חוברת לימוד · רשתות תקשורת · שכבה יג תשפ"ז

חיבור לאינטרנט · ISP · היררכיית האינטרנט · המודל ההיררכי

שבוע 18 · 21/01–17/01 · **לופו משה**

`traceroute` מהכיתה ל-`google`: קפיצה 1 הנתב שלנו, קפיצה 2 הספקית, קפיצה 7 מישהו בפרנקפורט. לכל כתובת בדרך יש בעלים ויש מקום. היום: מי מחלק כתובות, איך הספקית בנויה, איך מתחברים אליה, ואיך רשת ארגונית בנויה בפנים — שלוש שכבות, שאלת בחינה.

1. היררכיית הכתובות — `IP` כמיקום

```
IANA  (world)
  └─ RIR   (region)   RIPE NCC = Europe + Israel · ARIN · APNIC · LACNIC · AFRINIC
       └─ ISP  (provider)   gets a block, e.g. 212.179.0.0/16
            └─ customer   gets one address (or a /29) — public
                 └─ NAT  → 192.168.x inside (routing band)

$ whois 8.8.8.8      -> ARIN · Google LLC · US
$ whois 212.179.1.1  -> RIPE · Bezeq International · IL
```

לכן אתרים יודעים מאיפה אתם, ולכן `VPN` 'מזיז' אתכם: הכתובת שייכת לספקית, והספקית שייכת למדינה.

2. מי קובע את הכללים

ארגון	מה	דוגמה
`IETF`	פרוטוקולי אינטרנט — `RFC`	`RFC 791` (`IP`) · `RFC 1918` (פרטיות)
`IANA` / `ICANN`	כתובות, שמות, פורטים	מי מקבל 8.0.0.0/8
`IEEE`	חומרה ושכבה 2	802.3 `Ethernet` · 802.11 `WiFi` · 802.1Q `VLAN`
`ISO`	תקנים כלליים	מודל `OSI`
`ITU`	טלקום	`DSL`, סיב, 5G

טיפ · 'תקן פתוח' = כל יצרן יכול לממש. לכן כרטיס רשת של `Intel` מדבר עם מתג של `Cisco`.

3. הספקית — מבפנים

```
  HOME                        ISP                                INTERNET
  PC ── router ── modem ═══╗
        (CPE)              ╠  POP (point of presence)
                           ╠═══ DSLAM   (DSL customers,  RJ11 / copper pair)
                           ╠═══ CMTS    (cable customers, coax)
                           ╠═══ OLT     (fiber customers, GPON)       ── core routers ──
upstream ISPs / IX
                           ╚═══ 5G/FWA  (radio)
                                    NOC (network operations center): monitors everything, 24/7
```

`POP` = לאן הקו שלכם מגיע פיזית. `DSLAM/CMTS/OLT` = הקופסה שאוספת את כל המנויים. `NOC` = מי רואה שהקו נפל לפני שהתקשרתם.

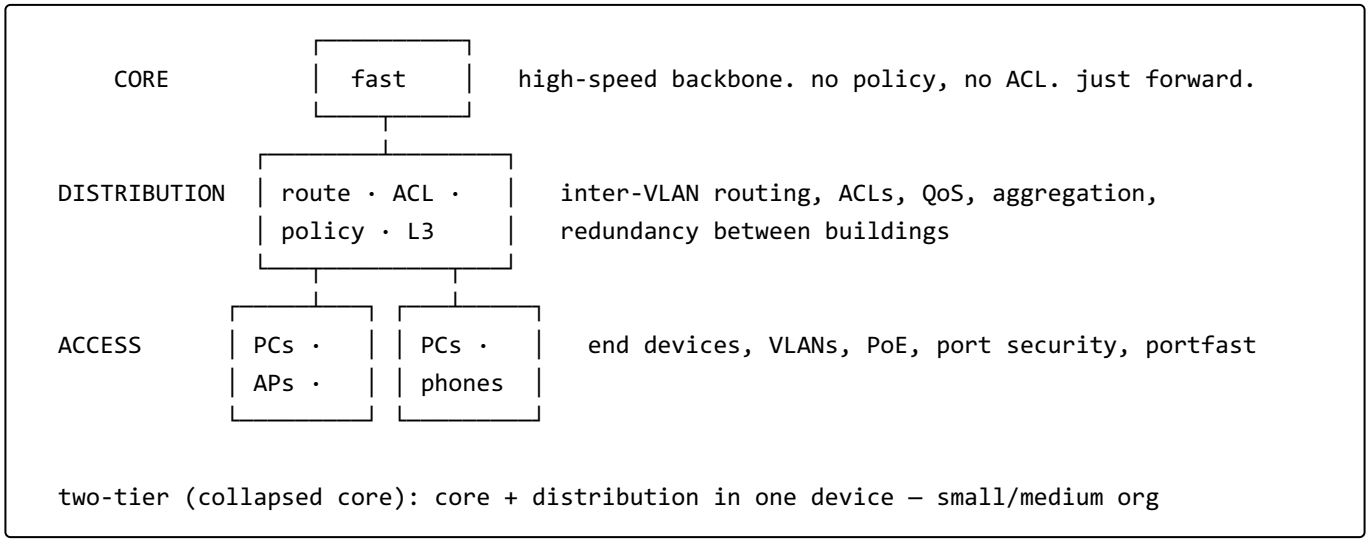
4. סוגי חיבור ומדיה

חיבור	מדיה / מחבר	ציוד בבית	ציוד בספקית	רוחב פס טיפוסי	מתאים ל
סיב (`FTTH`)	סיב אופטי · `SC/LC`	`ONT` + נתב	`OLT`	1–10 `Gbps`	הכול — הסטנדרט החדש
כבלים	קואקס · F	מודם כבלים	`CMTS`	100–1000 `Mbps`	בית
`DSL`	זוג נחושת · `RJ11`	מודם `DSL`	`DSLAM`	10–100 `Mbps`	בית, ישן
`Ethernet` / `Metro`	נחושת · `RJ45` / סיב	נתב	מתג ספקית	10 `Mbps`–10 `Gbps`	עסק
5G / `FWA`	רדיו	מודם סלולרי	אנטנה + `core`	50–500 `Mbps`	בלי תשתית, גיבוי
לוויין	רדיו · צלחת	מודם לוויין	תחנת קרקע	20–200 `Mbps`, `latency` גבוה	מרוחק
קו מושכר	סיב / נחושת ייעודי	`CSU/DSU` / נתב	ייעודי	קבוע, מובטח	עסק קריטי

`Single-homed` — ספקית אחת, קישור אחד. **`Dual-homed`** — שני קישורים לאותה ספקית. **`Multihomed`** — שתי ספקיות. יתירות = עלות. ארגון בוחר לפי כמה עולה שעה של השבתה.

> ⚠ **שימו לב ·** בישראל שני חוזים: **תשתית** (הקו הפיזי — בזק/הוט/סיבים) ו**ספקית** (הכתובת והיציאה לאינטרנט). `traceroute` מראה את שניהם.

5. המודל ההיררכי — בתוך הארגון



`Access` — תחנות. `Distribution` — מדיניות וניתוב. `Core` — מהירות בלבד. שלוש שורות, שאלת בחינה (2026 ש'2).

6. תוכנית שירות, רוחב פס, תמיכה, אבטחה

רוחב פס (`Mbps`) = מהירות. **שימוש בנתונים** (`GB`) = כמות. 100 `Mbps` = 12.5 `MB/s`. סרט 4K (15 `GB`) ב-100 `Mbps` ≈ 20 דקות. `SLA`: זמינות 99.9% = ~8.8 שעות השבתה בשנה; 99.99% = 53 דקות. זמן תגובה לתקלה. **אבטחה בחיבור**: הספקית רואה הכול שלא מוצפן · `firewall` ב-`CPE` · `NAT` מסתיר (לא מגן) · שינוי סיסמת ברירת המחדל של הנתב. **מגמות**: סיב במקום נחושת, `FWA` במקום `DSL`, `IPv6`, `SD-WAN` לעסקים.

טיפ · b = `bit`, B = `byte`. 'חבילת 100 מגה' = 100 `Mbps` = 12.5 `MB/s`. מי שמבלבל — קונה לא נכון.

דוגמה פתורה

השאלה

בית ספר עם 600 תלמידים, שלושה בניינים, שרתים מקומיים, ולא יכול להרשות לעצמו נפילת אינטרנט ביום בחינות. תכננו: חיבור, ציוד, מודל.

הפתרון צעד אחר צעד

1. **חיבור**: סיב (`FTTH/Metro Ethernet`) — רוחב פס ל-600 משתמשים. `Multihomed`: ספקית שנייה ב-`FWA` (5G) כגיבוי — בלי תשתית נוספת.
2. **`CPE`**: נתב ארגוני עם שני ממשקי `WAN`, `firewall`, `NAT` (`PAT`) לכולם.
3. **`Core`**: מתג `L3` מרכזי (או שניים) — מהירות בלבד, בלי `ACL`.
4. **`Distribution`**: מתג `L3` בכל בניין — `inter-VLAN`, `ACL` 'תלמידים לא לשרת הציונים', קישור מנותב ל-`Core`.
5. **`Access`**: מתגי 48 פורטים בכל קומה — `VLANs` (תלמידים/מורים/`AP`), `PoE` ל-`AP`, `portfast` + `port security.`
6. **`SLA`**: 99.9% לפחות, זמן תגובה 4 שעות, `NOC` של הספקית מנטר את הקו.

תשובה • סיב + גיבוי 5G, שלוש שכבות עם מדיניות ב-`Distribution`. הצדקה לכל בחירה — זה מה שנדרש בשבוע הבא.

תרגילים — פתרו לבד לפני שאתם בודקים בכיתה

1. שלוש השכבות ותפקידן — שורה לכל אחת.
2. `DSL` — מדיה, מחבר, ציוד בבית, ציוד בספקית?
3. כבלים — אותו דבר.
4. מי מחלק כתובות `IP` ובאיזה סדר?
5. `POP` ו-`NOC` — מה כל אחד?
6. 99.9% זמינות = כמה השבתה בשנה?
7. 100 `Mbps` — כמה `MB/s`? סרט 15 `GB` — כמה זמן?
8. `Multihomed` — מה ולמה?
9. `IEEE 802.11` — של מי התקן ומה הוא?

דף עבודה — `ISP` והמודל ההיררכי — מהבית לאינטרנט ובחזרה

שם: _____ תאריך: _____ חוליה: _____

המטרה: לתאר את הדרך מהמחשב לאינטרנט עם כל הציוד בדרך, ולשבץ פונקציות לשכבות.

מהלך — סמנו כל שלב שהושלם

- ☐ `tracert google.com` מהכיתה. רשמו 5 קפיצות ראשונות. `whois` על קפיצה 2 ו-5 — ספקית? מדינה?
- ☐ בבית: איזה חיבור? מה הקופסה של הספקית עושה (מודם? נתב? שניהם)? איזה מחבר נכנס לקיר?
- ☐ טבלת 7 החיבורים — מלאו מהזיכרון: מדיה · ציוד בבית · ציוד בספקית.
- ☐ שבצו לשכבה: `VLAN` · `ACL` · `PoE` · קישור בין בניינים · `port security` · `inter-VLAN` · `portfast` · `WiFi AP`.
- ☐ חשבו: 'חבילת 200 מגה' = _____ `MB/s`. 50 `GB` = _____ דקות. 99.95% = _____ שעות בשנה.
- ☐ 7.5.11 בבית: שלוש ספקיות בישראל — טכנולוגיה, מהירות, מחיר, `SLA`.

רישום התוצאות

#	מה למלא	חישוב · הערות · ראיות (פלט פקודה)
1	`tracert`: _____ · `whois`: _____	_____
2	בבית: _____	_____
3	טבלה: _____	_____
4	שכבות: _____	_____
5	_____ `MB/s` · _____ דק' · _____ שעות	_____
6	7.5.11: _____	_____

רפלקציה — שתי שורות

מה היה הכי קשה, ומה פתר את זה?

_____

מה הייתי עושה אחרת בפעם הבאה?

_____

אישור המורה: ☐ שאלון היחידה ב-Moodle (100) ☐ שיעורי הבית (30) · **XP** _____ · תג: ☐ מתכנן/ת ההיררכיה · חתימה _____

כרטיס יציאה — 3 שאלות, 5 דקות, נמסר ביציאה

1. `IANA` → ? → ? → לקוח

---

2. `DSLAM` / `CMTS` — איפה?

---

3. `Core` עושה `ACL`?

עוד לבדיקה עצמית — ענו בעל פה, בלי להסתכל אחורה

1. `Mbps` מול `GB`?

מילון מונחים

עברית	אנגלית	הסבר קצר
ספק שירותי אינטרנט	ISP	מי שנותן כתובת ציבורית ויציאה לאינטרנט
רשם אזורי	RIR	מחלק כתובות לספקיות באזור — `RIPE` לישראל
נקודת נוכחות	POP	המתקן של הספקית שאליו מגיעים קווי הלקוחות
מרכז שליטה	NOC	ניטור הרשת 24/7
ציוד קצה לקוח	CPE	מודם/נתב אצל הלקוח
ריכוז DSL	DSLAM	ציוד הספקית לקווי `DSL`
ריכוז כבלים	CMTS	ציוד הספקית לקווי כבלים
הסכם רמת שירות	SLA	זמינות וזמן תגובה מובטחים

להעמקה

בספר הקורס

- **ITN 1.5** — Internet Connections · עמוד 17
- **ENSA 13.1** — Cloud Computing · עמוד 583

קבצים שנעבוד איתם

- ITN_Module_1.pptx
- ENSA_Module_7.pptx
- ENSA_Module_11.pptx
- ITN_Module_3.pptx

- חוברת רשתות תקשורת לכיתה יג (1).pdf
- 7.5.11 Lab - Research Broadband Internet Access Technologies - ILM.docx
- 3.4.4 Lab - Research Networking Standards.docx
