

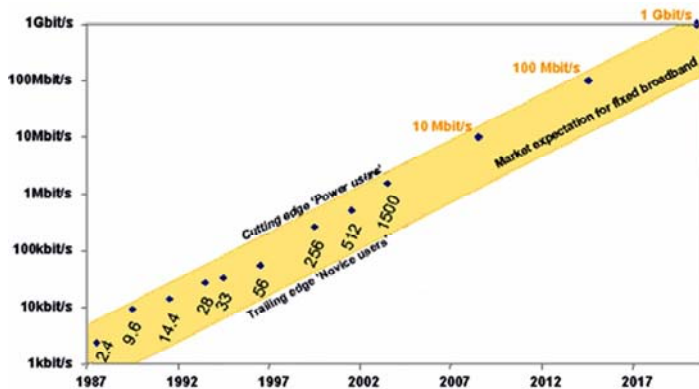
תשתיות כבלים למערכות "סיב-עד-הבית" - FTTH ד"ר חנן ינון

Yinnon@netvision.net.il

רקע

הצורך בהבאת תקשורת רחבת פס למשתמשים ביתיים נמצא על שולחן הדיונים הטכנולוגי שנים רבות, אך עד לאחרונה לא היה בנמצא תוכן או יישום שיצדיקו את ההשקעה הגדולה הכרוכה במימוש הטכנולוגיה. המכשול למימוש החזון היא הבעייה הקלאסית של "הביצה והתרנגולת": עלות הטכנולוגיה תלויה במספר המשתמשים ומספר המשתמשים תלוי בעלות הטכנולוגיה.

אך כמו במקרים רבים אחרים, השנים הביאו להתקדמות אטית של הטכנולוגיות שאיפשרו הגדלה הדרגתית של רוחב הפס: ADSL, ADSL2+, וכן הדור השלישי בטלפוניה סלולרית ויורשיו. ספקי התוכן החלו לנצל את רוחב הפס הגדל והולך והחלו להיווצר מקורות רבים לתוכן המשתמש ברוחב הפס הזמין, מקורות כמו YouTube, שרותי חדשות בוידאו, הורדה ושיתוף קבצי וידאו, שיתוף קבצי תמונה ועוד. מחקרי שוק מראים כי בעשר השנים הבאות רוחב הפס שידרשו הלקוחות הפרטיים לקבל יהיה בסדר גודל של 100 Mbps סימטרי (איור 1).



איור 1: קצב הנתונים הנדרש על ידי לקוחות פרטיים אחד ממחקרי שוק רבים בנושא (מקור: אינפונטיקס)

השרותים המבוקשים על ידי הלקוחות הביתיים בעתיד הנראה לעין (שחלקם עדיין אינם זמינים) דורשים רוחב פס רציף של כ-60 Mbps למשתמש ביתי רגיל עם צריכת שיא בהיקף של עד 100 Mbps. טבלה 1 מרכזת את צרכי רוחב הפס הנדרשים.

במקביל חלו שינויים נוספים בשוק. מחיר הנחושט עלה עם העלייה הכללית של מחירי חומרי הגלם, ואילו המחירים של

הסיבים האופטיים וציווד הקצה האופטי ירדו עם התייצבות הטכנולוגיה וסיום המימון של ההשקעות המסיביות שנדרשו בעבר למימון הפיתוח. טכנולוגיית ייצור כבלי נחושת עשתה אמנם צעדים גדולים מאד בשנים האחרונות, והיא מסוגלת להתמודד עם רוחבי הפס הנדרשים, אך זאת במחיר הולך וגדל (בשל הדרישות המחמירות מכבלים אלה) וכן במגבלת מרחק של 100 מטר, וזאת רק בשימוש פנימי בתוך בניין.

רוחב סרט נדרש Mbps	מס' יחידות	רוחב סרט ליחידה Mbps	שרות
0.2	3	0.064	טלפון
30.0	3	10.0	אינטרנט
15.0	3	5.0	טלוויזיה דיגיטלית MPEG-4 – SDTV
30.0	3	10.0	טלוויזיה דיגיטלית MPEG-4 – HDTV
45.2			סה"כ עם SDTV
60.2			סה"כ עם HDTV

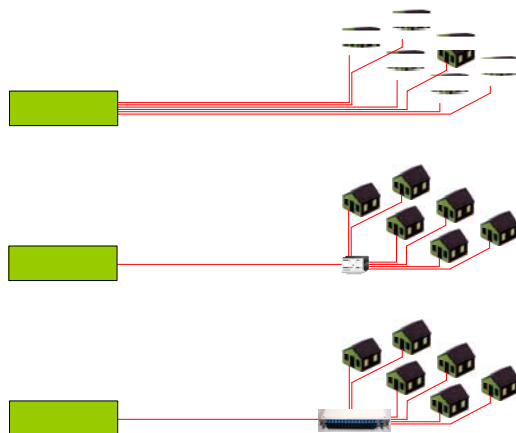
טבלה 1: הערכת צריכת רוחב פס קבועה לפי יישום בבית פרטי מודרני (לא כולל שימושים מיוחדים כמו לימוד מרחוק, קישור עם בית חולים לטיפול מרחוק ועד)

כל השינויים הללו בהיבט כולל מחייבים לבצע הערכה מחדש של תשתיות התקשורת הנדרשות כדי לספק את צרכיהם של משתמשי המאה ה-21. הגיע הזמן להחזיר את התשתית הסיבאופטית עד בית לקוח הקצה ואף לתוכו. חברות התקשורת הגדולות כגון בזק מודעות מזה שנים להתקדמות הטכנולוגיה, ובזק אף החלה להתקדם בכיוון של תשתית סיבאופטית קרובה לבית עם השקת ה-NGN לאחרונה.

אולם התקנת תשתית סיבאופטית רחבת פס אינה חייבת להתבצע רק על ידי החברות הגדולות. פרויקטים פרטיים רבים המוקמים בישראל ישודרגו באופן משמעותי אם תותקן בהם תשתית סיבאופטית. מטרתנו בהרצאה זו היא ליידיע את קהל המהנדסים העוסקים בתשתיות מכל הסוגים את יתרונות התשתית הסיבאופטית, ובכך לאפשר הרחבת השימוש בסיבים אופטיים כתווח המועדף לכל תשתיות התקשורת בכל מקום.

סיבים אופטיים עד הבית

קיימות מספר טופולוגיות להעברת סיבים אופטיים לבית משתמש הקצה או לקרבתו. טופולוגיה אחת מגדירה שכל לקוח יחובר למרכזיה או ל- Point of Presence (POP) בקו סיבאופטי ייעודי כמתואר באיור 2א'. טופולוגיה זו נקראת נקודה לנקודה (Point to point P2P). הקו הסיבאופטי יכול להיות דו סיבי או חד סיבי, תוך שימוש בתקשורת דו-כוונית על סיב אחד. היתרון של טופולוגיה זו הוא שכל משתמש מקבל רוחב פס קבוע לפי צרכיו, והציוד הנדרש הוא ציוד תקשורת מוכר וידוע. מצד שני טופולוגיה זו דורשת התקנת מספר רב מאד של סיבים והתקני קצה ולפיכך היא יקרה. בערים צפופות יש קושי רב להכניס כמות כה גדולה של כבלים לצנרת הקיימת, ולכן פתרון זה מחייב השקעות מסיביות.



איור 2: טופולוגיות סיבים עד הבית

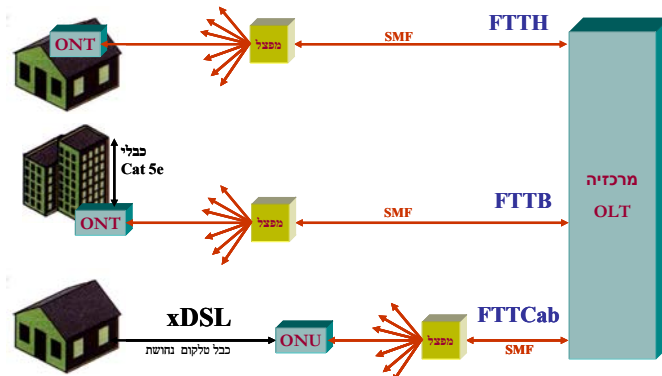
טופולוגיה אחרת של נקודה לנקודה מסתמכת על קו סיבאופטי אחד למתג הנמצא בקרבת מקום לריכוז לקוחות, כגון בית מגורים או צביר בתים (איור 2ב'). חיבור המתג ללקוחות הקצה יכול להיות באחת משתי דרכים: כבלי נחושת מסוג Category 5e, או כבלים סיבאופטיים ויחידות קצה סיבאופטיות בכל בית. הפתרון הראשון בעייתי בשל מגבלת המרחק

של כבלי הקטגוריה - 100 מטר - ובשל הצורך להגביל את ההתקנה לסביבה פנימית. משום כך פתרון זה יעיל רק במקרה של בנייני מגורים (יחידות רבות דיירים - Multi-Dwelling Unit - MDU). הפתרון השני (סיבים אופטיים לתוך הבתים) יעיל למדי, אלא שהתקנת מתג יקר בריחוק רב מהמרכזיה טומנת בחובה בעיות לוגיסטיות רבות כגון אספקת חשמל, מיקום ובעיקר תחזוקה במרחק מהמרכזיה, המחייבת העסקת צוות טכני יקר.

מערך ה-NGN שנבחר על ידי בזק לספק לתושבי ישראל פס רחב, דומה לפתרון P2P נוסח איור 2ב'. במערכת של בזק המתג הוא POP הממוקם בארון סעף, ומכיל כרטיסי DSLAM, המקושרים ללקוח הקצה באמצעות כבלי נחושת סטנדרטיים. המתג מחובר למרכזיה באמצעות כבל סיבאופטי, המבטיח רוחב סרט של לפחות 622 Mbps. על מנת לתת ללקוחות פס רחב, תעבור בזק למערכות VDSL2. בצורה כזו מבוססת מערכת ה-NGN של בזק על xDSL המקורב ללקוח באמצעות סיבים

אופטיים, אך הלוקה בבעיות הידועות של xDSL – קצב העלאת נתונים אטי וקצב הורדת נתונים המוגבל (נכון להיום) ל- 50 Mbps.

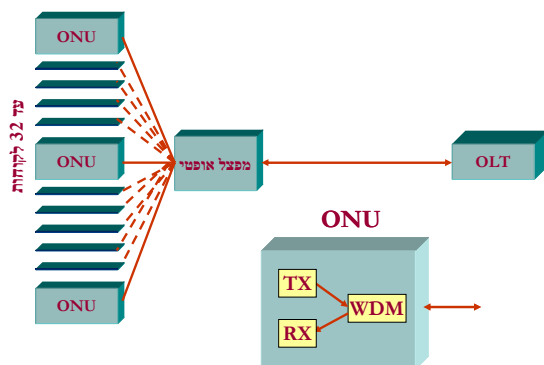
הפתרון שנמצא היעיל ביותר מכל הבחירות הוא פתרון Point to Multi-Point – P2MP (ראה איור 3ג'). פתרון זה מבוסס על רשת סיבאופטית פסיבית (Passive Optical Network - PON) – כלומר יחידות אקטיביות הנמצאות רק במרכזיה ובבית הלקוח. מהמרכזיה יוצא סיב אחד לכל צביר של 32 לקוחות (64 עם הגברה). בקרבת הלקוחות נמצא מפצל אופטי פסיבי (שאינו דורש אספקת מתח), המחלק את המידע ל- 32 הלקוחות. המפצל הזה אחראי גם לרכז את המידע המועלה על ידי הלקוחות לסיב הבודד המגיע למרכזיה (איור 3).



איור 3: מערכות PON:
א' – FTTH, ב' – FTTB, ג' – FTTCab

מקובל להגדיר 3 רמות של PON: ברמה הגבוהה ביותר מחוברים בתי לקוחות הקצה בסיב אופטי דרך המפצל למרכזיה (איור 3א'). פתרון זה נקרא Fiber-to-the-Home – FTTH. ברמה הנמוכה יותר מחובר בניין מגורים שלם (MDU) למרכזיה באמצעות סיב, אך התקשורת בתוך הבניין היא באמצעות כבלי קטגוריה.

בניגוד לפתרון P2P שראינו למעלה, כאן מחבר סיב אחד עד 32 בנייני מגורים למרכזיה.



איור 4: מערך PON בסיסי

הרמה השלישית (איור 3ג') דומה לפתרון המיושם על ידי בזק, אך במערכת PON מספר הסיבים המגיעים למרכזיה קטן פי 32 מאשר במערכת שתוארה למעלה.

כל פתרונות ה-PON מבוססים על תקשורת דו-כוונית על פני סיב אחד בטכנולוגיית Wavelength Division Multiplexing – WDM. איור 4 מתאר בצורה מפורטת מערכת PON. היחידה הנמצאת במרכזיה נקראת Optical Line Terminator, OLT, ואילו היחידה הנמצאת בבית הלקוח נקראת Optical Network Unit, ONU.

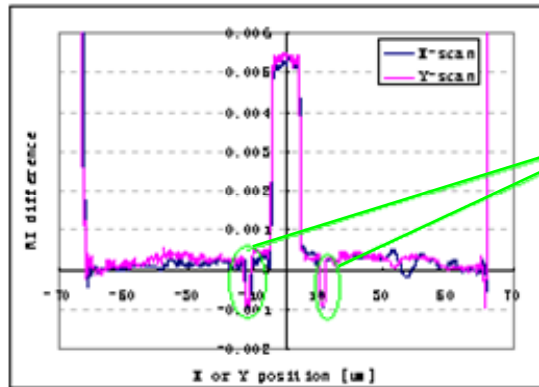
סיב מופחת רגישות לכיפוף

אחת המגבלות הידועות של שימוש בסיבים היא הצורך לשמור על רדיוסי כיפוף שלא ירדו מתחת ל- 25 מ"מ. מגבלה זו מקשה על התקנת הכבלים הסיבאופטיים בסביבה ביתית צפופה, ומחייבת שימוש בקופסאות חיבור גדולות יחסית המאפשרות לשמור על רדיוס הכיפוף הגדול.

על מנת להתגבר על מגבלת רדיוס הכיפוף פותח בשנים האחרונות סוג חדש של סיב המוגדר בתקן בינלאומי ITU-T-G.657. סיב זה נקרא סיב מופחת רגישות לכיפוף – Bend Insensitive Fiber.

רגישות סיב אופטי מסוג Single Mode לכיפוף נגזרת מהעובדה שהשדה האופטי של האופן – Mode field – מתעוות בכיפוף. כאשר הסיב ישר, מצוי שדה האופן עמוק בתוך הסיב ליד ליבתו.

אולם כאשר הסיב מכופף קצה שדה האופן הפונה אל מחוץ למרכז הכיפוף מתארך. ברדיוס כיפוף מספיק קטן שדה האופן כבר אינו מתאפס בקצה הסיב. במצב זה אובד חלק מאנרגיית השדה לציפוי הפלסטי ומשם אל מחוץ לסיב, ונוצר ניחות באיזור הכיפוף.



תעלה (Trench)
לעצירת התרחבות
שדה האופן בכיפוף

כדי להקטין את רגישות הסיב לכיפוף, יש לשנות את מבנה ליבת הסיב כך ששדה האופן יהיה צר יותר, כך שבעת כיפוף השדה יתעוות במידה מינימלית. הדבר נעשה על ידי בניית "תעלה" של מקדם שבירה נמוך מסביב לליבת הסיב בעלת מקדם השבירה הגבוה. איור 5 מתאר את פרופיל מקדם השבירה של סיב מופחת רגישות לכיפוף. ניתן לראות את ה-"תעלה" משני צידי הליבה.

איור 5: פרופיל מקדם שבירה של סיב מופחת רגישות לכיפוף

התקן ITU-T-G.657 מבחין בשני סוגי סיבים:

- סוג A - סיבים התואמים בכל הפרמטרים האופטיים את סיבי ה-Single-Mode הסטנדרטיים המוגדרים בתקן G.652. ניתן לחבר סיבים אלה לסיבי G.652 ללא חשש לאיבוד אות בנקודת החיבור. סיבים אלה מאופיינים בתוספת קטנה של ניחות תחת כיפוף. תוספת זו קטנה באופן משמעותי מאשר סיבי G.652.
- סוג B - סיבים אלה לא בהכרח תואמים את הגדרות הסיב G.652, ועל כן יש לצפות לניחות גבוהה בכל נקודת חיבור בין שני סוגי הסיבים. אולם יתרונם הוא בכך שרגישותם לכיפוף עוד יותר נמוכה מאשר סיבים מסוג A.

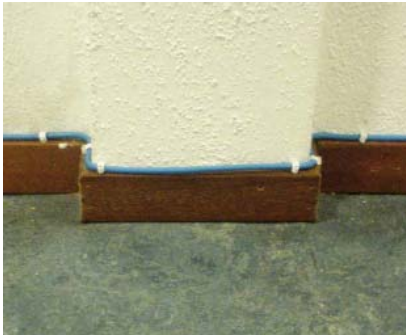
חלק מיצרניות הסיבים הוציאו לשוק סיבים העומדים בדרישות העמידה בכיפוף של סוג B, אך עדיין תואמים לסיבי G.652 כמו סיבי סוג A – אלה הסיבים האופטימליים לשימוש במערכות FTTH. תוספות הניחות הצפויות על פי רדיוס הכיפוף ומספר הליפופים מוצגות בטבלה 2 בסיב מסוג G.652 ובשני סוגי הסיבים על פי תקן G.657.

בימים האחרונים אושר בועדת התקינה של IEC שינוי להגדרות סוגי הסיבים מופחתי הרגישות לכיפוף, אך בתקופה הקרובה ניתן עדיין להשתמש בהגדרות הקיימות.

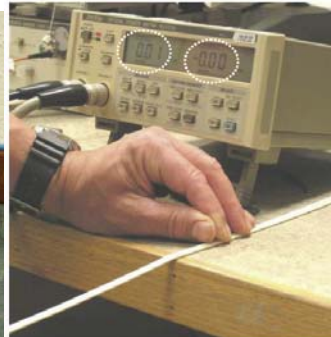
תוספת ניחות מותרת ב- 1550 ננומטר (dB)			מס' ליפופים	רדיוס כיפוף (מ"מ)
G.657B	G.657A	G.652		
		0.05	100	25
		0.05	1	16
0.03	0.25		10	15
0.1	0.75		1	10
0.5			1	7.5

טבלה 2: תוספות ניחות בכיפוף במגוון סיבי Single Mode

ביצועי כבלים המכילים סיבים מופחתי רגישות לכיפוף מודגמים באיורים 6 ו-7. איור 6 מדגים כיצד ניתן לכופף כבל באופן הדוק על פינת שולחן ללא תוספת ניחות. איור 7 מראה כיצד התקנת כבלים סיבאופטיים היום יכולה להיות קלה כמו התקנת כבלי טלפון פשוטים.



איור 7: התקנת כבל סיבאופטי בפינות חדות



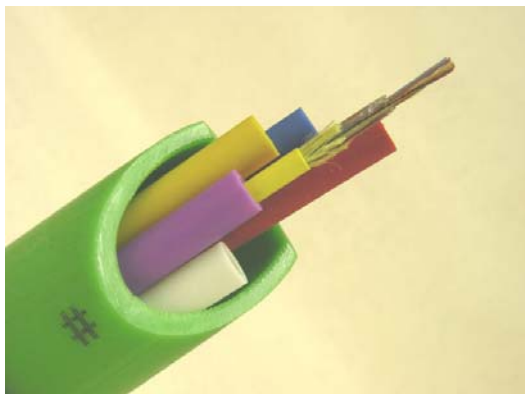
איור 6: כיפוף כבל סיבאופטי על פינה



כבילה חיצונית למערכת FTTH

פריסת מערכות FTTH יכולה להיות מבוססת על כבלים סיבאופטיים חיצוניים בצנרת רגילה כפי שבזק, למשל, נוהגת זה שנים. נסיון רב כבר נרכש

בתשתיות כאלה מכיוון שלקוחות עסקיים רבים מחוברים לתשתיות סיבאופטיות זה שנים. אולם פרישת תשתית סיבאופטית ללקוחות פרטיים היא הרבה יותר בעייתית. בתשתית כזו ניתן להניח בודאות רבה שלא כל דייר בבניין או בשכונה אליה נפרש כבל סיבאופטי יהיה מעוניין לרכוש את השרותים שניתן להציע לו על גבי סיבים. הנפוץ הוא: נסיון העבר מראה שחדירת השרות על פני סיבים עוקבת אחר עקומת ה-S : חדירה אטית בתחילה, עלייה הדרגתית בקצב החדירה עד רוויה מסוימת, והמשך חדירה אטי לאחר מכן עם שינוי הדמוגרפיה. אם כך הפרמטר המגביל את ההשקעה בתשתית הוא היחס בין מספר מנויים (משלמים) למספר הדירות/בתים שאליהם מגיעה התשתית. כאמור יחס זה מתחיל נמוך ועולה עם חדירת הטכנולוגיה בעקבות ירידת המחיר והגדלת היצע התוכן.



איור 8: צנרת Microduct ובתוכה תת צנרת וכבל סיבאופטי

על מנת להתאים את ההשקעה הכספית הנדרשת להקמת התשתית להכנסות הצפויות, ניתן להקים תשתית צנרת ריקה, אשר לתוכה אפשר יהיה להשחיל כבלי סיבים עם העלייה בביקוש. בשנים האחרונות מתרחב השימוש בטכנולוגייה של התקנת צנרת מיוחדת הנקראת Microduct. צנרת זו מכילה מספר תתי צנרת. ניתן להכניס לתוך תת הצנרת כבל סיבאופטי אחד ולהשאיר את האחרות ריקות. עם היווצרות צורך, ניתן להכניס כבלים נוספים לתתי צנרות אחרים, וכך לפזר את ההשקעה הכספית על פי צפי ההכנסות מהלקוחות. איור 8 מראה צנור ובתוכו תתי צנרות המיועדים להכנסה של מספר כבלים על פי הצורך.

הכנסת הכבלים לתוך הצנרת נעשית בטכנולוגיה שכבר הוכיחה עצמה בצנרת רגילה – נשיפה. לשם כך אף פותח ציוד מתאים המסוגל לנשוף כבל סיבאופטי מתאים עד למרחק של 2.5 ק"מ. הכנסת תת צנרת לתוך צנרת קיימת מתבצעת אף היא בנשיפה. איור 9 מתאר את ציוד הנשיפה.



איור 9: ציוד נשיפה

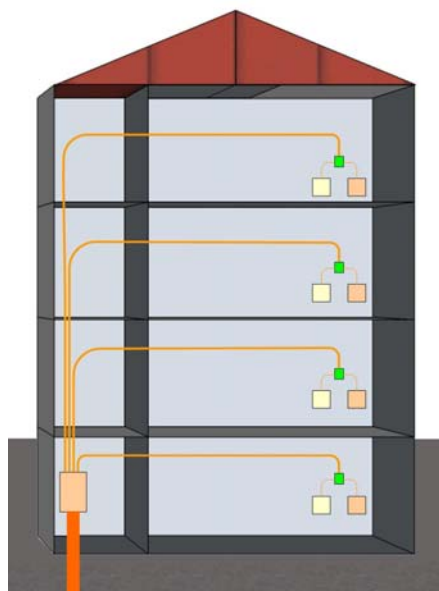
טכנולוגיית ה-Microduct הביאה לשינוי גישה בתכנון כבלים סיבאופטיים. כבלים מסורתיים לשימוש חיצוני מתוכננים כדי לעמוד בפני מגוון הכוחות העלולים להיות מופעלים עליהם הן בעת ההתקנה והן לאחר מכן. לפיכך כבלים אלה מכילים אלמנטי חוזק כגון גידי חיזוק מתכתיים ולא מתכתיים, מעטים עבים להגנה מפני חיכוך, מבנה גדול המאפשר חופש תנועה לסיבים בעת הפעלת מאמצים וכדומה. התוצאה היא שכבלים סיבאופטיים לשימוש חיצוני הם גדולים, כבדים ואף יקרים.

הכנסת הכבלים הסיבאופטיים לתוך מערכת Microduct מאפשרת להעביר חלק ניכר ממשימת ההגנה על הסיב האופטי לצנרת, ובכך להקטין ולהוזיל את הכבלים. לפיכך פותח בשנים האחרונות דור חדש של כבלים סיבאופטיים לשימוש חיצוני המתוכננים במיוחד לנשיפה לתוך מערכות Microduct. כבלים אלה קטנים עם הגנה מכנית מינימלית ומחיר בהתאם. הדרישה העיקרית מכבלים אלה היא שקוטנם יהיה אחיד ביותר. לדוגמה לתוך צנרת שקוטרה הפנימי הוא 10 מ"מ ננשף כבל שקוטרו החיצוני אינו עולה על 8 מ"מ. בליטה או אי אחידות קוטר של 0.5 מ"מ במקום כלשהו לאורך הכבל תגרום לעצירת הנשיפה, לאובדן שעות עבודה יקרות ולעתים אף לפסילת הכבל. תעשיית הכבלים המסורתית אינה ערוכה לדיוק כה גבוה בקטרי כבלים, ולכן יש להקפיד בבחירת יצרן הכבלים למערכות Microduct.

מערכות Microduct ניתנות להרחבה אף לתוך הבניין, מתוך התאמה לנשיפת כבלים קלים או יחידות סיבים קלות לשימוש פנימי. ניתן להתקין מערכות כאלה בבניינים חדשים כהכנה למערכות FTTH עתידיות. אולם בשל העלות הנמוכה של כבלים סיבאופטיים לשימוש ביתי והמרחקים הקטנים בהם מדובר, היתרון הכספי במערכות Microduct להתקנה פנימית אינו ברור. יתכן ויש במערכת כזו יתרון בבנייני מגורים גדולים במיוחד כאלה הנהוגים במזרח אסיה.

כבילה ביתית

איור 10 מתאר את תשתית הכבילה הנדרשת להעברת שרותי תקשורת בפס רחב במערך PON למספר דירות בבית מגורים טיפוסי בישראל. מרכיבי התשתית הם כדלקמן:



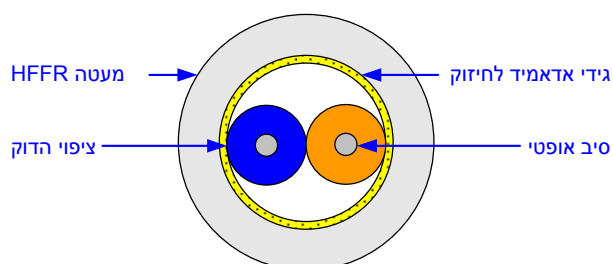
איור 10: כבילה ביתית

- כבל סיבאופטי חיצוני מגיע לארון תקשורת קטן הנמצא בכניסה לבניין. ארון התקשורת מכיל רכיבים פסיביים בלבד: מפצל סיבאופטי הנדרש לפי טופולוגיית PON וקופסאות חיבורים סיבאופטיים – אחת לפני המפצל ואחת לאחוריו.
- כבלים סיבאופטיים המגיעים מארון התקשורת בבניין עד לשקע תקשורת דירתי הממוקם בדרך כלל בארון תקשורת דירתי או במקום מרכזי כלשהו בדירה. במיקום זה נמצאת יחידת ה-ONT.
- כבלי Cat5e או כבלים סיבאופטיים לאזורים נוספים בדירה – VoIP, טלוויזיות ומחשבים.



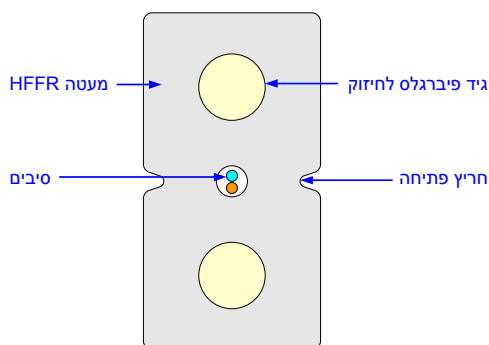
איור 11: ONT דירתי בסיסי: 2 יציאות טלפון, VoIP, יציאת וידאו אנאלוגית, ושלושה חיבורי אתרנט

קיימים (Brownfields) שבתוכם קיימת צנרת סטנדרטית המשמשת עד כה להשחלת כבלי טלפון. ברור כי הרוב המכריע של ההתקנות יהיה בבניינים קיימים.



איור 12: כבל סיבאופטי להתקנה דירתית

לא ניתן לצפות שהתקנת הצנרת הן בבתי ישנים והן בבתיים חדשים תשמור על רדיוסי כיפוף שנדרשו בעבר לסיבים וכבלים – 25 מ"מ. בנוסף, שקעי תקשורת בדירות חייבים להיות תואמים את תקן המידות הבינלאומי – 86x86 מ"מ. מכאן שהמקום בשקעים מצומצם ומחייב רדיוסי כיפוף קטנים. במקרים רבים, כאשר הצנרת הקיימת בדירה אינה מתאימה או אינה מגיעה לכל חדר בבית, יהיה צורך להתקין את הכבלים על הקיר. התקנות כאלה מחייבות שימוש בתפסניות כבלים ומעבר פינות חדות (ראה איור 7). מעל לכל יש לקחת בחשבון שצוותי ההתקנה של כבלים סיבאופטיים בדירות לא יוכלו להיות מומחים בתחום זה, ויש להתארגן להפעלת אנשי התקנות בעלי הכשרה מינימלית. מכאן שהכבלים והסיבים חייבים להיות יותר סלחניים לבעיות התקנה מאשר בעבר. סיבים מופחתי רגישות לכיפוף הם המפתח לפתרון הבעיות.



איור 13: כבל סיבאופטי מתקדם להתקנה ביתית

בבחירת כבלים סיבאופטיים לתשתית בתוך בניין יש להבחין בין תשתית חדשה, המותקנת בבניינים חדשים או בניינים העוברים שיפוץ מסיבי (Greenfields), או תשתית בבניינים קיימים (Brownfields) שבתוכם קיימת צנרת סטנדרטית המשמשת עד כה להשחלת כבלי טלפון. ברור כי הרוב המכריע של ההתקנות יהיה בבניינים קיימים.

דוגמה לכבל דו-סיבי לשימוש דירתי ניתנת באיור 12. הכבל פשוט בתכלית ומכיל שני סיבים מצופים ציפוי הדוק (Tight Buffer) בקוטר תקני של 0.9 מ"מ, גדי אראמיד לחיזוק ומעטה עשוי חומר שאינו מכיל הלוגנים אך מעכב בעירה. קוטר כבל כזה הוא 4.5 מ"מ והוא מסוגל לעמוד בכוחות מתיחה של עד 56 ק"ג לזמן קצר. הכבל מכיל סיבים מופחתי רגישות לכיפוף ולפיכך רדיוס הכיפוף המותר שלו הוא עד 7.5 מ"מ (ליפוף אחד, 0.5 ד"ב תוספת ניחות), או 15 מ"מ (6 ליפופים, תוספת ניחות זניחה).

מימיה הראשונים של הטכנולוגיה הסיבאופטית כבלים לשימוש פנימי היו בנויים במבנה ציפוי הדוק – Tight Buffer. ציפוי זה הגן על הסיב, ובמיוחד איפשר התקנה ישירה של מחברים סיבאופטיים על הסיב. טכנולוגיה זו התאימה לעולם סיבי הרב אופן (Multi-Mode) שבו הדרישות מהמחבר צנועות יחסית. אולם בעולם הסיב עד הבית ייעשה שימוש אך ורק בסיבי חד אופן (Single Mode). הדיוק ואיכות הליטוש הנדרשת מהמחברים המיועדים לסיבים אלה אינם מאפשרים התקנתם בשטח. לכן כל ההתקנות יחייבו שימוש במחברים שהורכבו ולוטשו במפעל. החיבור בין הסיב ובין המחבר יעשה על ידי היתוך הסיבים בצויד ייעודי. לפיכך הטכנולוגיה של Tight Buffer אינה בהכרח נדרשת, מה גם שעלות כבלים מבוססי Tight Buffer גבוהה.

איור 13 מתאר כבל סיבאופטי מבוסס סיבים ערומים - Home Access Cable. מידות הכבל הן 2x3 מ"מ. ההגנה המכנית ניתנת על ידי שני גידי פיברגלס משני צידי הסיבים. הסיבים נמצאים בתוך תעלה המובנית במעטה הכבל. כח המשיכה שניתן להפעיל על הכבל הוא עד 6 ק"ג.

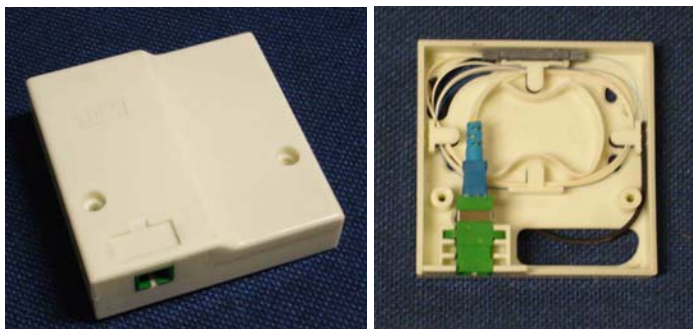


איור 14: השוואת גדלי כבלים

כבל זה מבשר את הדור החדש של כבלים להתקנה ביתית.

- הכבל קטן ביותר – הרבה יותר קטן מכל כבל תקשורת ביתי אחר – ראה איור 14.
- גידי הפיברגלס מעניקים לכבל עמידה מצויינת בפני התקפלות. לפיכך ניתן להשחיל כבל כזה בתוך תעלות ביתיות קיימות.
- מידותיו הקטנות והיותו נטול אלמנטים מתכתיים מאפשרים אף להשחיל את הכבל בתוך תעלות הנושאות תיילי חשמל. מכיוון שתעלות חשמל מגיעות לכל פינה בבית מודרני, מאפשר הכבל הזה להימנע לחלוטין מהתקנות חיצוניות.
- כח המשיכה שכבל זה אמור לשאת אמנם קטן (6 ק"ג), אך להתקנות ביתיות, ובהתחשב במשקלו הקל של הכבל, כח זה מספיק בהחלט.

המידות הקטנות של כבל Home Access Cable והקלות של השחלתו בצנרת ביתית רגילה יביאו



איור 15: שקע תקשורת סיבאופטי ביתי במידות 86x86x25

לשינוי בגישה המקובלת של התקנת תשתית תקשורת ביתית, במיוחד בבניינים קיימים. יחסית לכבלי Category 5e המומלצים היום לתשתיות תקשורת ביתיות, כבל זה יותר קטן ויותר נוח לעבודה. האפשרות להתקינו בצמוד לכבלי כח מאפשרת שימוש בצנרת כבלי חשמל.

שקעי התקשורת הביתיים

הנדרשים להתקנת כבלים סיבאופטיים בבית זמינים כבר היום (ראה איור 15).

סיכום

בשנים האחרונות נראה כי הדרך פנויה לקפיצה הטכנולוגית הבאה בתקשורת העולמית – הכנסת הסיבים האופטיים אל הק"מ הראשון בין הבית למרכזיה, ואף לתוך הבית. מסתבר כי אחד היתרונות הגדולים ביותר של סיבאופטיקה היא האמינות הרבה של התשתית וציוד הקצה. בזק ואחרים כבר הגיעו למסקנה כי עלויות התחזוקה שלהם ירדו פלאים כאשר כל הרשת תהיה סיבאופטית. הביקוש לרוחב פס גבוה כבר קיים, ואין ספק כי יגדל מאד בשנים הבאות. עלות ציוד הקצה הסיבאופטי נמצאת בירידה, ותוסיף לרדת ללא ספק עם התרחבות השימוש בה. מחיר הנחושת הגבוה גורם לכך שכבלים סיבאופטיים זולים יותר או שווים במחירם לכבלי נחושת. במאמר זה הצגנו גם פתרונות כבילה יעילים לבית ובתוך הבית.

כל שעלינו לעשות זה להעיז ולהשאיר את הנחושת מאחרינו.