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นจาก $d=2$ เป็น $d=4$ นั้นการหาค่า $Q(j,r)$ หรือโอกาสที่สวิตช์อีลิเมนต์จะมีแพ็คเก็ตออกจากสวิตช์อีลิเมนต์จำนวน j ตัวเมื่อมีเอาต์พุตพอร์ต แอดเดรสจำนวน r แอดเดรสจะต้องใช้สมการ (3.31) ถึง (3.45) แทนสมการ (3.46) ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ยุ่งยากขึ้นเป็นอย่างมาก รวมทั้งโครงสร้างและระบบควบคุมการส่งข้อมูลย่อมซับซ้อนขึ้นกว่าสวิตช์อีลิเมนต์ที่มีขนาดเล็กกว่า แต่ทั้งนี้การที่สวิตช์อีลิเมนต์มีขนาดเล็กก็ทำให้จำนวนสวิตช์อีลิเมนต์ที่ต้องใช้จะมากกว่า โดยสวิตช์ขนาด $N \times N$ จะต้องใช้สวิตช์อีลิเมนต์ขนาด $d \times d$ จำนวน $N/d \times \log_d N$ ตัว และขนาดของบัฟเฟอร์จะมีผลต่อเนื่องไปถึงราคาของระบบ ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานจะเลือกประโยชน์ในข้อใดเป็นหลักจึงต้องเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆให้เหมาะสมด้วย

4.5 Modularity

ปัจจุบันเทคโนโลยี VLSI สามารถสร้างให้แชนแนลบัฟเฟอร์สวิตช์อีลิเมนต์อยู่ในชิปเพียงตัวเดียวได้[3]หรือแม้แต่สวิตช์ทั้งตัวเลยก็ตาม[2] ดังนั้นเมื่อเกิดปัญหาขึ้นในระบบที่สวิตช์อีลิเมนต์ตัวใด เราจึงสามารถแก้ไขได้ด้วยการเปลี่ยนอุปกรณ์ตรงส่วนนั้นได้ โดยจะทำให้มีผลกระทบต่อการใช้งานเพียงแค่ว่าพอร์ตเท่านั้น อีกทั้งในการขยายระบบก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มสวิตช์มาต่อขนานกันเข้าไป ในลักษณะเดียวกับการต่อสวิตช์อีลิเมนต์ขึ้นเป็นสวิตช์นั่นเอง ทำให้แชนแนลบัฟเฟอร์สวิตช์มีคุณสมบัติทาง modularity ที่ดี ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของ Space-division Switch นั้นเอง