Introduction to Computer Networks

Recitation 05: Switches

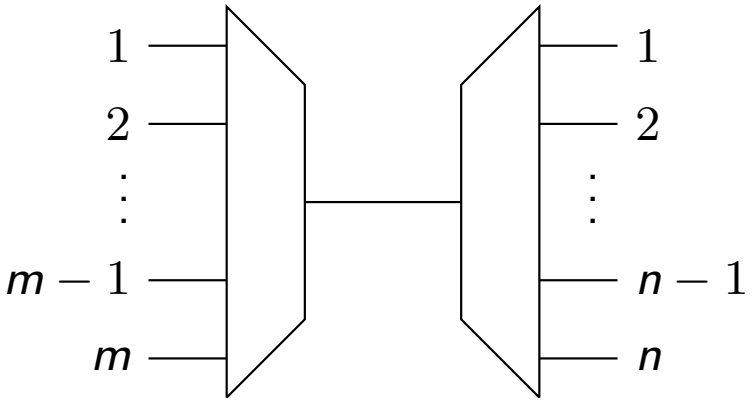
Gabriel Domingues
gm@mail.tau.ac.il

Today's recitation: Switches

- Basic of switches
- Crossbar
- Clos and Beneš
- Exam questions

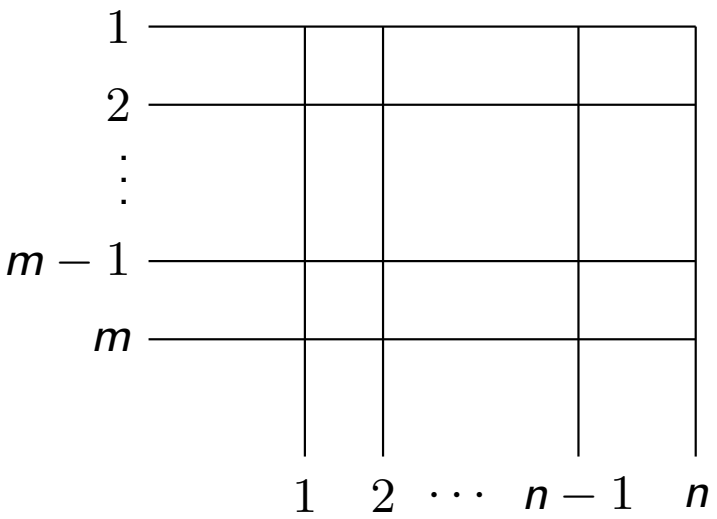
Basics of switches

- A switch implements a permutation: $\sigma : \{1, \cdots, m\} \rightarrow \{1, \cdots, n\}$
- Packet arriving at input port i gets routed to output port $\sigma(i)$.
- Simple example: Time Slot Interchange (TSI)



Crossbar

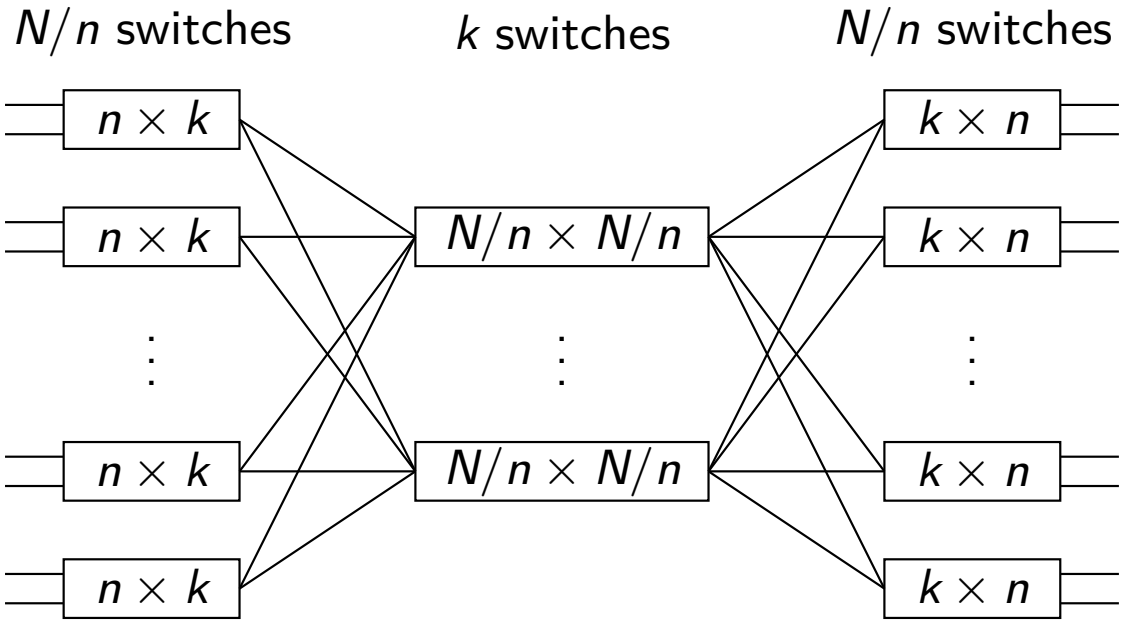
- Constructs a $m \times n$ switch



- Crosspoints: $m \cdot n$

Clos: Multistage networks

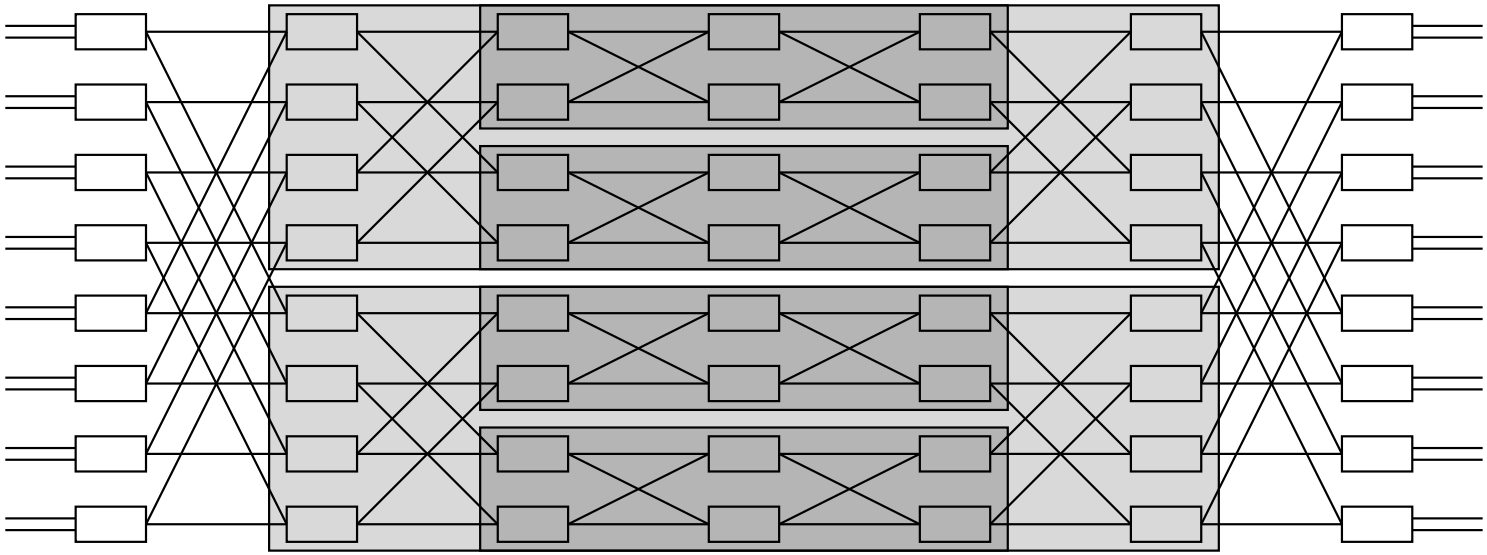
- Parameters (N, n, k)
- Constructs a $N \times N$ switch



- Crosspoints: $X(n \times k) \cdot 2N/n + X(N/n \times N/n) \cdot k$
- Strict sense routing: Iff $k \geq 2n - 1$, can route without modifying other routes.
- Rearrangeable: Iff $k \geq n$, can route by modifying other routes.

Beneš

- A Beneš network is a recursive Clos
  - A Clos network of switches that in turn are Clos networks
  - Minimal switch: $n \times n$ (usually implemented as a crossbar)



- Crosspoints: $n^2 \cdot (N/n) \cdot (2\lceil \log_n N \rceil - 1)$

Exam question 2025 A Question 3

3. מבנה מתגים.

עליכם לתכנן מתג בלתי-חוסם בסידור ממימד 27×27. לרשותכם רכיבים צולבים (crossbars) מכל מימד שתרצו, אך מחיר מתג הוא המספר הכולל של נקודות צולבות (crosspoints) בו. תארו מבנה זול ככל האפשר למתג כנ"ל (20 נק') ונתחו את מספר הנקודות הצולבות בו (5 נק').

- Clos $(27, 3, 3)$
  - $X(27 \times 27) = 3 \cdot X(9 \times 9) + 2 \cdot 9 \cdot X(3 \times 3)$
  - Needs 9×9 and 3×3 switches
- Clos $(9, 3, 3)$
  - $X(9 \times 9) = 9 \cdot X(3 \times 3)$
  - Needs 3×3 switches
- Crossbar 3×3
  - $X(3 \times 3) = 3 \cdot 3 = 9$
- $X(27 \times 27) = 5 \cdot 9 \cdot 9 = 405$
- Sanity check:
  - Beneš with $n = 2$ gives $2N \cdot (2\lceil \log_2 N \rceil - 1) = 486$
  - Beneš with $n = 3$ gives $3N \cdot (2\lceil \log_3 N \rceil - 1) = 405$
  - Beneš with $n = 4$ gives $4N \cdot (2\lceil \log_4 N \rceil - 1) = 540$

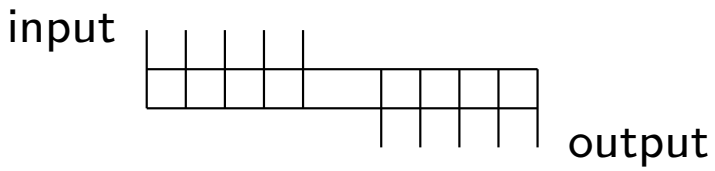
3. מבנה מתגים.

עליכם לתכנן מתג בעל N כניסות ויציאות, המסוגל להעביר בכל רגע לכל היותר k שיחות (סידור מחדש מותר). לרשותכם רכיבים צולבים (crossbars) מכל מימד, והמחיר הוא מספר הנקודות הצולבות במתג.

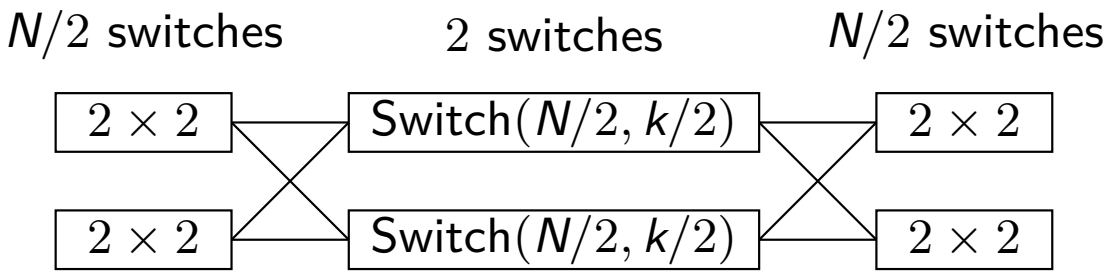
3.1. (5 נק') תנו תכנון יעיל ל $k = 2$ ונתחו את עלותו. הסבירו כיצד לנתב.

3.2. (20 נק') תנו תכנון יעיל תחת ההנחה ש $2 \leq k \leq N$ ושניהם חזקה שלמה של 2, ונתחו את עלותו. כמו כן, תארו כיצד לנתב כל בקשה של k חיבורים בארכיטקטורה המוצעת. (רמז: חישבו על הניתוב עם התכנון!)

- Base case $(k = 2)$: $4N$ crosspoints



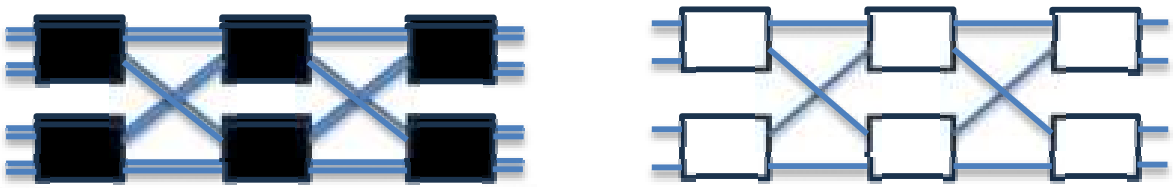
- If $k = N$, we can use Beneš
- Using a Beneš-style recursion:



$$4 \cdot (N/2) \cdot 2 \cdot (\log_2 k - 1) + 4N = 4N \cdot \log_2 k \text{ crosspoints}$$

Exam question 2024 B Question 4

4. (25 נק') נתון מתג קלוס ממימד $N \times N$. המהנדסת מ' בריקה מציעה לשדרג את המתג למימד $Nf \times Nf$ באופן הבא: כל תת-מתג בסיסי ממימד $p \times p$ מוחלף בתת-מתג בסיסי ממימד $fp \times fp$, וכל קו פנימי מוחלף ב f קווים מקבילים בין הפורטים המשוכפלים המתאימים (ראו דוגמא בציור).



4.1. (10 נק') נתון שמחיר מתג בסיסי ממימד $k \times k$ הוא $c \cdot k^{3/2}$, באשר c קבוע נתון, ומחיר מתג הוא סכום המתגים הבסיסיים מהם הוא מורכב. האם כדאי לבנות מתגים בשיטה שמציעה מ' בריקה? הסבירו.

4.2. (15 נק') הוכיחו: אם המתג המקורי היה לא-חוסם במובן הצר (strictly non-blocking), אז כך יהיה גם המתג המשודרג.

- Compare $C(k) = ck^{3/2} = \Theta(p^{3/2} \cdot f^{3/2})$ (for $k = fp$) with Beneš:

$$C(k) = 2(k/p) \cdot cp^{3/2} + p \cdot C(k/p) = \Theta(p^{1/2} \cdot k \log_p k) = \Theta((p^{3/2}/\log p) \cdot f \log f)$$

- Strictly non-blocking: Route parallel paths as if it is a Clos

Questions?