

פרק 4 - התווק העולם התקשורת

- זוגות חוטים שזורים
- כבל קואקסיאלי
- סיבים אופטיים
- תווק אלחוטי

התווק בעולם התקשורת

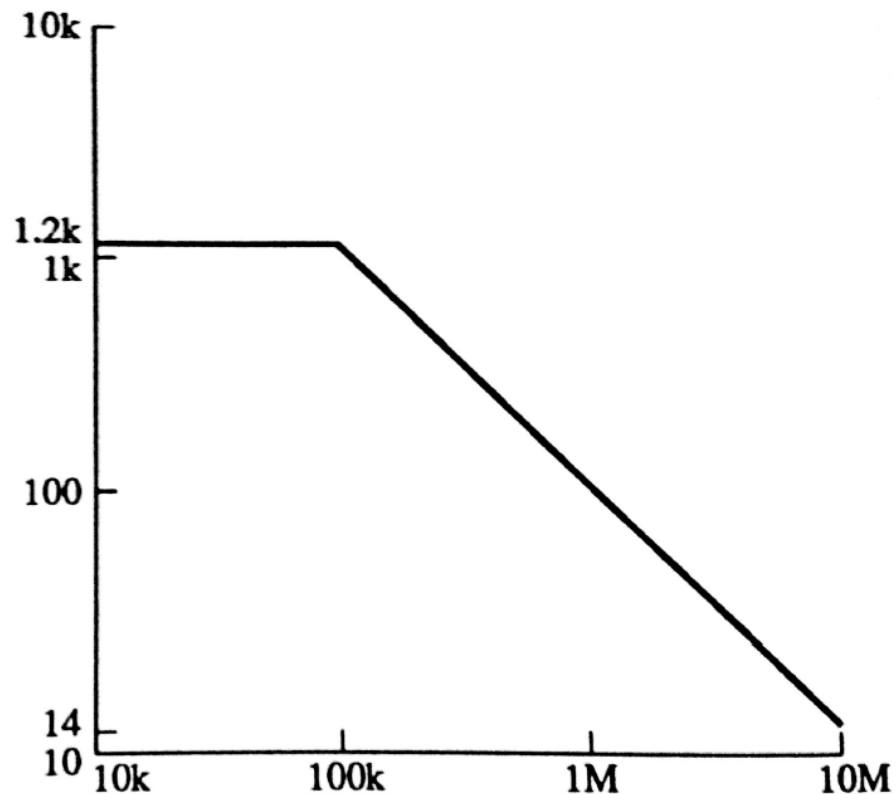
- תווק התקשורת – המסלול הפיסי המחבר את המשדר למקלט
- מהירות העברת הנתונים וכמות השגיאות כתלות בתווק התקשורת
- קווי הטלפון – תווק נפוץ בתקשורת נתונים
- תווקים בעולם התקשורת
 - זוגות חוטים שזורים (Twisted Pairs)
 - כבלים קואקסיאליים (Coaxial cables)
 - סיבים אופטיים (Optical fibers)
 - תקשורת אלחוטית

זולות חוטים שלזרים

- תיילי נחושת מבודדים המלופפים זה בזה
- קוטר משתנה (0.4 עד 1.6 מילימטר) שבין היתר קובע את מידת ההתנגדות למעבר זרם אלקטרוניים
- חשופים לקרינה אלקטרומגנטית חיצונית ← רעשים ← שגיאות בנתונים
- חשיפה לקרינה אלקטרומגנטית מקווים סמוכים ← רעשים ← שגיאות
- נתונים בקו אחד עלולים להיקלט גם במקלט המחובר לקו סמוך – ערב דיבור
- רוחב פס צר ← קצב העברת נתונים איטי יחסית
- ניחות האות ליחידת אורך גבוהה (בתקשורת נתונים מקובל לעבוד בניחות מרבי של 6dB בין קצוות הקו)

זולת חוטים שלזרים - המסק

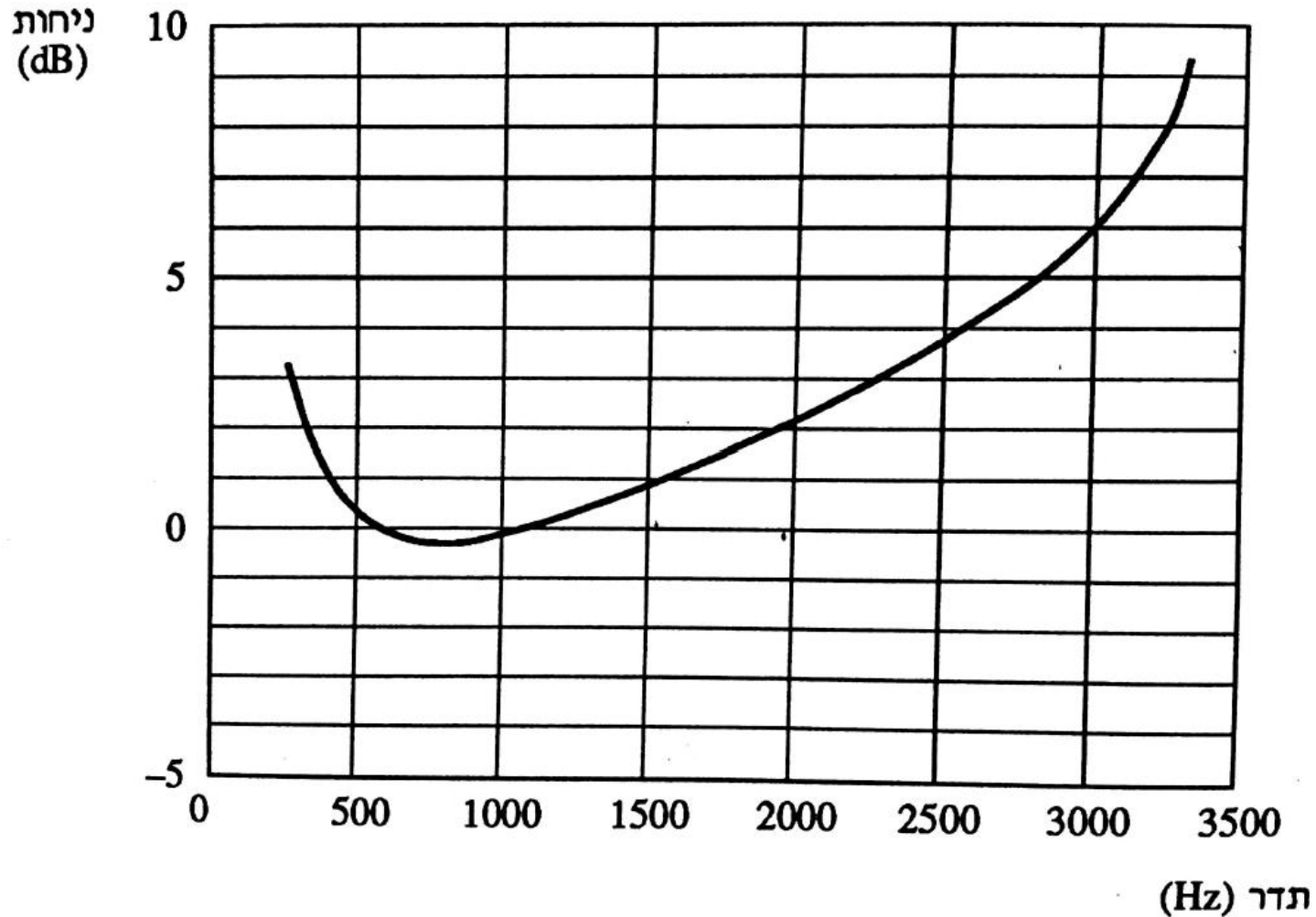
טווח שידור מרבי (m)



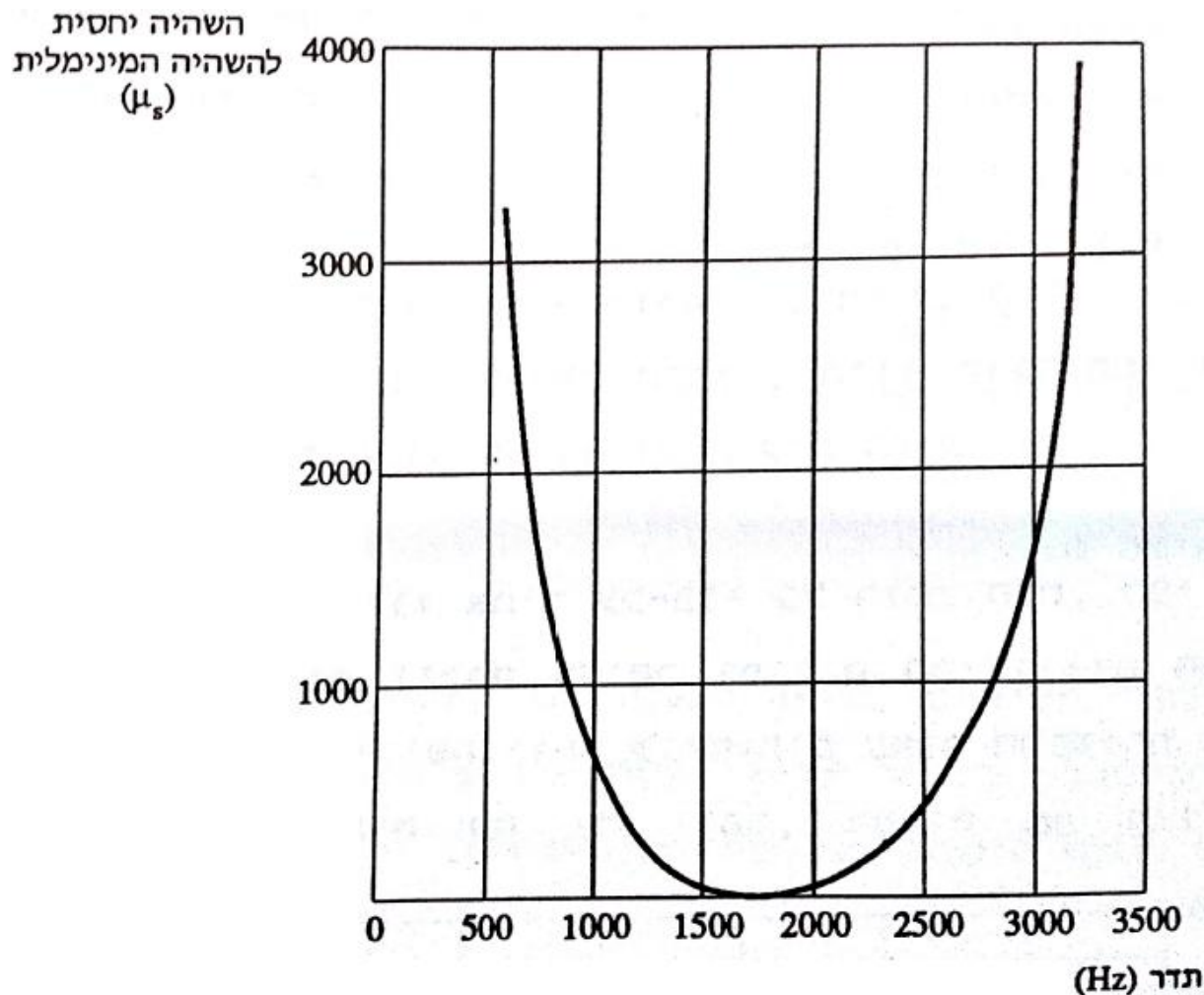
קצב העברת הדפקים (bps)

טווח השידור המרבי כפונקציה של קצב העברת הנתונים

ניחות בקו טלפון כתלות בתדר השידור



ציוותי השהייה בכבל טלפון כתלות בתדד השידור

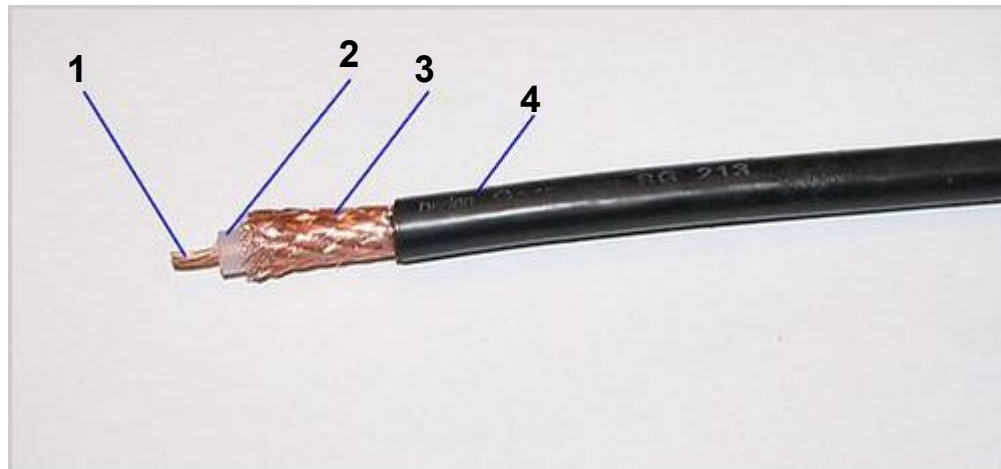


יתרונות fe חוטים עלורים

- מחיר ליחידת אורך נמוך ביותר
- טכנולוגיה פשוטה רבת שנים
- התקנה פשוטה
- חיבורים פשוטים וזולים לחיבור הצידוד לתווך

כבלים קואקסיאליים

- שני מוליכים גליליים בעלי ציר אורך משותף
 - פנימי – תיל מוליך
 - חיצוני – גליל מוליך חלול המהווה סיכוך
 - עובי הכבל בין 1 ל-2.5 ס"מ



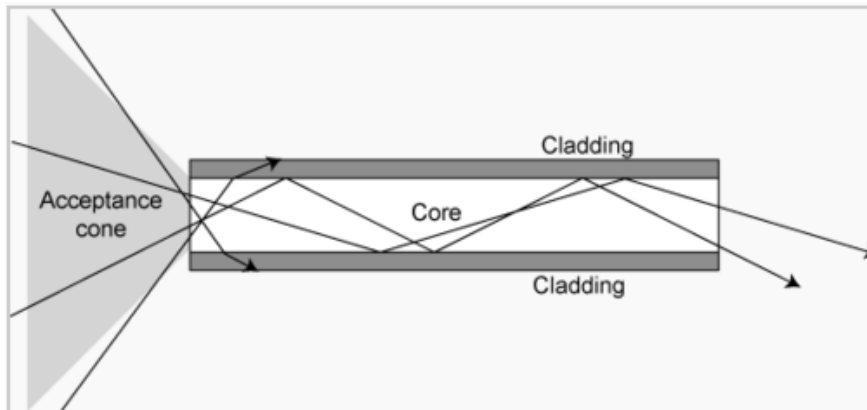
חתך של כבל קואקסיאלי בקוטר 10.3 מילימטר:
1. מוליך פנימי 2. מבדד 3. מוליך חיצוני 4. מבדד
חיצוני

מאפייני כבלים קואקסיאליים

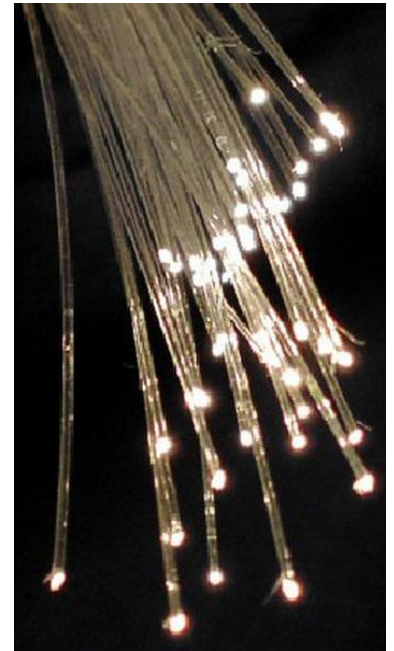
- רוחב פס גדול – 400 MHz
- הגנה טובה מפני קרינות חיצוניות
- הגנה טובה מתופעת ערב דיבור (Crosstalk)
- דרוש Repeater כל ק"מ או פחות – מייקר העברת נתונים למרחקים גדולים
- מורכבות התקנה ומעבר תוואי (פחות גמישים בשל עוביים)
- יקרים יותר מחוט שזור

סיבים אופטיים

- שידור נתונים באמצעות דפקים של אור
- סיב דק העשוי מזכוכית או מחומר פלסטי – 50 עד 100 מיקרון [10^{-6} מטר]
- הסיב מורכב מליבה (core) ומעטפת (cladding) ששתייהן שקופות
- מקדם השבירה של הליבה גבוה מעט מזה של המעטפת החיצונית ובכך יוצר מצב בו קרני האור "לכודות" בתוך הסיב – החזרה מלאה



שרטוט המציג מבנה של סיב, עם חרוט הקליטה שלו. קרן שנכנסת לסיב דרך החרוט נשמרת בתוכו כתוצאה מהחזרה פנימית מלאה, קרן שלא נכנסת דרך החרוט זולגת החוצה.



סיבית אופטיית - המשק

- אורך הגל - בתחום האינפרה אדום בשלושה תחומים עיקריים של אורכי גל: סביב 850 ננומטר, סביב 1310 ננומטר, או סביב 1550 ננומטר
- הנחת כבלים אופטיים היא פעולה יקרה ומורכבת המצריכה תיאום בין גופים רבים
 - כבל אופטי מכיל בדרך כלל כמה עשרות סיבים אופטיים כדי למזער צורך בהחלפת הכבל
- השימוש בסיבים בתקשורת הוא בדרך כלל בזוגות; סיב אחד משמש לשליחת נתונים והשני לקבלתם.

סוגי סיבים אופטיים - המשך

▪ single-mode

- סיבים בהם מועבר מידע באופן (mode) יחיד על מנת למנוע הפרעות ולהגיע למרחקי שידור ארוכים
- העברת מידע למרחקים של מעל 100 קילומטר
- נפוצים בעיקר ברשתות WAN, בין ערים, בין מדינות ובכבלים תת-מימיים
- סיבי single mode לתקשורת הם בדרך כלל בעלי מעטפת בקוטר 125 מיקרון, וליבה בקוטר 9 מיקרון, והם עטופים בשכבת מגן בעובי 125 מיקרון

סל' סיב' אופטי

▪ multi-mode

- סיבים בהם מועבר מידע במספר אופנים במקביל
- קיימים מספר מסלולים בהם יכול האור לעבור, ולכן פולס אור קצר בכניסה ימרח במוצא - מגביל את קצב התקשורת בסיב ואת מרחק השידור
- סיבי multimode זולים וקלים לייצור ולכן הם בשימוש ביישומים שבהם לא נדרש רוחב פס גבוה
- בסיבים אלו משתמשים להעברת מידע למרחקים של 300 עד 500 מטר, הם נפוצים בשימוש במיוחד ברשתות מקומיות, בתוך בניינים או בין בניינים סמוכים
- סיבי multimode עבים יותר מסיבי single-mode - הליבה שלהם היא בדרך כלל בקוטר 50 או 62.5 מיקרון

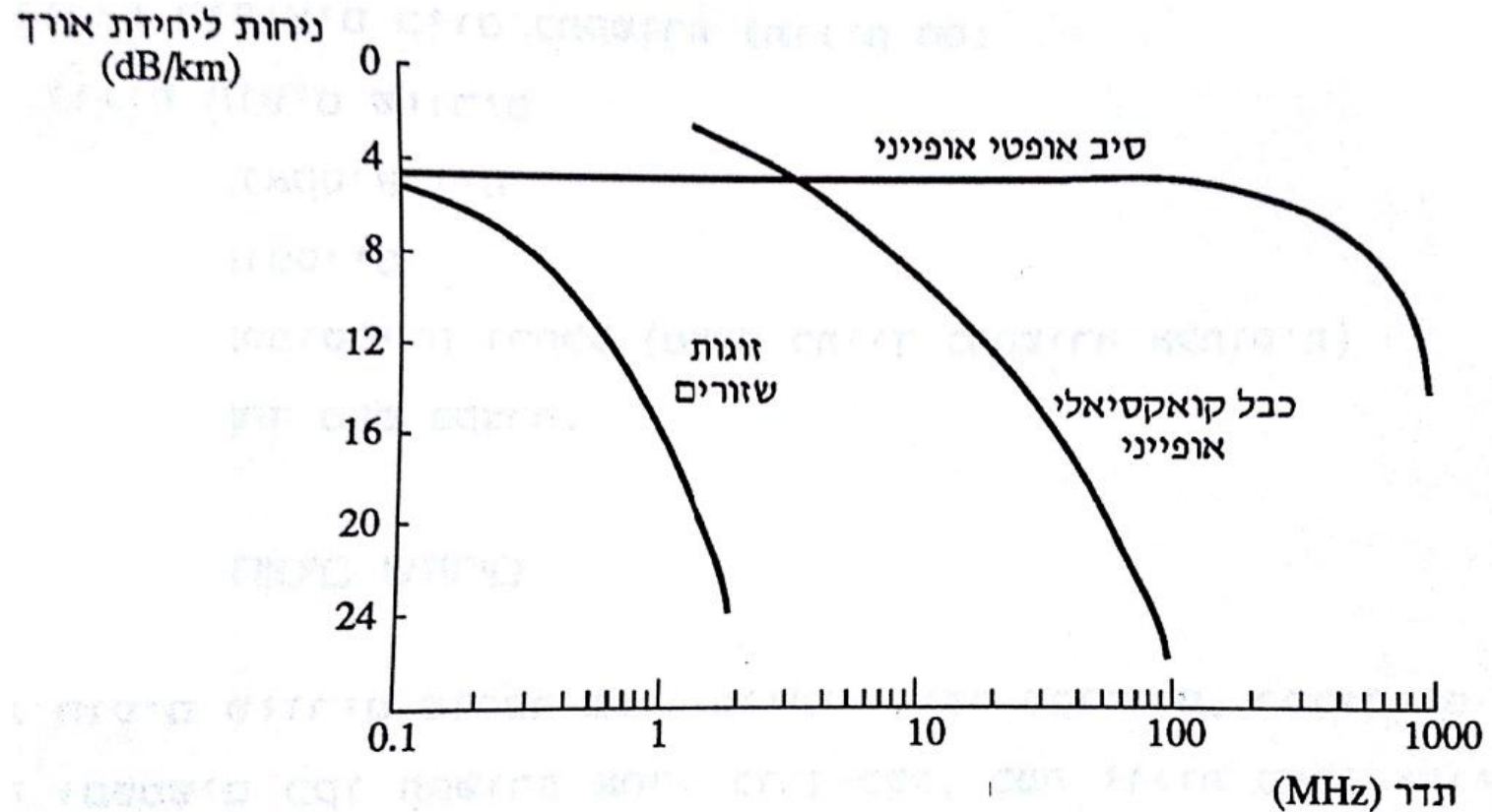
סיכום אופטיים - המשך

- לסיב אופטי רמת ניחות נמוכה מאוד - מעבר מרחקים גדולים מאוד ללא צורך בהגברת האות
- העברת נתונים בקצבים של עד 4.6 Gbps
- קיימות טכנולוגיות לשליחת נתונים במספר אורכי גל שונים בו זמנית - העברת נתונים בקצבים של Tera bps
- בקצה המשדר LED לייזר שהופך את האות החשמלי לאות אופטי
- בקצה הקולט ממוקם מקלט - רכיב המשתמש בגלאי להמרת האותות האופטיים המתקבלים לאותות חשמליים

מאפייני סיבים אופטיים

- רוחב פס גדול מאד – 2 GHz
- דרושים מספר קטן של משחזרים (Repeaters) ביחס לכבלים או חוטים שזורים
- קיימים סיבים להעברת קצב שידור של 3.5 Gbps לטווח של יותר מ-300 ק"מ ללא משחזרים
- קטן וקל
- חסין בפני קרינות אלקטרומגנטיות חיצוניות
- קשה לציתות
- חיבור לסיב מורכב יותר – יקר יחסית

השוואה בנִיחות ליחידת אורך



הניחות ליחידת אורך בתווכי תקשורת שונים

תווק שידור אלחוטי

- שידור וקליטה באמצעות אנטנות
- לעתים זול יותר לשדר נתונים בשידור אלחוטי מאשר בקווי
- האנטנה מקרינה וקולטת גלים אלקטרומגנטיים לתווק האלחוטי
- רוחב פס גדול – מאות MHz מאפשר קצב מהיר של העברת נתונים
- שני סוגים בסיסיים של שידור אלחוטי
 - שידור כיווני – אלומה צרה וממוקדת (2-40 GHz). תחום המיקרוגל (Microwave)
 - מחייב קו ראייה
 - טווחים- עד כ-80 ק"מ
 - רגישות לתנאי מזג האוויר והפרעות
- שידור רב כיווני – קליטה ע"י אנטנות רבות

שידור לווייני תקשורת (Satellite)

- לוויין תקשורת פועל כמו מראה בחלל להחזרת גלים קצרים
- לכל לוויין מספר מקלטים ומשדרים- קליטת אות ושידורו חזרה לכדור הארץ
- יכול לשמש כערוץ נל"ן בין שתי תחנות קרקעיות או לספק תקשורת בין תחנה אחת לכמה תחנות קולטות
- תחנת ממסר בחלל



שידור לווייני תקשורת (Satellite)

- נדרש קו ראייה בין הלוויין לתחנות הקרקעיות
- אפשרי רק אם משלים הקפה ב-24 שעות
- רוב לווייני התקשורת נמצאים במסלול גאוסטציונרי
(**Geostationary Earth Orbit - GEO**)
- לוויין במסלול זה נראה מפני כדור הארץ כנמצא במיקום קבוע בשמים
- מיקום הלוויינים כפוף לתקינה ולרגולציה על ידי ארגון התקשורת העולמי לתקשורת רדיו ה-ITU-R
- מסלול זה נמצא מעל קו המשווה בגובה של 35,786 ק"מ

מאפייני לוויני תקשורת

- קצבי העברת מידע של VSAT (A very small aperture terminal) : 4Kbps-4Mbps
 - בדגמים מסוימים מגיעים ל-16Mbps (Downlink)
 - השהיית התפשטות של 250 ms
 - תקורת (overhead) גבוהה ולכן הנצילות נמוכה יחסית
 - ערוץ לוויני לשידור נתונים ברוחב פס רחב הינו יקר יחסית

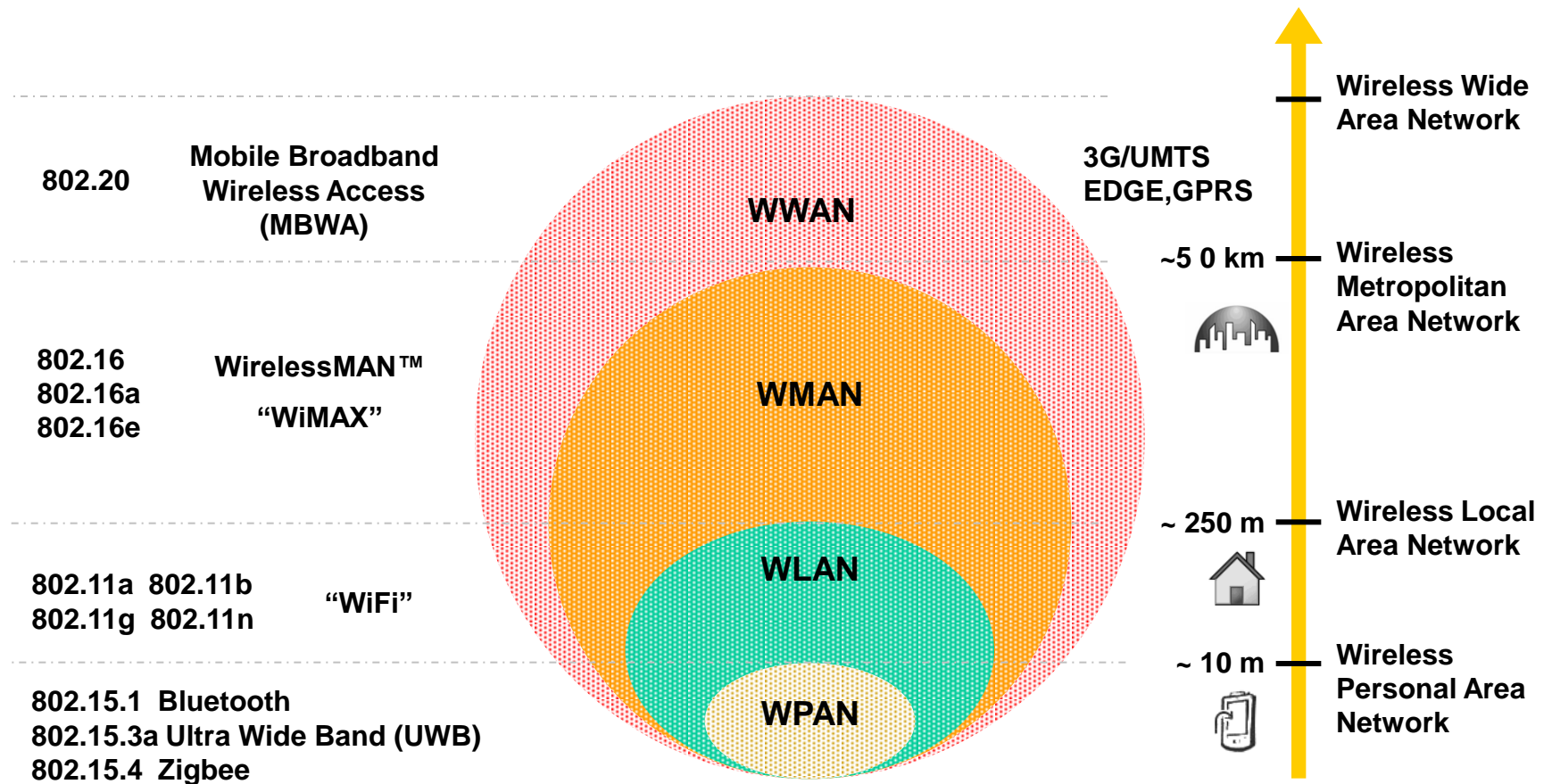


A 2.5 m parabolic dish antenna for bidirectional satellite Internet access

תקשורת אצל רשתות הטלפונים הסלולארית

- דור 3 – טכנולוגיית UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)
 - 2Mbps לתקשורת ניידת
 - 144Kbps לתקשורת ניידת (רכבים נוסעים)
- דור 3.5 – 3GPP
 - HSPA -High Speed Packet Access טכנולוגיית
 - HSDPA – High Speed Downlink Packet Access
 - 3.6-7.2 Mbps
- דור רביעי – טכנולוגיית LTE (Long Term Evolution)
 - Downlink 100Mbps
 - Uplink 50 Mbps

IEEE-802 תורת רשתות



IEEE-802 *צ'קריים בתקן*

| Standard | Details | Notes |
|----------------|------------------------------------|--|
| 802.11a | 54Mbps - 5.8MHz Range Uses | Higher Speed works in the 5Ghz range which is not available everywhere |
| 802.11b | 11Mbps - 2.4Ghz Range Uses | First available standard. Widely used |
| 80.11g | 54Mbps - 2.4Ghz Range Uses | Higher Speed compatible with 802.11b |
| 802.11n | 100Mbps – 2.4Ghz, 5GHz MIMO | MIMO – Multiple In/Multiple Out Planned very high speed low coverage |
| 802.11e | Enhancement for Quality of Service | To differentiate between different traffic types – data, voice and video |
| 802.11i | Enhancements for WLAN security | |

סיכום

- סוג התווך משפיע על פרמטרים רבים
 - רוחב סרט וקצבי שידור
 - טווח השידור
 - השהיית התפשטות (PD)
 - ניחות האות לכל ק"מ
 - חשיפה לרעשים
 - חסינות מפני האזנה ופרטיות
 - תקשורת נייחת או ניידת (אלחוטי או חוטי)
 - מחיר התשתית ומורכבות ההתקנה