

רשתות מחשבים

פרק 10- השכבה הפיזית: אפנון ותיקון שגיאות,
תקשורת לווינים (הרחבה)

ברק גונן

מבוסס על ספר הלימוד "רשתות מחשבים" מאת
עומר רוזנבוים



- ▶ בפרק 10 ישנו פירוט אודות השכבה הפיזית
- ▶ נתמקד בשני תפקידים של השכבה הפיזית:
 - אפנון
 - תיקון שגיאות
- ▶ נלמד (מעט) על תקשורת לוויינים

מהו אפנון?

- ▶ תרגום של אות כלשהו לאותות אלקטרומגנטיים
 - גלי קול (אות אנלוגי)
 - אחדות ואפסים (אות דיגיטלי)
- ▶ למה זה טוב? אותות אלקטרומגנטיים ניתן לשדר למרחקים גדולים יותר מאשר גלי קול



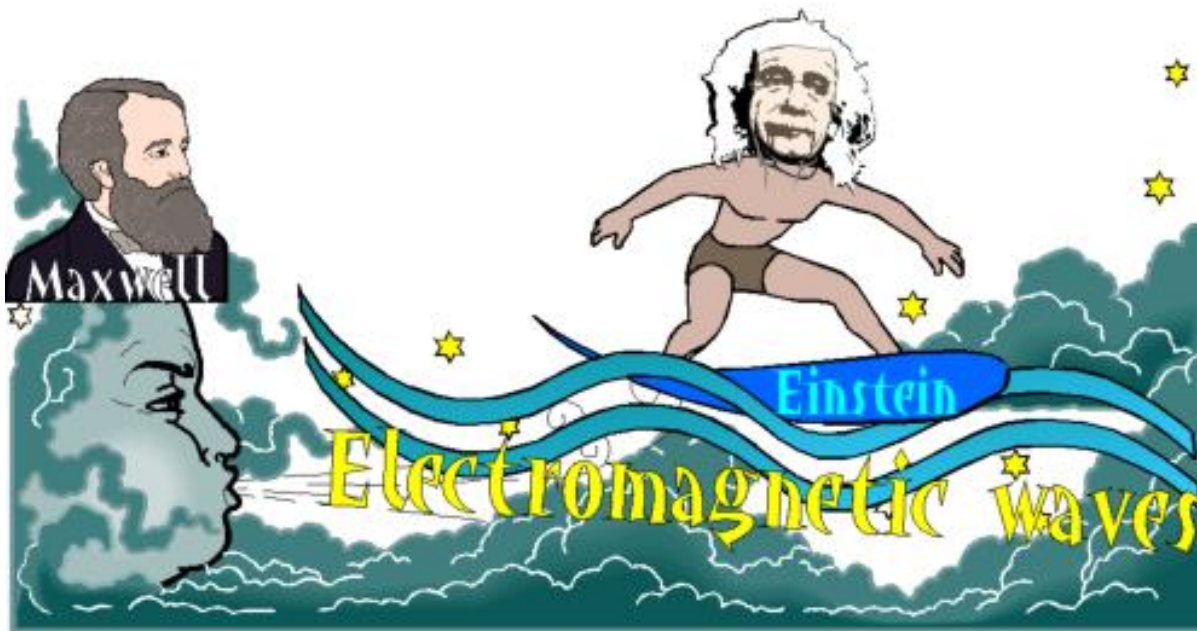
אפנון של גלי קול

▶ גלי קול הם אזורים של לחץ גבוה ולחץ נמוך שאנחנו מייצרים באמצעות הריאות וחלל הפה

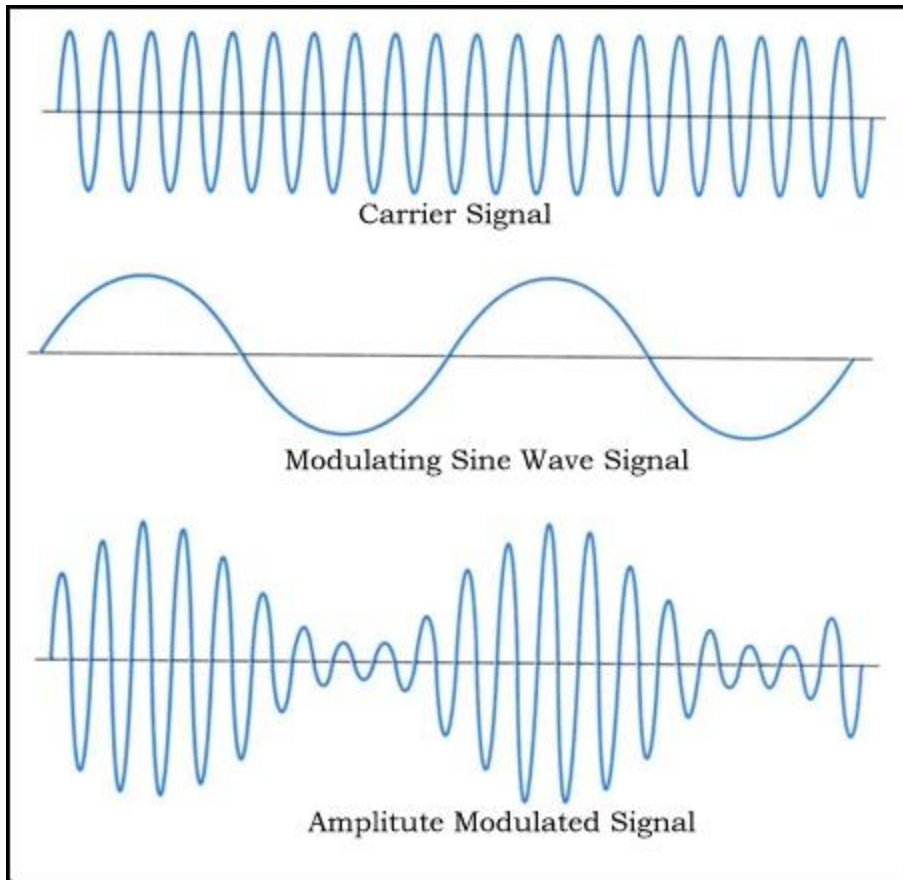


גלים אלקטרומגנטיים

- ▶ כזכור משיעורי הפיזיקה, לכל גל יש 3 תכונות:
- עוצמה (אמפליטודה)
 - תדר
 - פאזה

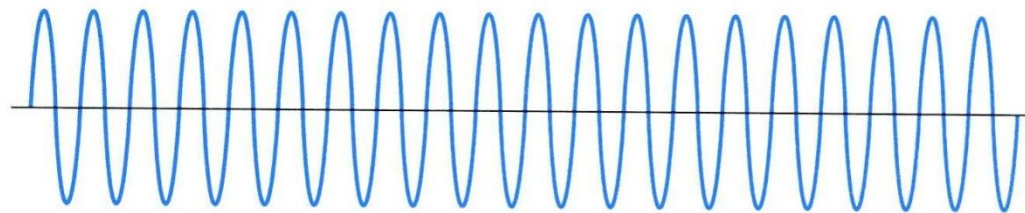


אפנון אמפליטודה - Amplitude Modulation

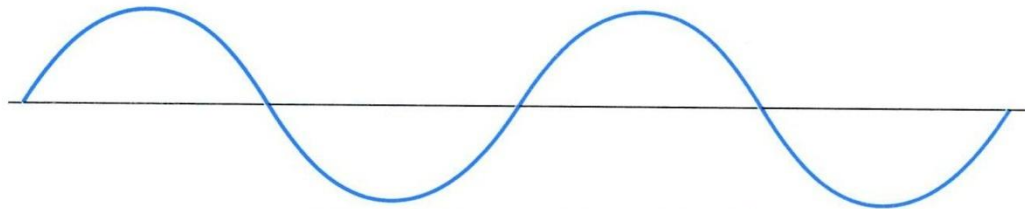


▶ אפנון אנלוגי, משמש לשידורי רדיו. עקרון הפעולה: האות משודר בתדר קבוע. עוצמת האות משתנה בהתאם לעוצמת גלי הקול

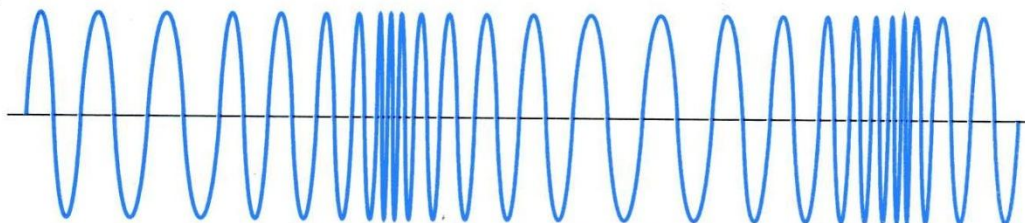
אפנון תדר - Frequency Modulation



Carrier Signal



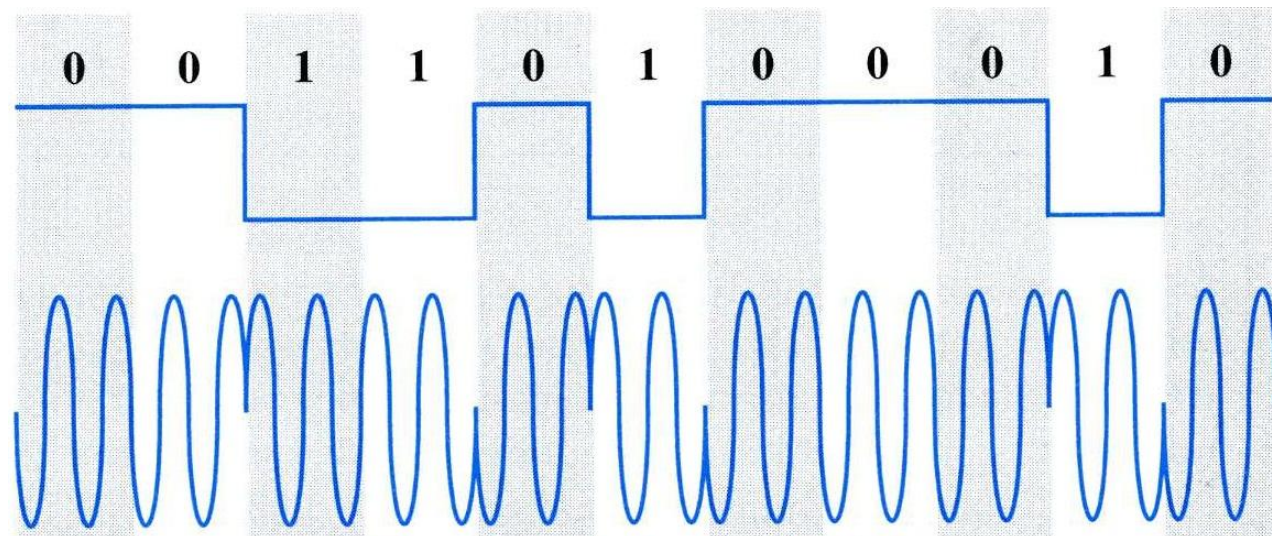
Modulating Sin Wave Signal



Frequency Modulated Signal

- ▶ אפנון אנלוגי. עקרון הפעולה:
האות משודר באמפליטודה קבועה, התדר משתנה בהתאם לעוצמת הקול
- ▶ כשאומרים "FM" בצרוף שם של תחנת רדיו, לזה מתכוונים 😊

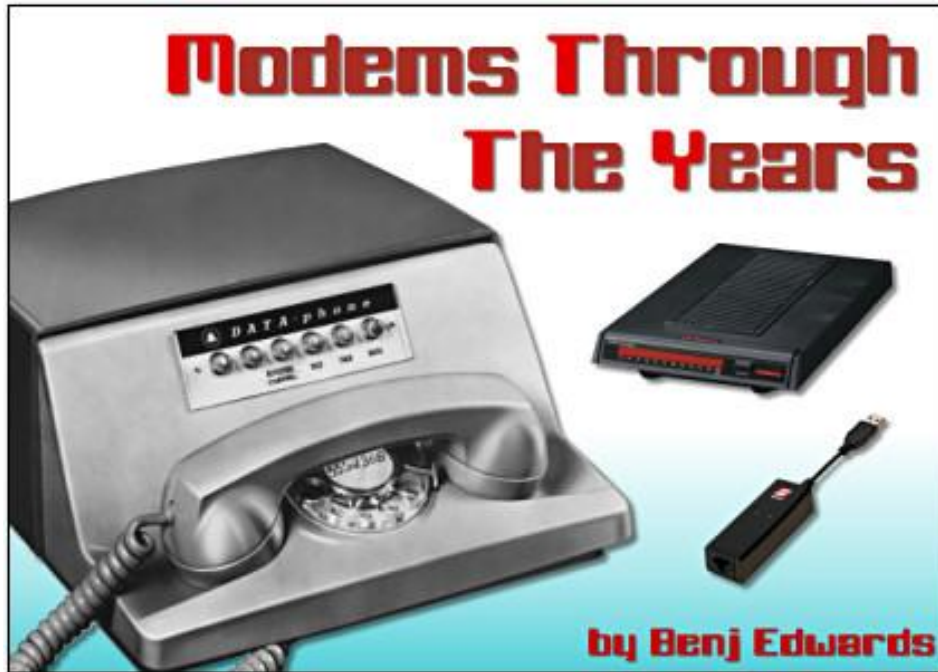
- ▶ אפנון דיגיטלי. משמש את מרבית התקשורת בעולם.
עקרון הפעולה:
פאזת האות משתנה בהתאם למידע המשודר



Phase Shift Keying (PSK)

Or called BPSK, uses two phases to represent 0 & 1

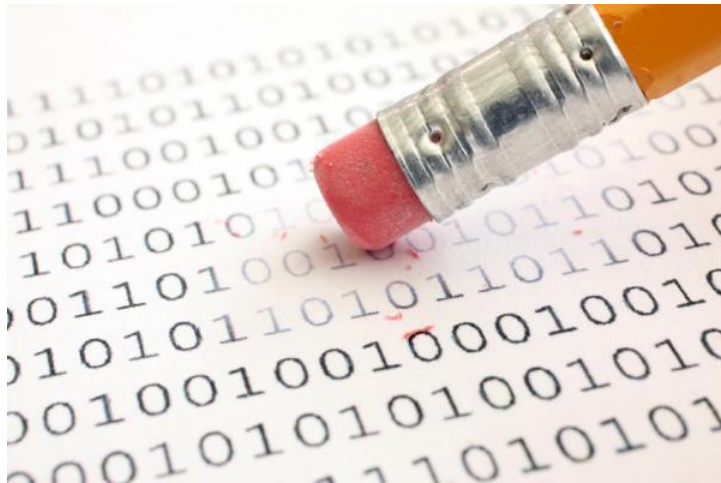
MODEM



- ▶ קיצור של Modulator - DeModulator
- ▶ בצד המשדר: אחראי על הפיכת המידע (קול, זרם ביטים) לאות אלקטרומגנטי
- ▶ בצד הקולט: אחראי על הפיכת האות האלקטרומגנטי למידע

תיקון שגיאות – Error Correction

- ▶ גלים אלקטרומגנטיים נוטים להשתבש, או להיות מופרעים, במעברם מהמסדר למקלט
- ▶ הבעיה קשה במיוחד אם מעבירים מידע דיגיטלי
- ▶ הפתרון: הוספת ביטים שתפקידם לעזור לנו לתקן שגיאות



תיקון שגיאות לעומת גילוי שגיאות

- ▶ בגילוי שגיאות, כמו checksum, אם יש שיבוש מעיפים את המסגרת
- ▶ למה להשקיע בתיקון שגיאות, במקום פשוט לזרוק מסגרות משובשות?

קרוב ל-0

36%

50%

- נניח שהסיכוי לביט שגוי הוא 1:1000 ושבמסגרת יש 1000 ביטים
- מה הסיכוי שכל הביטים תקינים ושלא נצטרך לזרוק את המסגרת?

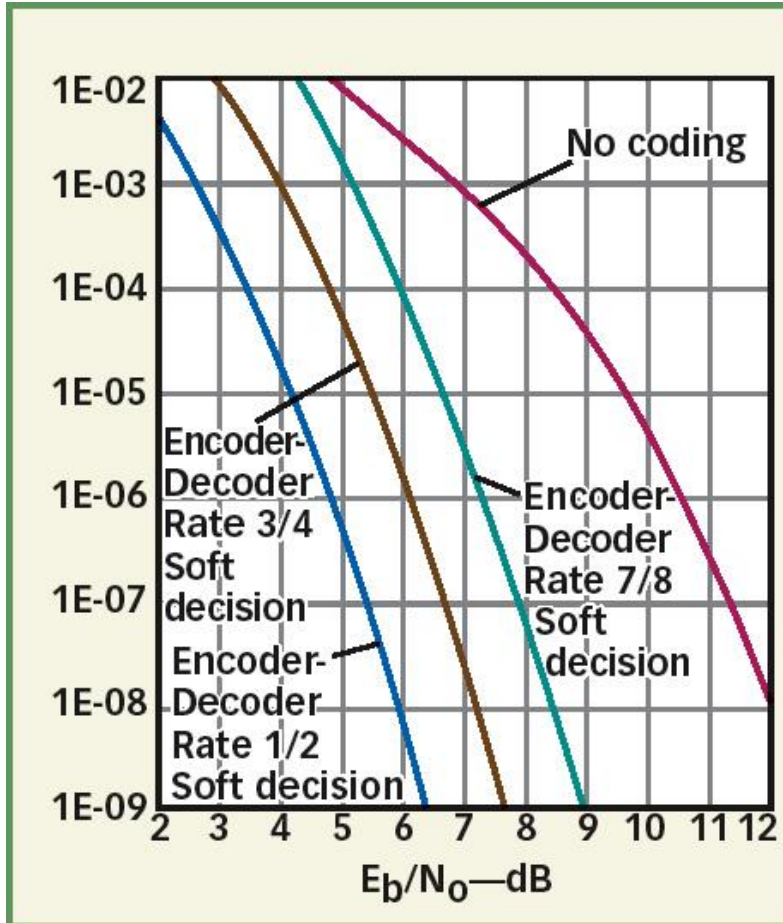
דוגמה לקוד תיקון שגיאות

- ▶ דוגמה פרימיטיבית: נשדר 3 פעמים כל ביט.
 - במקום לשדר 0 נשדר 000, במקום 1 נשדר 111
 - אם פה ושם תיפול שגיאה, נוכל לאתר ולתקן אותה
- ▶ נניח שבגלל רעשים והפרעות, יש סיכוי של 1% לטעות בביט. מה הסיכוי לקבל טעות לאחר תיקון השגיאות?
 - אם יהיו שתי שגיאות מתוך 3 ביטים, לא נצליח לתקן
 - הסיכוי שווה ל-1% כפול 1% כפול מספר האפשרויות לבחור 2 ביטים מתוך 3, סה"כ 0.03%
 - הורדנו את כמות השגיאות מ-1:100 ל-3:10000
 - אך שילמנו מחיר גבוה- הורדנו את קצב העברת המידע לשליש

תיקון שגיאות- המשך

- ▶ אחוז שגיאות סביר לאחר תיקון הוא אחד למאות אלפים או מליונים
- ▶ השכבות שמעל השכבה הפיזית כוללות מנגנוני גילוי שגיאות כמו checksum כדי לוודא שמסגרות שכוללות שגיאות ייזרקו וישודרו מחדש

תיקון שגיאות – Error Correction

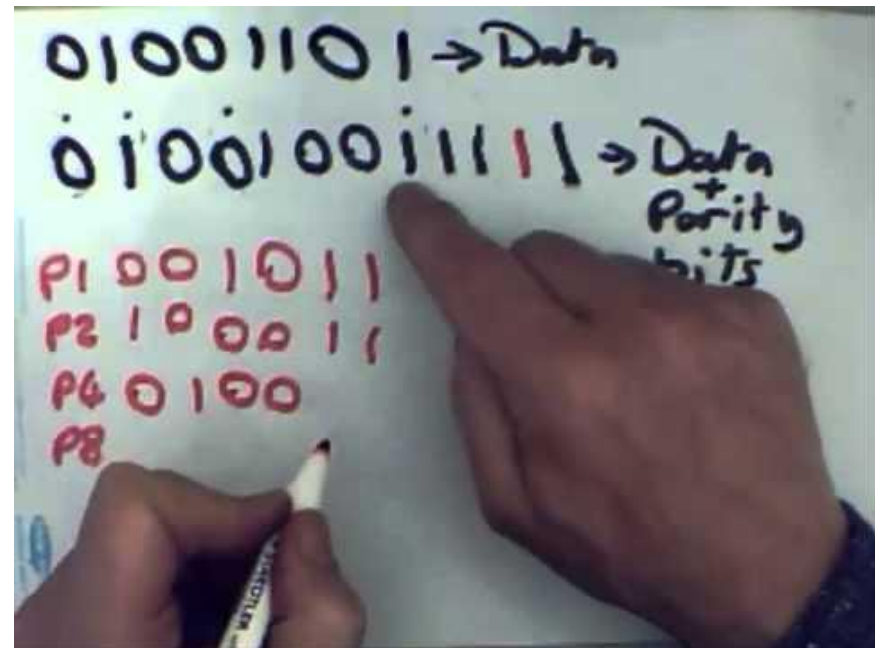


4. Theoretical PSK modem BER performance for various coding configurations with coherent demodulation (from MIL-STD-188-165A).

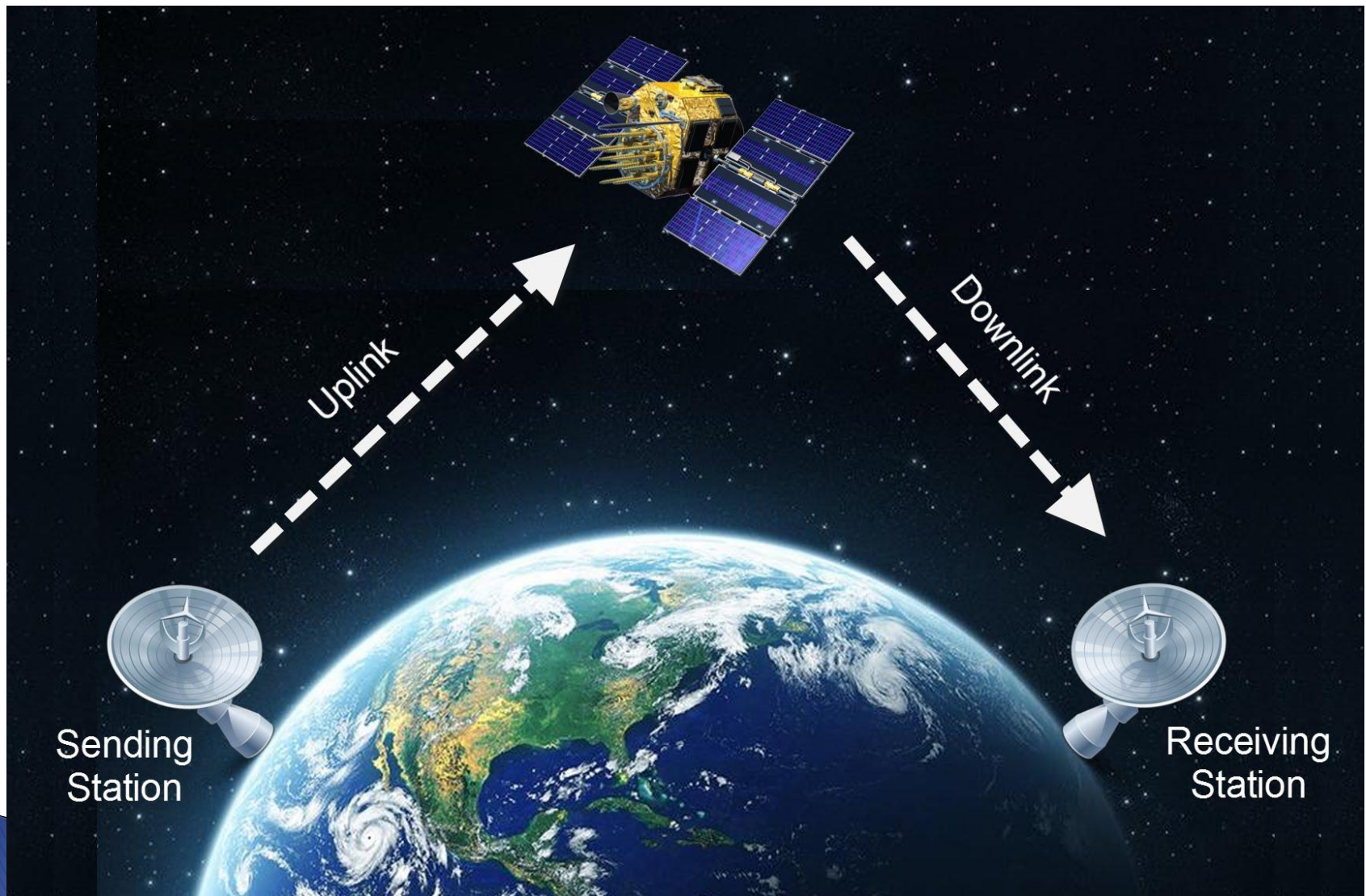
שיטות מתקדמות לתיקון שגיאות:

- Convolution Code
- Block Code

מעבר לסקירה זו. מוזמנים להתעניין בבית 😊

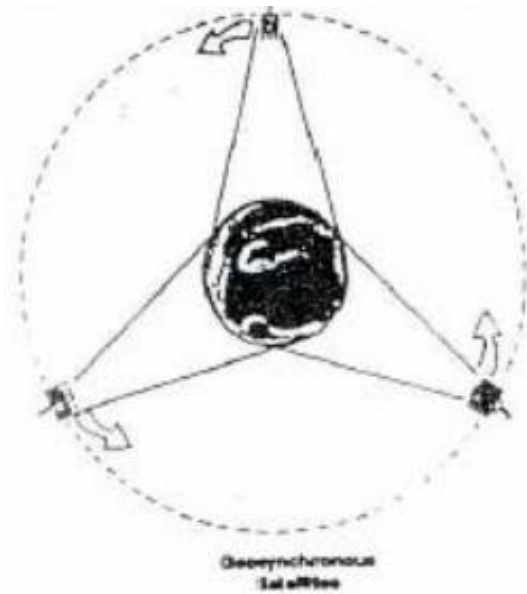


העשרה - תקשורת לוויינים

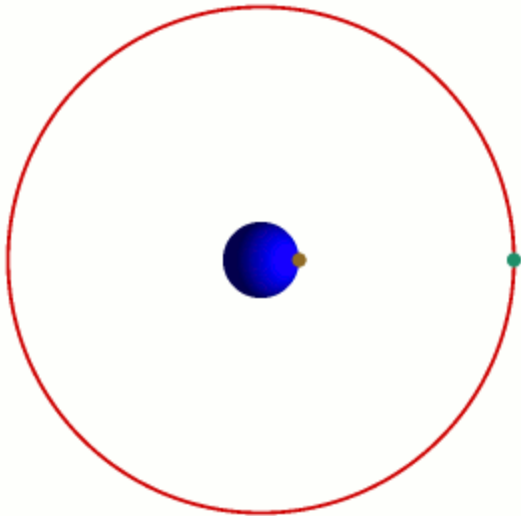


תקשורת לווינים

- ▶ במלחמת העולם השניה היה צורך במערכת תקשורת שתוכל לקשר בין כל שתי נקודות בעולם
- ▶ בשנת 1945 סופר המדע בדיוני Arthur C. Clark הראה שבעזרת 3 לווינים אפשר לפתור את הבעיה



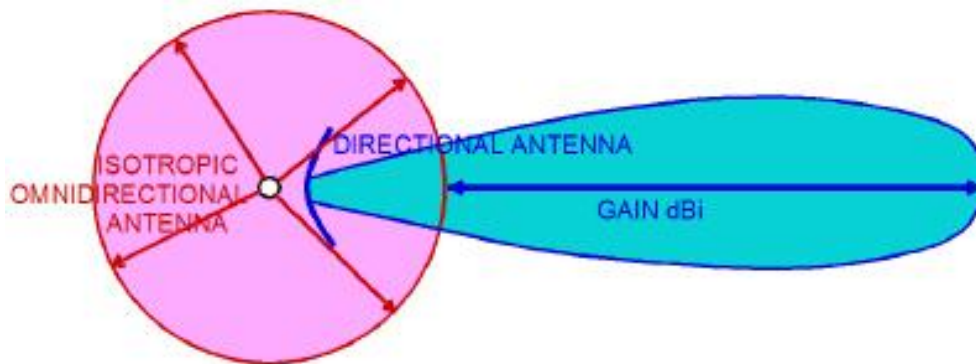
לווין גיאוסטציונרי



- ▶ חוק קפלר: משך הזמן שבו לווין מקיף את כדור הארץ תלוי בגובה שלו
- ▶ בגובה 36,000 ק"מ בערך, משך הזמן הוא 24 שעות
- לווין שנמצא מעל קו המשווה עם זמן הקפה של 24 שעות, נמצא תמיד מעל אותה נקודה בכדור הארץ
- קל לשדר אליו
- האזור בו נמצאים לווינים גיאוסטציונריים נקרא "חגורת קלארק"

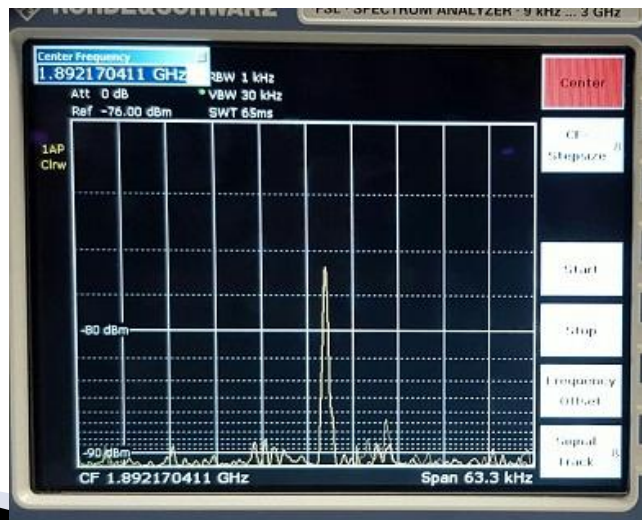
אנטנות לוויניות

- ▶ העוצמה של גלים יורדת לפי המרחק בחזקת 3
- ▶ כדי להתגבר על המרחק משתמשים באנטנות מיוחדות, שכל האנרגיה שלהן ממוקדת בזווית צרה (לעיתים פחות מ-1 מעלה)
- באדום: גלים שמשדרת אנטנה בלתי כיוונית (לדוגמה, רכב בשלט רחוק)
- בכחול: אנטנה כיוונית



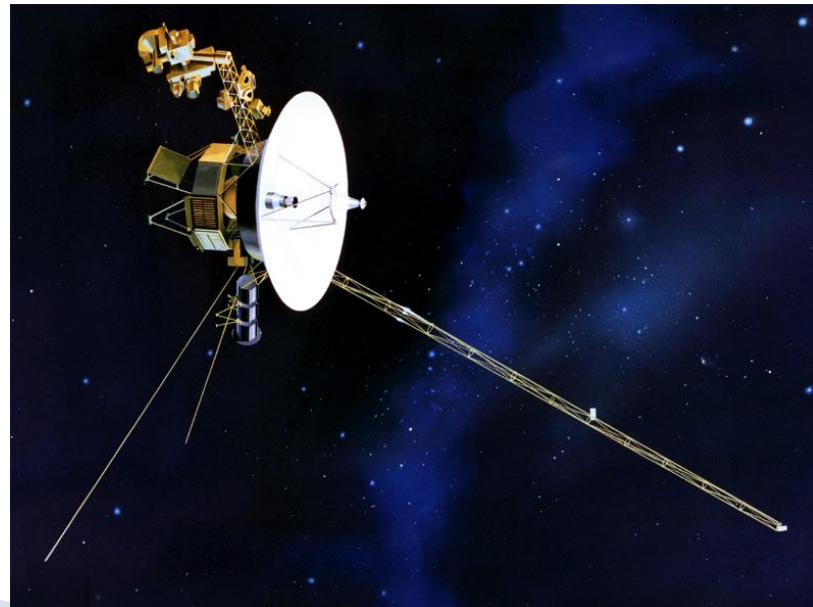
עקיבה אחרי לווינים

- ▶ כיוון שהאנטנות הלוויניות מאד ממוקדות, הן צריכות להיות מכוונות בדיוק אל הלווין
- ▶ כדי לעזור להן להתמקד, לווינים משדרים "משואה" Beacon - אות חזק בתדר קבוע
- ▶ בתמונה: beacon של לוויין כפי שהוא נראה ב-Spectrum Analyzer
- ▶ לאנטנה יש מנועי צידוד והגבהה והיא כל הזמן "מחפשת" את הזווית הטובה ביותר אל הלוויין

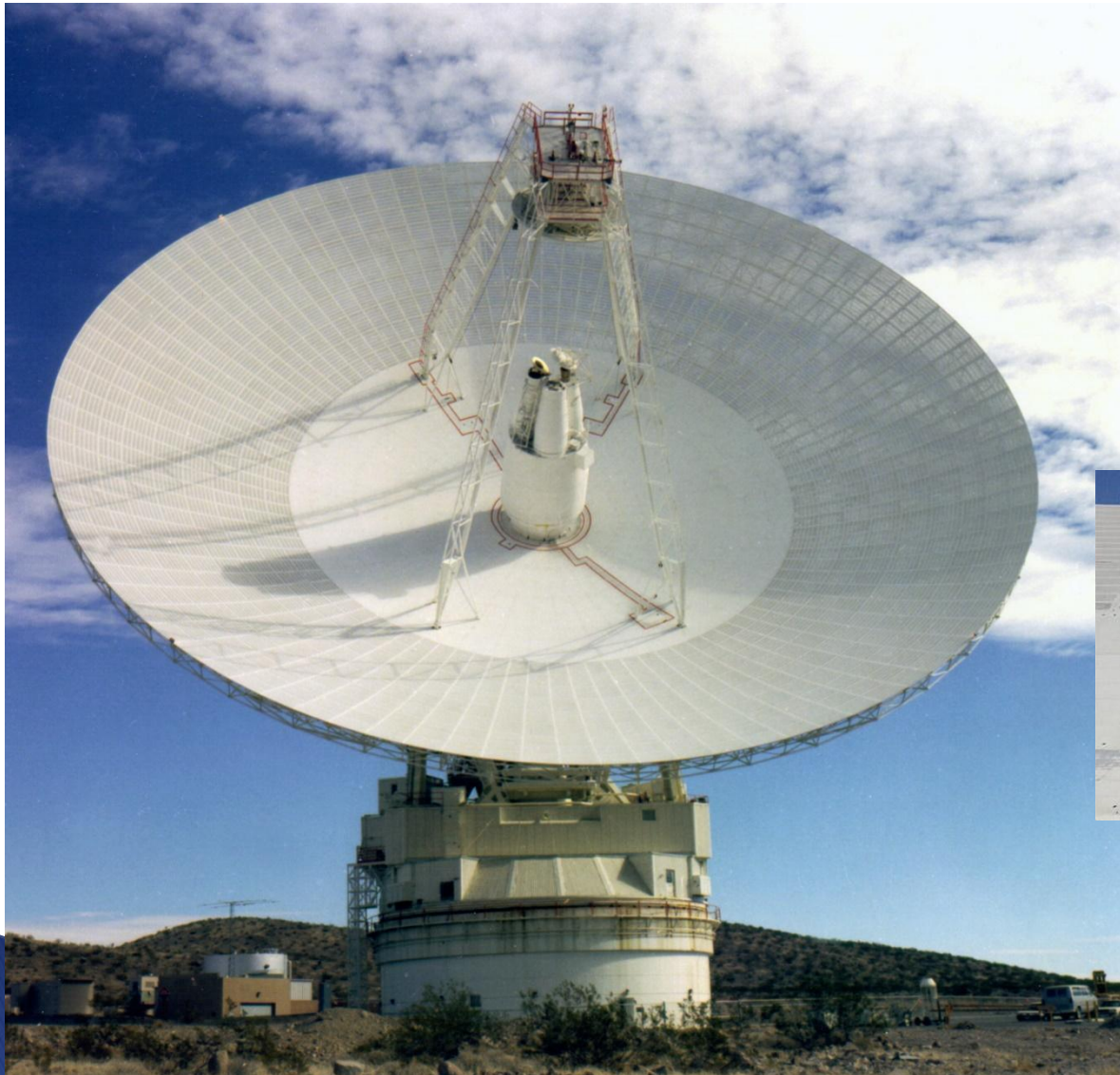


Voyager 1 - פלא טכנולוגי

- ▶ שוגרה ב-1977
- ▶ נמצאת במרחק 20 מיליארד ק"מ
 - לאור לוקח כ-19 שעות להגיע מהחללית לארץ
- ▶ תקשורת:
 - אנטנה בקוטר 3.7 מטר
 - עוצמת השידור: כמו של מנורה קטנה (20 וואט, נכון ל-1998)



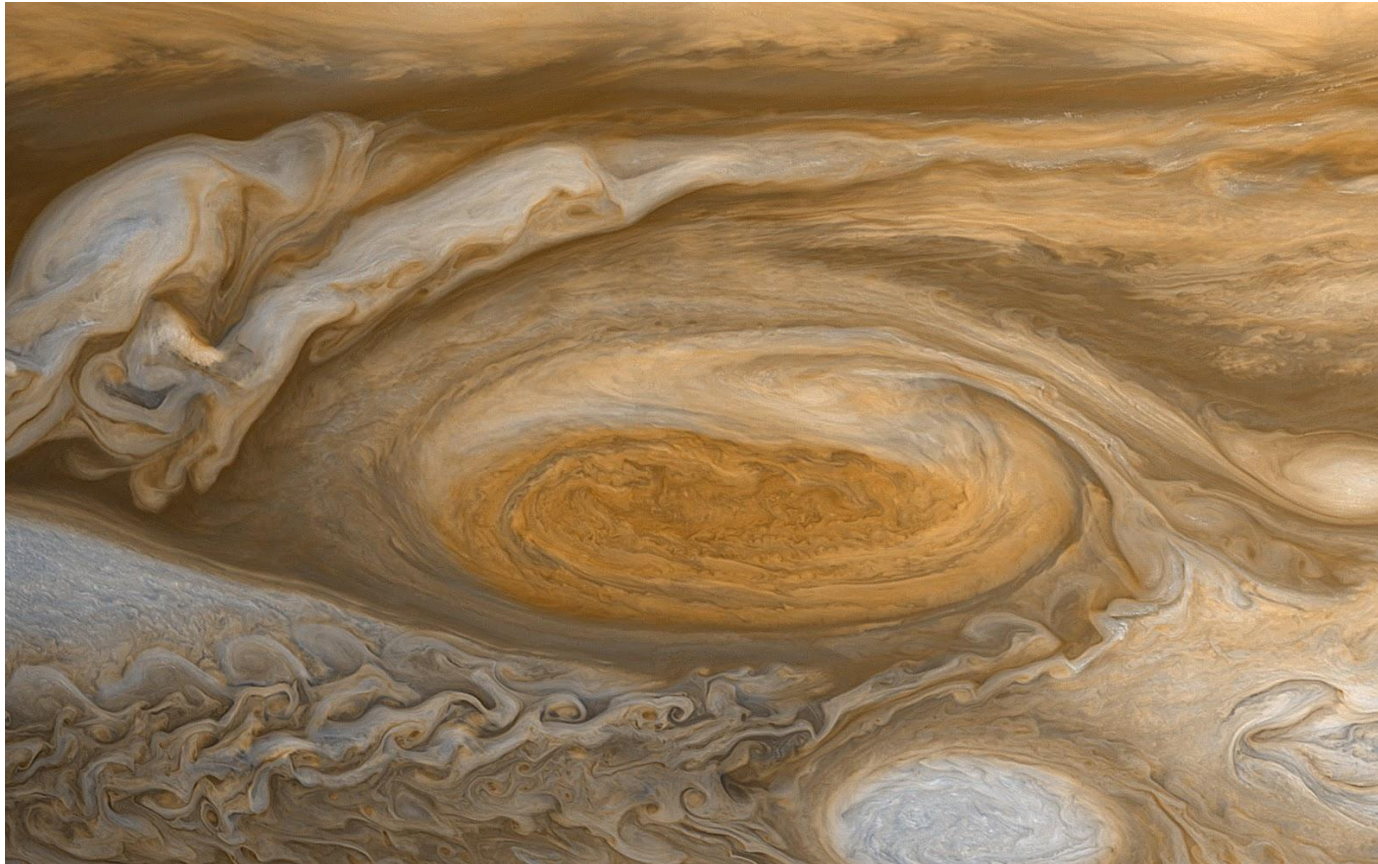
Voyager 1 - אנטנת פיקוד



- ▶ אנטנה בקוטר 70 מטר
- ▶ קליפורניה, ארה"ב



Voyager 1 - שידור



- ▶ קצב התקשורת דועך עם השנים
- ▶ כיום בערך 1000 ביטים לשניה

סערה על יופיטר (צדק), 1979

- ▶ Satellite Communications: Principles and Applications

▶ תוכנה למעקב אחרי לוויינים

