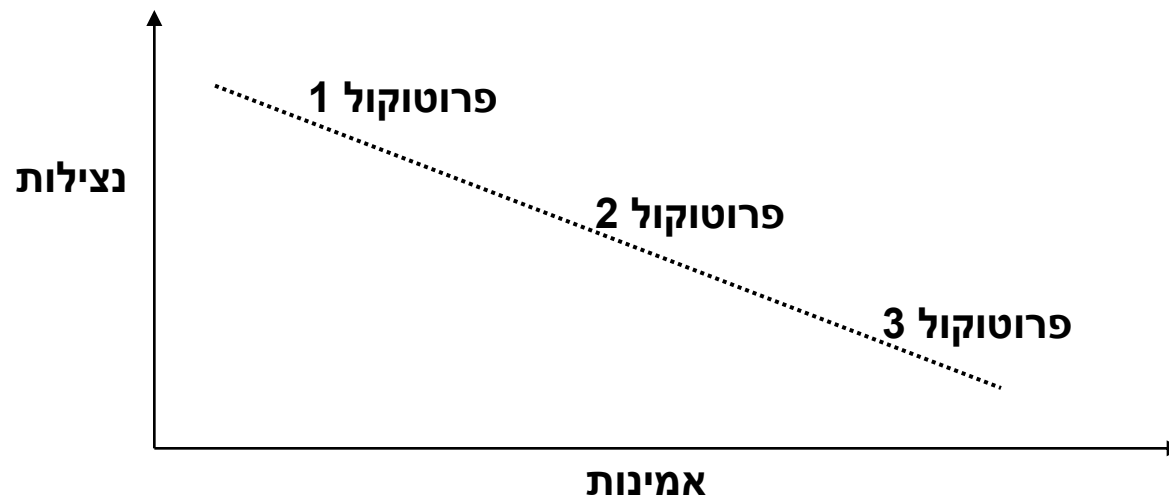


# פרק 6 – בקרת גישה לערוץ משותף

- נצילות ערוץ שידור
- סוגי שירותים בשכבת הערוץ
- הקצאה דינמית של ערוצי תקשורת
  - האתגר במודל ההקצאה
- פרוטוקולי גישה לרשתות מקומיות
  - CSMA
  - CSMA/CD
  - TOKEN Method (שיטת האסימון)

# נצילות הערוץ – link utilization

- נצילות הערוץ – אחוז הזמן שבו הערוץ מנוצל לשידור מוצלח של נתונים
- מסגרת שהשתבשה מפחיתה נצילות הערוץ
- שידור מידע נוסף (למשל קוד המינג לגלוי שגיאות) מפחית את נצילות הערוץ
- היחס בין נצילות ואמינות הינו יחס הפוך



# נציפות הערוץ – link utilization

- אם מניחים שאין שיבושים ושאין תקורה (overhead) ניתן לחשב נצילות על פי הפרמטרים הבאים:
  - $T_p$  – השהיית ההתפשטות (תלוי בתווך)
  - $T_t$  – זמן שידור מסגרת
  - $U$  – נצילות הערוץ
  - מניחים שהמסגרת כוללת רק נתונים
  - מרגע ששודרה הסיבית האחרונה במסגרת ועד שזו מגיעה ליעד וקבלת ACK מכיוון היעד הערוץ אינו מנוצל –  $2 \times T_p$
  - נתעלם מזמן הטיפול במסגרת שנקלטה ומזמן שידור מסגרת התגובה

$$U = \frac{T_t}{T_t + 2 \times T_p} = \frac{1}{1 + 2T_p/T_t}$$

# דואמא לחישוב נציילות הערוץ

- נתונים שני מחשבים המקושרים באמצעות לווין
  - ידוע כי זמן השהיית ההתפשטות של האות הינה 250ms
  - משודרת מסגרת באורך 2000 סיביות וקצב השידור הוא 100Kbps
  - חשב את נציילות הערוץ בהנחה של 0 תקורה (overhead), שידור ללא שגיאות ובהנחה שזמן הטיפול במסגרת שנקלטה והכנת מסגרת התגובה הינו זניח

נתון:  $T_p = 250 \text{ ms}$   
 $M = 2000 \text{ bits}$  אורך המסגרת (שווה לבלוק הנתונים שכן אין תקורה)  
 $D = 100 \text{ Kbps}$  קצב שידור הסיביות

נחשב את זמן שידור המסגרת:  
 **$T_t = M/D = 2000/100,000 = 2/100 = 20 \times 10^{-3} = 20 \text{ ms}$**   
זמן ההתפשטות הלך וחזור (Round-Trip-Delay) הוא  $2 \times T_p = 2 \times 250 \text{ ms} = 500 \text{ ms}$

$$U = \frac{T_t}{T_t + 2 \times T_p} = \frac{20}{520} \approx 4\%$$

# סוגי שירותים בשכבת הערוץ

---

- 3 סוגי שירותים עיקריים
  - שירות לא-אמין, ללא אישורים
    - תחנת היעד איננה מאשרת קבלת הנתונים
    - אין למקור מידע על הצלחת השידור
    - מתאים לרשתות עם שיעור שגיאות נמוך ביותר או ליישומי RT (למשל IP Telephony)
    - יעיל מאוד
  - שירות לא אמין, עם אישורים
    - תחנת היעד שולחת אישור קבלת מסגרת (ACK)
    - המקור יודע אם היה שידור מוצלח ומדווח לשכבת הרשת
    - אין הבטחה שכל מנה תתקבל ביעד באופן תקין
    - פחות יעיל בשל הצורך להמתין לאישורים

# סוגי שירותים בשכבת הצדף - המשק

- שירות אמין
  - תחנת היעד שולחת אישור קבלת מסגרת
  - היעד שולח הודעת NAC (Negative Ack) כאשר מתגלה שגיאה
  - המקור יודע אם היה שידור מוצלח ומדווח לשכבת הרשת
  - במידה והיה שידור לא מוצלח של מסגרת, היא תישלח מחדש
  - מובטח שכל הנתונים יתקבלו ביעד כסדרם, תקינים וללא כפילויות
  - במידה ויש הרבה שגיאות, היעילות ונצילות הערוץ יורדים



# בקרת גישה לערוץ משותף

---

- כאשר כל התחנות מחוברות לערוץ משותף (למשל ברשת מקומית) יש לתאם גישה לערוץ
  - שתי תחנות שישדרו בו זמנית יפריעו זו לזו – המידע ישתבש
  - בכל רגע נתון רק תחנה אחת (לכל היותר) תשדר
  - שימוש בפרוטוקול גישה לערוץ – אוסף כללים מתי כל תחנה תשדר (MAC-Medium Access Control) תת שיכבה של השכבה השנייה
  - תת השכבה העליונה של שכבת הערוץ אחראית להעברה אמינה של מידע LLC- Logical Link Control
- שני סוגים עיקריים של פרוטוקולים לבקרת גישה לערוץ משותף
  - הקצאה קבועה של זמני שידור
  - הקצאה דינמית משתנה

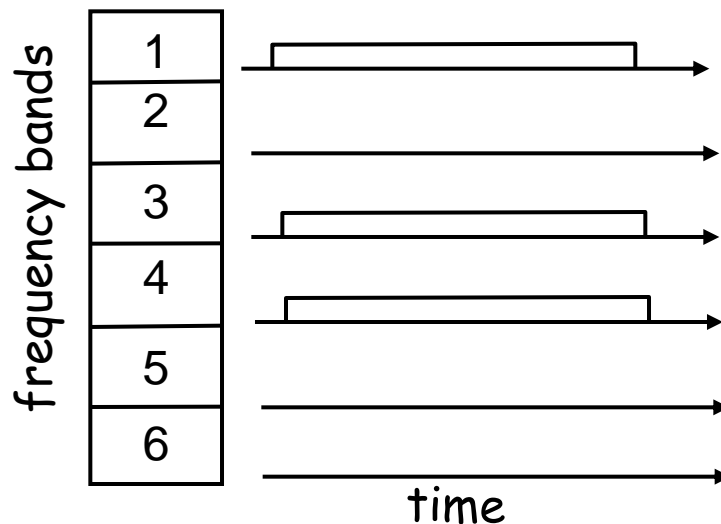
# בקרת אישה עצרוף מנותף - המשק

- הקצאה קבועה
  - כל תחנה מקבלת זמן קצוב באורך מוגדר
  - אם לתחנה אין מסגרת לשדר הערוץ במצב IDLE (אף אחד לא יוכל לנצלו)
- פרוטוקול מסוג FDMA – Frequency Division Multi Access
  - לכל תחנה מוקצה תדר שונה (כמו שידורי רדיו או טלוויזיה)
- פרוטוקול מסוג TDMA – Time Division Multiple Access
  - לכל תחנה מוקצה חריץ זמן (Time-Slot) לשידור בכל מרחב התדר האפשרי – כל קיבולת הערוץ עומדת לרשותה (כמו ברשתות טלפוניה)



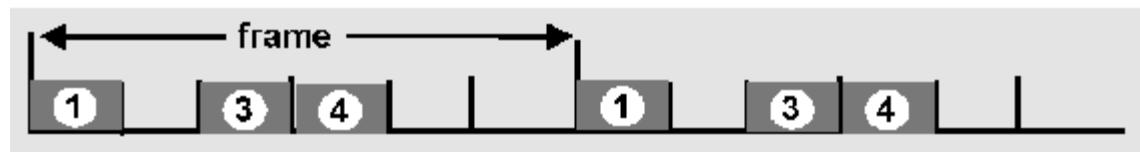
# פרוטוקול MAC לחלוקת הערוץ: FDMA

- ריבוב בחלוקת תדר - כל רוחב הסרט מחולק לחלקים שווים - לדוגמא תתי-ערוצים
- בין כל שני תתי ערוצים סמוכים מגדירים מרווח בטחון - תחום תדרים לא מנוצל שנועד למנוע הפרעה הדדית בין שני תתי הערוצים
- כל תחנה מקבלת תת-ערוץ משלה בעל תחום תדירות קבוע
- זמן שידור לא מנוצל בתחום התדירות יורד לאבדון
- דוגמא: רשת מקומית עם 6 תחנות
- לתחנות 1,3,4 יש חבילות לשליחה והן נשלחות, אבל תחומי התדרים שמוקצים לתחנות-2,5,6 נותרים ללא שימוש



# פרוטוקול MAC לחלוקת הערוץ: TDMA

- הגישה לערוץ היא לפי תור - תחנות משדרות בתור, כל תחנה מקבלת זמן מוקצב שבו היא מקבלת את רוחב הפס המלא ושלאחריו תשדר התחנה הבאה בתור.
- כל תחנה מקבלת חריץ בגודל קבוע (אורך = זמן מעבר של חבילה)
- בכל סבב - הערוץ מחולק לקבוצות של חריצי זמן רצופים בגודל קבוע
- בכל קבוצה כזו של חריצי זמן משודרת מסגרת אחת
- חריצים לא ממומשים מתבזבזים
- דוגמא: רשת מקומית עם 6 תחנות
- לתחנות 1,3,4 יש חבילות לשליחה, אבל החריצים שמוקצים לתחנות 2,5,6 נותרות ללא שימוש



# בקרת אישה לפרוטוקול מנתן - המשק

- הקצאה דינמית
  - הערוץ מוקצה באופן דינאמי עלפי דרישה
  - פרוטוקול דינאמי נותן זמן שידור רק לתחנות שיש להן מידע לשידור
- סוגי פרוטוקולים דינאמיים
  - מאפשרי התנגשויות – תחנה מנסה לשדר ללא תיאום מוקדם (למשל ברשת ה-Ethernet)
  - מונעי התנגשויות – שימוש באסימון (TOKEN)
    - הודעת בקרה העוברת מתחנה לתחנה באופן מחזורי
    - רק תחנה המחזיקה באסימון רשאית לשדר
    - בסיום מעבירה את האסימון הלאה לתחנה הבאה

# הקצאה דינמית

---

- מספר הנחות יסוד

- מודל התחנות-  $N$  תחנות בלתי תלויות המייצרות מסגרות לשידור

- כשנוצרת מסגרת וממתינה לשידור, התחנה ממוקדת בניסיון לשדר

- ערוץ יחיד ומשותף – כל אחת מהתחנות יכולה לשדר או לקלוט מהערוץ

- התנגשויות (collisions) – שתי מסגרות המשודרות בו זמנית משבשות זו את

זו

- יש לשדר שנית מסגרת שהתנגשה באחרת

# הקצאה דינמית (המשק)

---

- זמני שידור
  - זמן רציף – ניתן להתחיל בשידור המסגרת בכל עת
  - זמן בדיד – הזמן מחולק ל-Time slots ושידור המסגרת מתחיל עם תחילת חריץ הזמן
- בדיקת מצב הערוץ (carrier sense)
  - בדיקת הערוץ לפני השידור באם פנוי
    - אם תפוס התחנה תמתין להתפנותו
  - התחנות אינן בודקות את מצב הערוץ
    - רק בתום השידור מזהות עם הצליח או ארעה התנגשות (למשל במערכות לווינים)

# פרוטוקול ALOHA

---

- פרוטוקול שהוצע ע"י נורמן אברמסון ושותפיו מאוניברסיטת הוואי כפתרון לבעיית הקצאת הערוץ

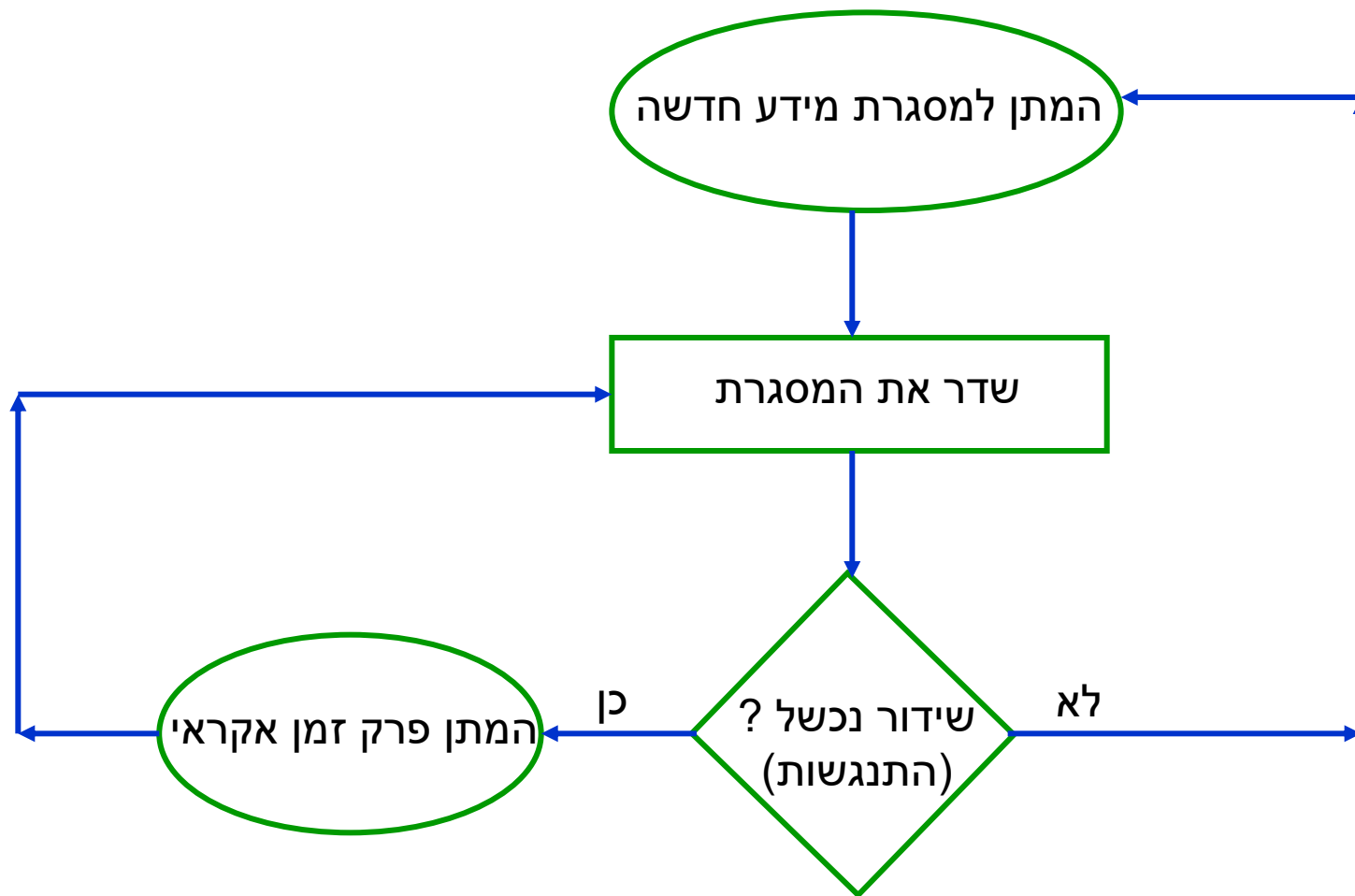
- Pure ALOHA (לזמן רציף)

- שידור מסגרת מוכנה ע"י תחנת המקור
- תחנת המקור מאזינה לערוץ ויודעת באם הייתה התנגשות (המשוב ב-LAN הוא מיידי)
- אם ארעה התנגשות, ימתין המשדר פרק זמן אקראי וישדר שנית
- גם אם קיימת חפיפה של סיבית אחת בין המסגרות ששודרו בערוץ יש שיבוש
- ניצול הערוץ המרבי הוא נמוך - כ-18%

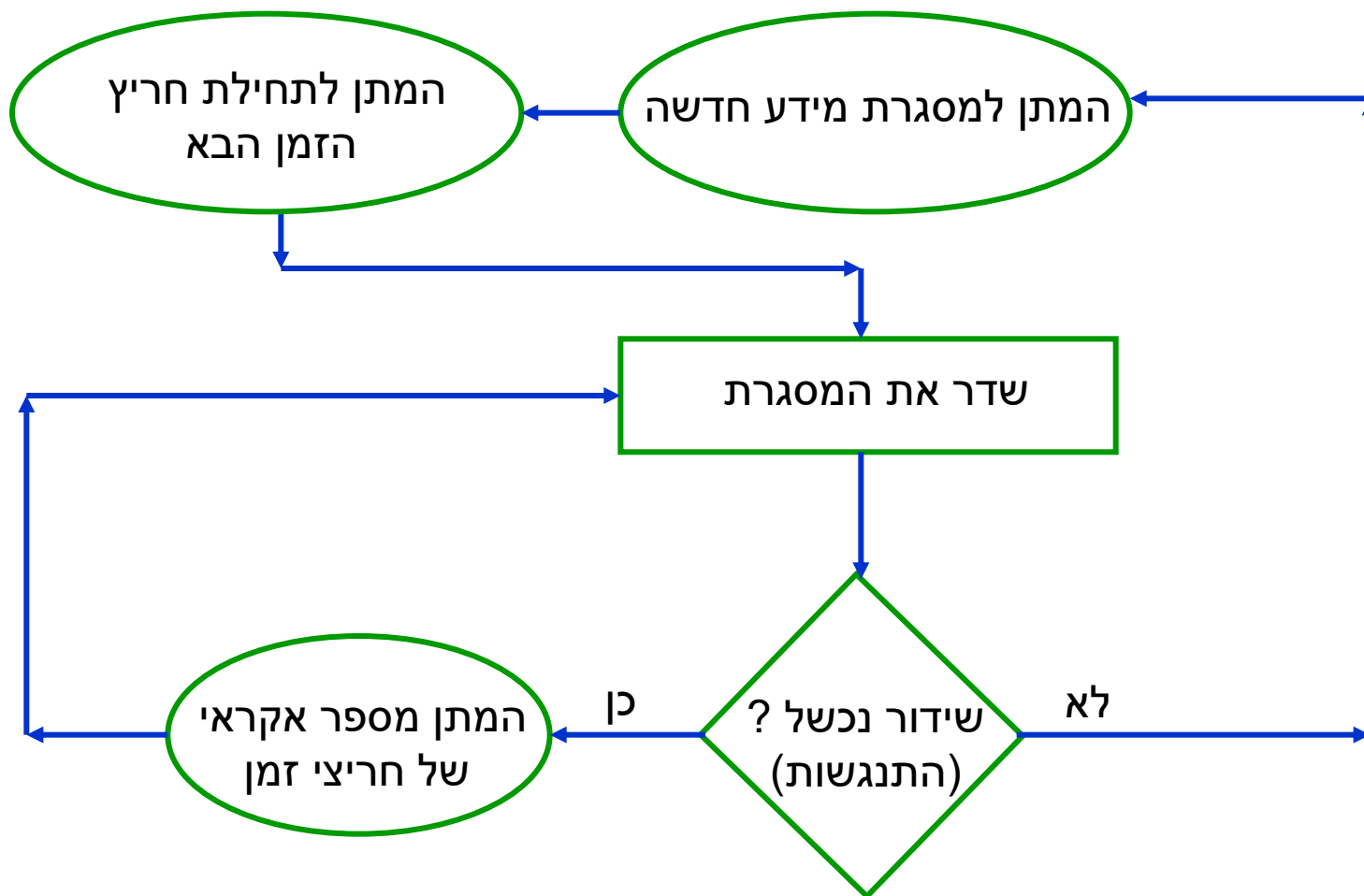
- Slotted ALOHA network (לזמן בדיד)

- התחנה ממתינה לתחילת חריץ זמן הבא
- הזמן המועד להתנגשות לכל מסגרת לזמן בדיד הוא חצי מזה שברשת לזמן רציף
- ניצול הערוץ המרבי הוא כ-36%

# Pure ALOHA



# Slotted ALOHA





# פרוטוקולי CSMA

---

- פרוטוקול ALOHA מציג נצילות נמוכה (18% או 36% ע"י שימוש בחריצי זמן)
- אמצעי נוסף למניעת התנגשויות – בדיקת מצב הערוץ לפני התחלת שידור
- לפני תחילת שידור- בדיקה באם הערוץ פנוי (רשת ה-Ethernet מבוססת על שיטה זו)  
CSMA - carrier sense Multiple Access
- קיימות מספר גרסאות לפרוטוקול CSMA
  - CSMA עם התעקשות בהסתברות 1 : 1-CSMA
    - התחנה בודקת את מצב הערוץ ומתעקשת לשדר בוודאות, בהסתברות 1 אם פנוי
  - CSMA ללא התעקשות (nonpersistent CSMA) : 0-CSMA
    - התחנה אינה מתעקשת לשדר לערוץ מיד כשהתפנה – השגייה ממוצעת של תחנה עד לשידור מוצלח ארוכה יותר
  - CSMA/CD (עם גלוי התנגשויות) – הנפוצה ביותר
    - CSMA with Collision Detection
  - CSMA/CA
    - Carrier sense multiple access with collision avoidance

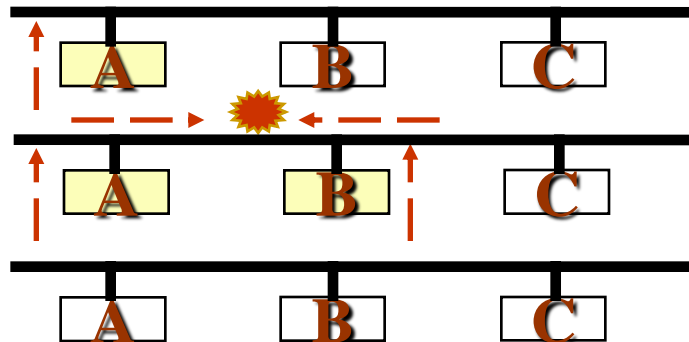
# פרוטוקולי CSMA

---

- CSMA עם התעקשות בהסתברות 1 : 1-CSMA
  - כאשר לתחנה מסגרת מוכנה לשידור – בודקת את מצב הערוץ – אם תפוס תמתין עד שיתפנה. אם פנוי תשדר בהסתברות 1
  - כאשר אירעה התנגשות- המתנה לפרק זמן אקראי וחזרה על התהליך
- CSMA ללא התעקשות (nonpersistent CSMA) : 0-CSMA
  - תחנה בודקת את הערוץ- אם תפוס תמתין משך זמן אקראי שבמהלכו לא תבדוק את הערוץ- בתום ההמתנה תחזור על התהליך

# CSMA/CD

- שיטת בקרת גישה הנפוצה ביותר ברשתות LAN אך לא ברשתות Wireless (WiFi)
- מיועד לטופולוגית ערוץ או עץ (BUS or Tree)
- פותח ע"י חברת XEROX כחלק מרשת ה-Ethernet
- התחנות מקיימות תחרות חופשית על הערוץ
- אין לרשת מנהל או מפקח
- עקרונות השיטה
  - תחנה המעוניינת לשדר בודקת את הערוץ
  - אם הערוץ פנוי- מתחילה לשדר
  - אם הערוץ תפוס- ממתינה ובודקת שוב את הערוץ

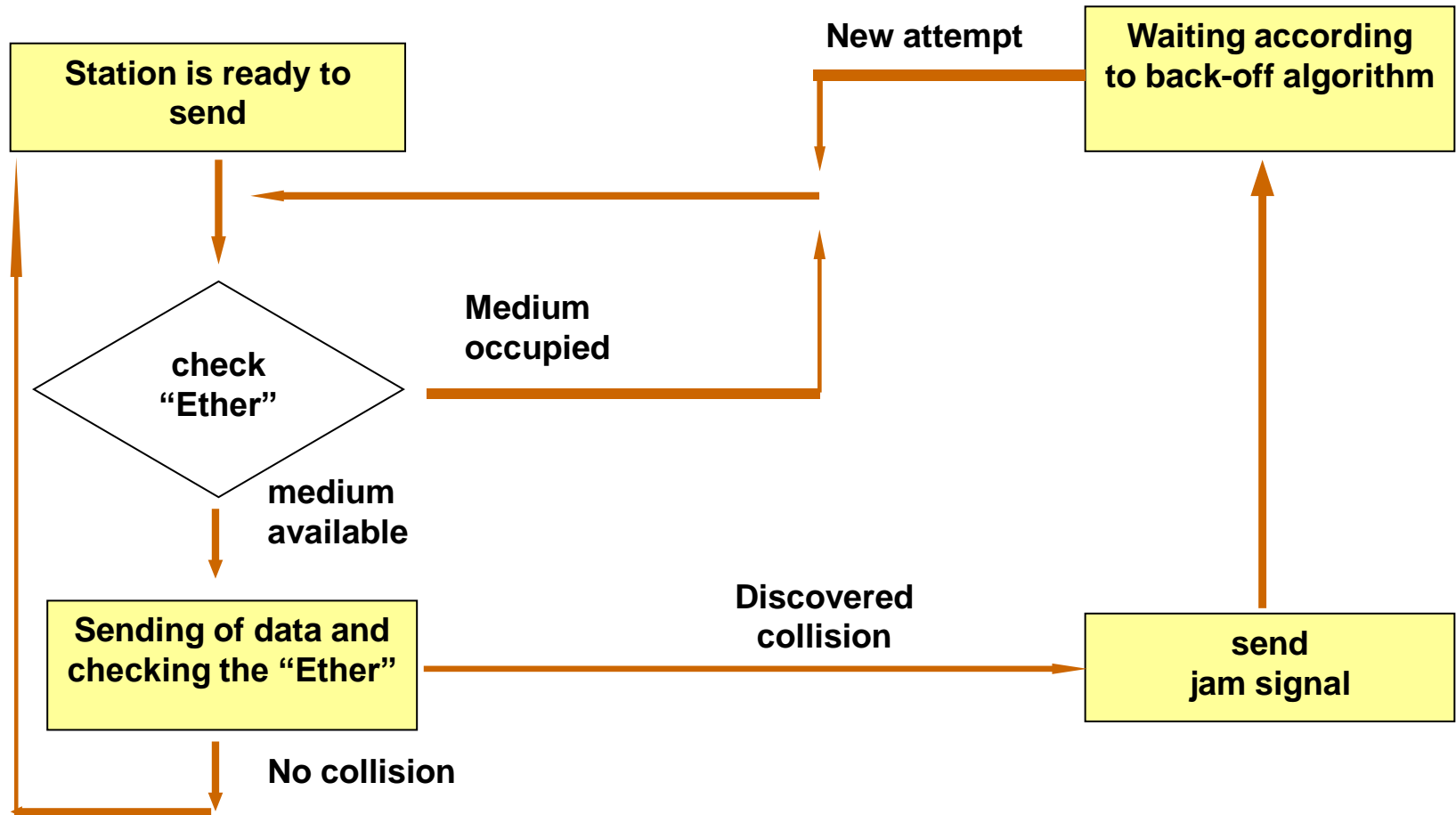


# CSMA/CD: עקרונות השיטה - המשך

---

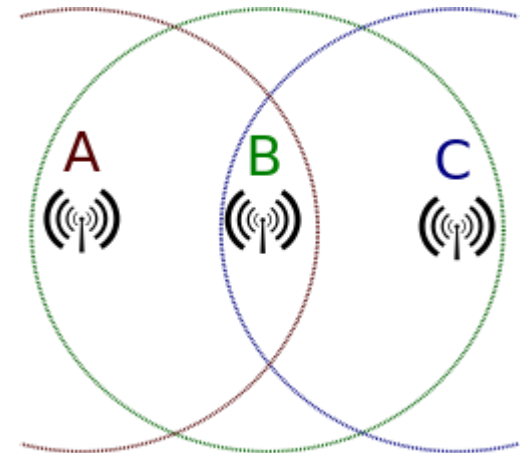
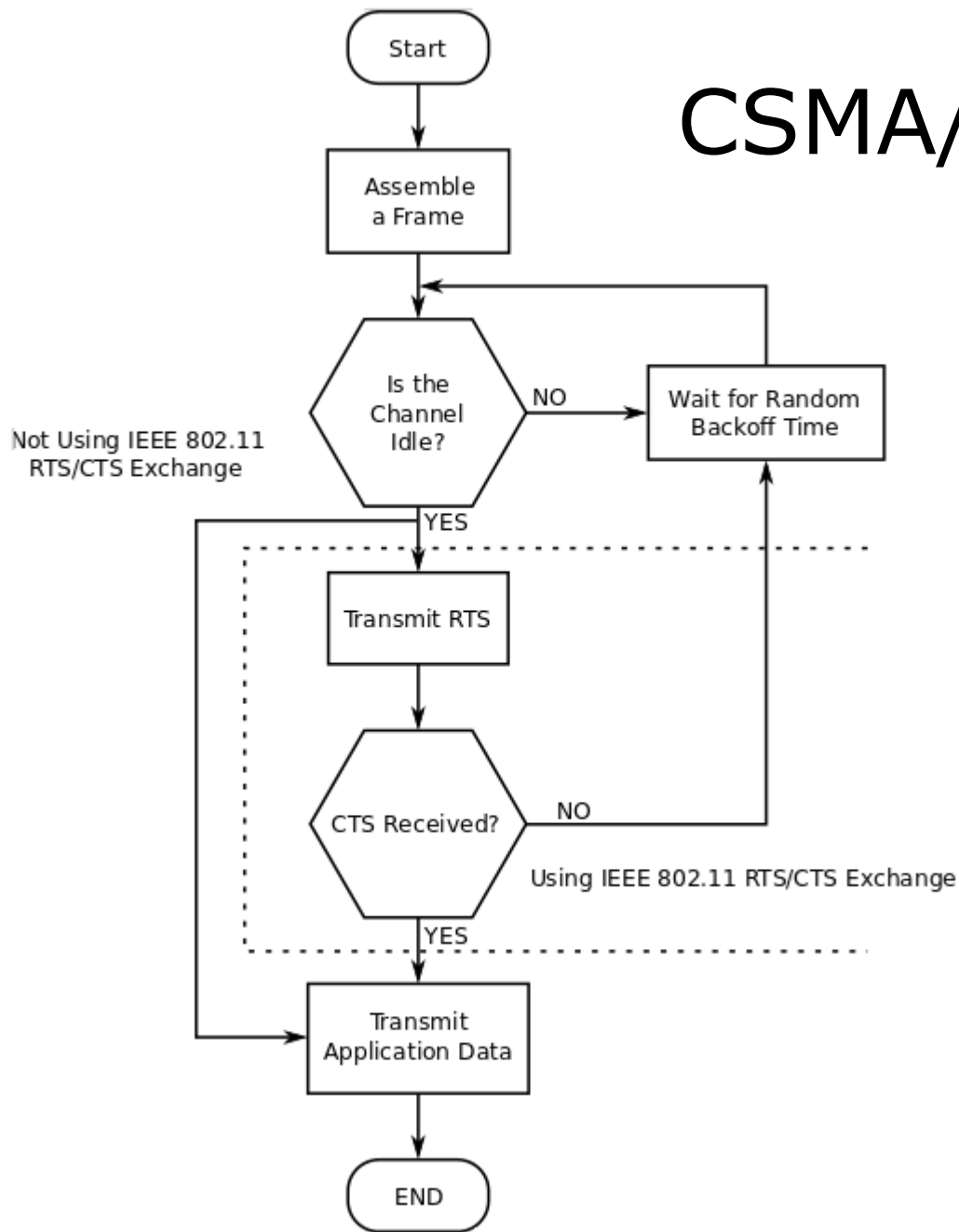
- בזמן השידור ממשיכה התחנה להאזין לקו
- אם מאתרת התנגשות – מפסיקה מיד את שידור המנה ומשדרת אות מוסכם להודיע על ההתנגשות (jamming signal)
- לאחר גלוי ההתנגשות – התחנה ממתינה פרק זמן אקראי וחוזרת לבדוק אם הערוץ פנוי
- ההמתנה לפרק זמן אקראי מקטינה הסתברות להתנגשות חוזרת
- שתי שיטות לבדיקת הערוץ
  - בדיקת רמת המתח בערוץ התקשורת או קיום גל נושא
- שתי שיטות לזיהוי התנגשות
  - קיום רמת מתח גבוהה מזו המיוצרת ע"י תחנה אחת
  - תחנה המשדרת משווה את זרם הסיביות ששידרה פנימה לזה שהוחזר לה החוצה – אי התאמה משמעותה התנגשות

# CSMA/CD

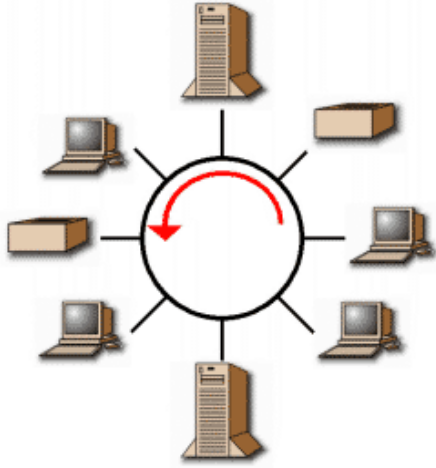


# CSMA/CA - CSMA Collision Avoidance

- פחות נפוץ בשל ביצועים ותקורה
- שימושי ברשתות אלחוטיות (WiFi)
- A ו- C יכולות לתקשר עם Wireless access point B אך מוסתרות זו מזו



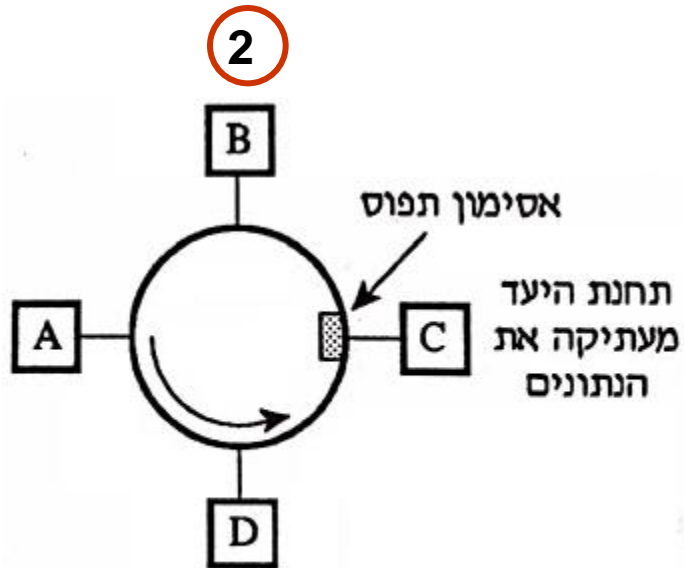
• RTS/CTS - Request to Send/Clear to Send



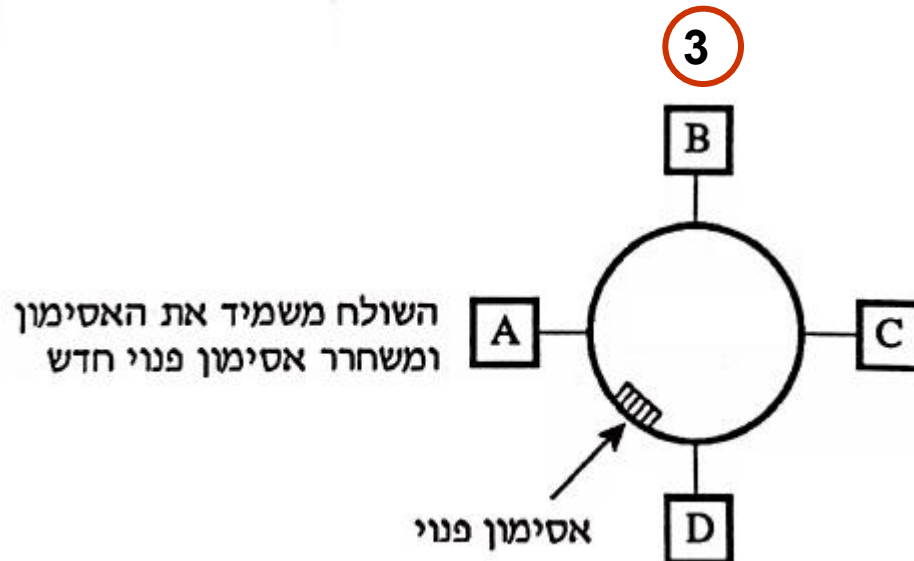
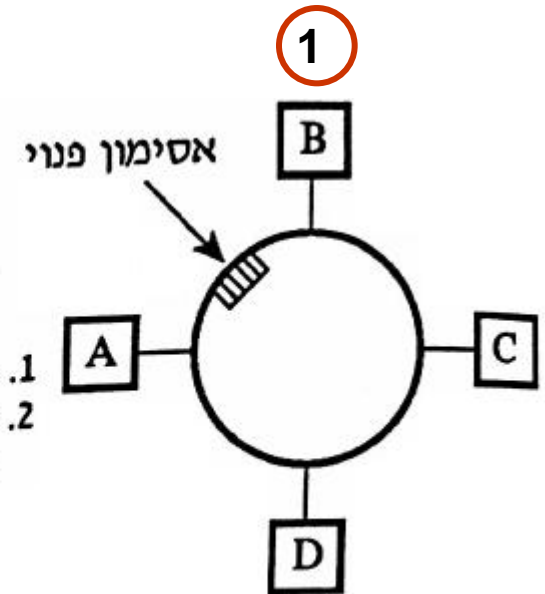
## שיטת האסימון (Token)

- שיטת בקרת שידור ברשת מקומית
  - אומצה ע"י חברת IBM
- Token Ring - שיטה המבוססת על מנה (המכונה אסימון) ועוברת מתחנה לתחנה בטבעת
  - כאשר כל התחנות דוממות – האסימון מסומן "IDLE" (0 בסיבית המשמשת כ-FLAG)
  - כאשר תחנה רוצה לשדר- ממתינה שהאסימון מגיע אליה- משנה מצבו מ"פנוי" ל"תפוס" – מתחילה לשדר נתונים
  - אין אסימון פנוי בטבעת – כל התחנות האחרות ממתינות
  - המנה הכוללת את הנתונים סובבת את הטבעת – מועתקת ע"י תחנת היעד ומגיעה חזרה לתחנת המקור עם אישור שנקלטה ביעד
  - התחנה משדרת לטבעת אסימון פנוי חדש והתהליך מתחיל מחדש

# TOKEN RING



1. השולח ממתין לאסימון פנוי
2. משנה את מצבו ל"תפוס" ומשדר את הנתונים





# שיטת האסימון (Token) - המשך

---

- מצבי שגיאה אפשריים (Deadlock)
  - אין אסימון ברשת
  - האסימון ברשת תפוס כל הזמן
- שחרור הרשת ממצבי deadlock ע"י מנוי אחת התחנות כמנהלת הרשת
  - אין אסימון ברשת – מוגדר time out הגדול מזמן סיבוב האסימון ברשת – אם פג מועד הזמן שהוגדר מכניס מנהל הרשת אסימון פנוי לרשת
  - אסימון תפוס תמיד – זיהוי המצב ע"י סיבית הבקרה – מנהל הרשת הופך את האסימון לפנוי
  - לעיתים כדי ליעל תהליכים – אפשר של יותר מאסימון אחד ברשת
    - התחנה המשדרת משחררת אסימון פנוי מיד בתום השידור מבלי להמתין לאישור הקליטה ביעד

# סיכום

- נצילות הערוץ – מדד יעילות וחשוב הנצילות בפרוטוקול עצור-והמתן
  - נצילות הפרוטוקול נמוכה כאשר השהיית ההתפשטות גבוהה ביחס לזמן הדרוש לשידור המסגרת
- סוגי פרוטוקולים
  - שירות לא אמין – יעיל
  - שירות לא אמין עם אישורים – פחות יעיל
  - שירות אמין עם אישורים – הכי פחות יעיל מבין השלשה
  - יחס הפוך בין אמינות ליעילות
- בקרת גישה לערוץ משותף
  - הקצאה קבועה
    - FDMA – Frequency Division Multi Access
    - TDMA – Time Division Multiple Access
  - הקצאה דינמית
    - מאפשרי התנגשויות – למשל ברשת ה-Ethernet
    - מונעי התנגשויות – שימוש באסימון (TOKEN)
- פרוטוקולים
  - PURE ALOHA
  - SLOTTED ALOHA
  - CSMA
  - TOKEN RING