יחידת לימוד · שיטת פיינמן

רכיבי רשת אלחוטיים

מנקודת הגישה הבודדת ועד לבקר WLC — הבנה מעמיקה ולא שינון

CCNA4U.NET

כיתה י"ג–י"ד · רמת CCNA

לפני שאתה מתחיל: היחידה הזו לא דורשת ממך לשנן שמות של התקנים. היא תשאל אותך שאלות. המטרה היא שתצא מהיחידה מסוגל להסביר, במילים שלך, מתי משתמשים בכל התקן ו*למה*. בסוף כל מודול יש **שאלת בדיקה (Stress-Test)**. אל תדלג עליה. נסה לענות לפני שתציץ בתשובות שבסוף החוברת — גם תשובה חלקית שווה יותר מ"לא יודע".

📋 מפת הדרך

1. **מודול 1:** לקוח מול תשתית — שתי הקטגוריות הגדולות
2. **מודול 2:** נקודת גישה (Access Point) — הלב של הרשת האלחוטית
3. **מודול 3:** Autonomous מול Lightweight AP — שתי פילוסופיות ניהול
4. **מודול 4:** בקר WLC — המנצח על התזמורת
5. **מודול 5:** Mesh, Bridge, Repeater, WGB — כשצריך להגיע רחוק
6. **מודול 6:** אנטנות — כיוונית מול כלל-כיוונית
7. **אתגר אינטגרטיבי** — לקשור את הכל יחד
8. **נספח:** תשובות מוצעות לשאלות הבדיקה

01 לקוח מול תשתית — שתי הקטגוריות הגדולות

לפני שנדבר על "איזה התקן עושה מה", חייבים להבין את החלוקה הבסיסית ביותר. כל התקן ברשת אלחוטית שייך לאחת משתי משפחות. נקודה.

הרעיון הבסיסי

דמיין בית קפה עם Wi-Fi חופשי. יש שם שני סוגי "שחקנים" שונים לגמרי:

אנלוגיה · בית הקפה

הלקוחות שיושבים עם הטלפון והלפטופ — הם **הצרכנים** של הרשת. הם רק רוצים להתחבר ולגלוש. המלצר, הקופה, והקו הטלפוני שמחבר את הקופה לבנק — הם **התשתית**. הם נותנים את השירות. בלעדיהם אין קפה, ואין תשלום. בעולם האלחוטי זה בדיוק אותו דבר.

המשפחה הראשונה: התקני לקוח (Wireless Clients)

אלו ההתקנים שמשתמשים ברשת האלחוטית כדי לגלוש, לעבוד, לתקשר. הם *צרכנים* של הרשת, לא ספקים.

- **טלפונים חכמים**, טאבלטים, לפטופים
- **מדפסות אלחוטיות**
- **התקני IoT:** מצלמות אבטחה, חיישני טמפרטורה, נורות חכמות
- **קוראי ברקוד אלחוטיים** במחסנים

המשותף לכולם: יש להם **כרטיס רשת אלחוטי** (Wireless NIC), והם מתחברים אל התשתית.

המשפחה השנייה: התקני תשתית (Infrastructure Devices)

אלו ההתקנים שיוצרים, מנהלים, ומרחיבים את הרשת האלחוטית עצמה. הם *ספקי* הרשת.

- **נקודת גישה** (Access Point, AP) — ההתקן המרכזי שמשדר את האות
- **בקר רשת אלחוטית** (Wireless LAN Controller, WLC) — מנהל מרכזית של נקודות גישה רבות
- **גשרים אלחוטיים, Mesh APs, מגברים, אנטנות**

🎯 **העיקרון שצריך לקחת הלאה**

אם ההתקן *משתמש* ברשת — הוא לקוח. אם הוא *מספק* את הרשת — הוא תשתית. בכל יחידת הלימוד הזו נתמקד במשפחה השנייה — התשתית.

🔎 **שאלת בדיקה · מודול 1**

נתון התרחיש הבא: בבית חולים הותקנה רשת אלחוטית. המכשירים הבאים מחוברים אליה:

1. משאבת עירוי חכמה ששולחת נתונים למערכת הבקרה
2. טלפון נייד של רופא
3. התקן שתלוי על הקיר ומשדר Wi-Fi למחלקה כולה
4. ארון תקשורת עם מכשיר שמנהל את כל נקודות ה-Wi-Fi בבית החולים

סווג כל אחד מהארבעה כ"לקוח" או "תשתית", והסבר למה בחרת כך.

💡 *רמז: לא צריך לדעת שמות של התקנים כדי לענות. חשוב מי משתמש במי.*

02 נקודת הגישה (Access Point) — הלב של הרשת האלחוטית

אם יש רק התקן אחד שאתה חייב להבין לעומק, זה ה-Access Point. כל רשת אלחוטית סובבת סביבו.

מה נקודת גישה בעצם עושה?

נקודת גישה (AP) היא התקן שעושה שלוש פעולות עיקריות במקביל:

1. **משדרת ומקבלת** אותות רדיו בתדרי 2.4GHz ו/או 5GHz (וב-Wi-Fi 6E/7 גם 6GHz).
2. **מתרגמת** בין פריימים אלחוטיים (802.11) לבין פריימים קוויים (Ethernet / 802.3).
3. **מחברת את העולם האלחוטי לעולם הקווי** — בדרך כלל דרך כבל Ethernet לסוויץ'.

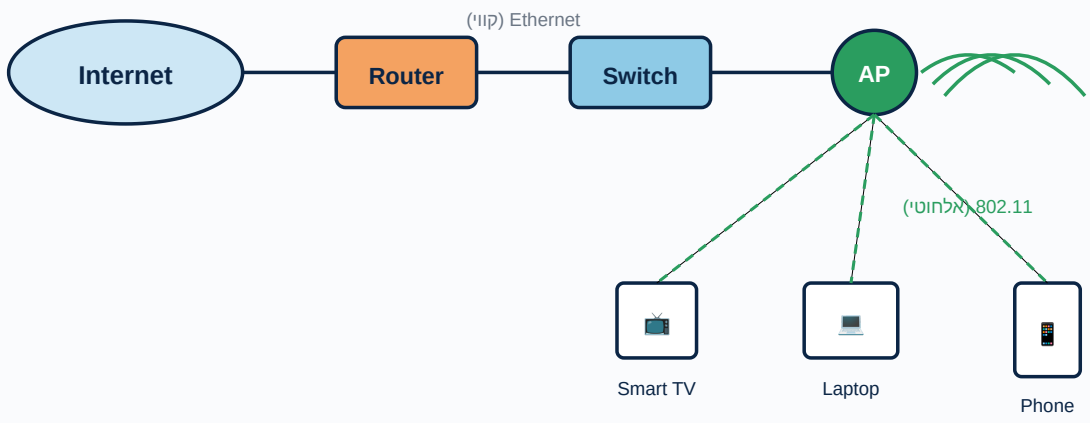
אנלוגיה · המתרגם בישיבה

תחשוב על AP כעל מתרגם סימולטני בכנס בינלאומי. חלק מהמשתתפים "מדברים עברית" (קווי, Ethernet), וחלק "מדברים אנגלית" (אלחוטי, Wi-Fi). המתרגם קולט את מה שנאמר בשפה אחת ומעביר אותו בשפה השנייה — בזמן אמת, בלי שהצדדים בכלל מרגישים שיש תרגום.

מושגים שחייבים להכיר

מושג	פירוש ומה חשוב לזכור
SSID	**שם הרשת** שהמשתמש רואה. למשל: `CCNA4U-Students`. נקודת גישה אחת יכולה לשדר כמה SSIDs במקביל.
BSSID	**כתובת ה-MAC של הרדיו של ה-AP**. זה מה שהלקוח באמת מתחבר אליו. אם יש שני APs עם אותו SSID, יהיו להם BSSIDs שונים.
Channel	**התדר המדויק** שבו ה-AP משדר. ב-2.4GHz יש רק 3 ערוצים שלא חופפים (1, 6, 11). ב-5GHz יש הרבה יותר.
Association	התהליך שבו לקוח "נקשר" ל-AP: Probe → Authentication → Association, ואז אם יש אבטחה — גם החלפת מפתחות.

איך זה נראה בטופולוגיה?



טופולוגיה בסיסית: ה-AP מגשר בין הלקוחות האלחוטיים לבין רשת ה-Ethernet הקווית.

🎯 העיקרון שצריך לקחת הלאה

AP הוא **גשר בין שני עולמות**: אלחוטי וקווי. הוא לא "המציא" את הרשת — הוא רק מאפשר ללקוחות אלחוטיים להצטרף לרשת שכבר קיימת מאחוריו.

🔎 שאלת בדיקה · מודול 2

תלמיד טוען: "אם אני רק רוצה שהלפטופ והטלפון שלי ידברו ביניהם בבית, אני יכול לוותר על ה-AP — שניהם אלחוטיים ממילא, הם ידברו ישר זה עם זה." הסבר בדיוק למה הטענה שגויה ברוב המקרים המעשיים — ובאיזה מצב חריג דווקא היא כן נכונה.

💡 *רמז: חשוב על מה שה-AP עושה מעבר ל"העברת חבילות". האם כל מכשיר מסוגל לעשות את זה לבדו?*

03 Autonomous מול Lightweight AP — שתי פילוסופיות ניהול

לא כל ה-APs נבראו שווים. יש שני "זנים" עיקריים, והבחירה ביניהם תלויה בגודל הרשת.

הבעיה שמוליד את ההבחנה

נקודת גישה אחת בבית — קל לנהל. אבל בבית ספר עם 30 כיתות, או בקמפוס אוניברסיטה עם 500 APs — אם תצטרך להיכנס לכל אחד מהם ידנית כדי לשנות סיסמה, זה יהיה סיוט. מכאן נולדו שתי גישות.

גישה א': Autonomous AP (עצמאית)

כל AP הוא יחידה **עצמאית לחלוטין**. יש לו מערכת הפעלה מלאה (Cisco IOS), וכל ההגדרות שלו — SSID, סיסמאות, ערוצים, מדיניות אבטחה — נקבעות בו עצמו.

אנלוגיה · כל מורה עם מערך שיעור משלו

דמיין בית ספר שבו כל מורה מכין מערך שיעור לבד, בוחר את ספרי הלימוד שלו, וקובע את כללי הכיתה שלו. זה עובד מצוין אם יש רק 2–3 מורים. אבל ב-50 מורים? אי אפשר להבטיח שכולם מלמדים את אותו דבר באותה רמה.

גישה ב': Lightweight AP (קלת-משקל)

ה-AP הוא "טיפש בכוונה" (split-MAC). הוא עושה רק את מה שחייב לקרות ברמת הרדיו — שידור, קליטה, הצפנה. כל שאר ההחלטות (לאיזה VLAN הלקוח שייך, האם לאמת אותו, מה המדיניות שלו) — נעשות במקום אחר: ב-**בקר ה-WLC**.

התקשורת בין ה-AP ל-WLC מתבצעת בפרוטוקול בשם **CAPWAP** (Control And Provisioning of Wireless Access Points), שרץ מעל UDP בפורטים `5246` (ניהול) ו- `5247` (נתונים).

אנלוגיה · מורים עם תוכנית לימודים ארצית

עכשיו דמיין בית ספר שבו יש מפקחת מחוזית אחת שקובעת את כל מערכי השיעור, ספרי הלימוד והמבחנים — והמורים רק מבצעים. כשמשהו צריך להשתנות, המפקחת מעדכנת פעם אחת, וכל 50 המורים מקבלים את העדכון אוטומטית. זה בדיוק הרעיון של Lightweight + WLC.

השוואה ישירה

קריטריון	Autonomous AP	Lightweight AP
ניהול	כל AP מנוהל בנפרד	ניהול מרכזי דרך WLC
מערכת הפעלה	Cisco IOS מלא	גרסה "רזה" של IOS, תלוי ב-WLC
מתאים ל-	רשתות קטנות (בית, משרד קטן — עד ~10 APs)	רשתות בינוניות וגדולות (עשרות עד אלפי APs)
פרוטוקול תקשורת	אין — עצמאי	CAPWAP מול ה-WLC
מחיר להתקן	נמוך יותר בדרך כלל	נמוך, אבל דורש גם WLC
התנהגות בניתוק מהרשת	ממשיך לעבוד — עצמאי	תלוי במצב ה-WLC (ראה FlexConnect)

דוגמה — פקודות תצורה בסיסיות

ככה נראית הגדרה בסיסית של SSID על Autonomous AP:

```
# Autonomous AP - הגדרת SSID על AP עצמאי
AP(config)# dot11 ssid CCNA4U-Students
AP(config-ssid)# authentication open
AP(config-ssid)# authentication key-management wpa2
AP(config-ssid)# wpa-psk ascii StudentPass123
AP(config-ssid)# guest-mode
AP(config-ssid)# exit
```

על Lightweight AP לעומת זאת — כמעט לא נוגעים ב-AP עצמו. כל ההגדרות נעשות ב-WLC ונדחפות אוטומטית דרך CAPWAP.

🎯 **העיקרון שצריך לקחת הלאה**

Autonomous = עצמאות מול פשטות. Lightweight = כוח ניהולי אדיר במחיר של תלות ב-WLC. גודל הרשת הוא שקובע.

🔎 **שאלת בדיקה · מודול 3**

ארגון עם 200 APs פרוסים ב-5 סניפים. ה-WLC ממוקם במטה הראשי. יום אחד נופל החיבור של סניף אחד למטה. מה קורה לתלמידים שהיו מחוברים ל-Wi-Fi באותו סניף? נמק תשובתך והסבר איזה מנגנון (אם בכלל) יכול להציל אותם.

💡 *רמז: חפש את המונח FlexConnect. למה הוא קיים בכלל?*

04 בקר WLC — המנצח על התזמורת

הכרנו את ה-Lightweight AP. עכשיו נפגוש את המוח שמאחוריו.

מה WLC עושה בפועל?

Wireless LAN Controller הוא התקן (פיזי או וירטואלי) שעושה ארבעה דברים מרכזיים:

1. **מנהל הגדרות** של כל ה-Lightweight APs באופן מרכזי.
2. **מנהל אימות משתמשים** — לרוב בעבודה מול שרת RADIUS.
3. **מנהל רדיו חכם** (RRM — Radio Resource Management): בוחר אוטומטית ערוצים, עוצמת שידור, ומאזן עומסים.
4. **תומך ב-Roaming** חלק בין APs (המכשיר עובר מ-AP ל-AP בלי לנתק את השיחה).

אנלוגיה · מנצח תזמורת

התזמורת היא 50 ה-APs. כל אחד מהם נגן מעולה בכלי שלו. אבל בלי מנצח — הם ינגנו בקצב שונה, בטון שונה, וייצא קקופוניה. ה-WLC הוא המנצח: הוא לא מנגן בעצמו, אבל הוא מוודא שכולם מנגנים בהרמוניה.

ארכיטקטורת Split-MAC

זה אולי החלק הכי חשוב להבין. ב-Lightweight, פונקציות MAC מחולקות בין ה-AP ל-WLC:

פונקציה	מי מבצע	למה שם?
שידור Beacons ומענה ל-Probes	ה-AP	חייב להיות בזמן אמת — אסור לחכות ל-WLC
הצפנה ופענוח של פריימים	ה-AP	רגיש לעיכוב, וגם עומס עיבוד שעדיף לפזר
שליחת ACKs	ה-AP	חייב להישלח תוך מיקרו-שניות
אימות משתמש (802.1X)	ה-WLC	דורש ראייה מרכזית ומדיניות אחידה
ניהול Association ותנועה בין APs	ה-WLC	רק הוא רואה את כל התמונה
קביעת ערוץ ועוצמת שידור	ה-WLC (RRM)	אופטימיזציה גלובלית על בסיס כלל ה-APs

מודלי פריסה של WLC

- **מאוחד (Unified):** התקן פיזי ייעודי בחדר השרתים. למשל Cisco 9800.
- **וירטואלי:** אותו 9800-CL שרץ כ-VM על שרת סטנדרטי.
- **משובץ (Embedded — EWC):** ה-WLC רץ בתוך אחד ה-APs עצמם. מתאים לסניפים קטנים.
- **ענן (Cloud-managed):** למשל Cisco Meraki — ה"בקר" הוא למעשה שירות ענן.

🎯 העיקרון שצריך לקחת הלאה

ה-WLC לא מחליף את ה-APs — הוא *מעצים* אותם. פונקציות "זריזות" נשארות ב-AP, פונקציות "חכמות" עולות ל-WLC. זה הלב של Split-MAC.

🔎 שאלת בדיקה · מודול 4

בוא נבדוק שהבנת Split-MAC. נתון: משתמש מתחבר לרשת אלחוטית מאובטחת עם סיסמה. הוא רואה את ה-SSID, בוחר בו, ומקליד סיסמה. עכשיו תאר את סדר הפעולות: איזה שלב מתבצע ב-AP, ואיזה שלב מתבצע ב-WLC? מה עובר ביניהם דרך CAPWAP?

💡 *רמז: חשוב על החלוקה לפי "רגיש לזמן" מול "דורש ראייה מרכזית".*

05 Mesh, Bridge, Repeater, WGB — כשצריך להגיע רחוק

לפעמים AP רגיל עם כבל Ethernet פשוט לא מספיק. לכאן נכנסים ההתקנים המיוחדים.

המצב: אי אפשר להניח כבל

דמיין שני מבנים במפעל, במרחק 300 מטר זה מזה. אי אפשר לחפור כביש ולהטמין שם כבל. אבל צריך חיבור רשת ביניהם. מה עושים? זה המקום של המשפחה הזו.

גשר אלחוטי (Wireless Bridge)

שני התקנים אלחוטיים שמחברים **שתי רשתות קוויות נפרדות** באמצעות קישור אלחוטי ביניהם. בדרך כלל משתמשים באנטנות **כיווניות** כדי להגיע למרחקים גדולים.

- **Point-to-Point (P2P):** שני אתרים בלבד — מבנה א׳ למבנה ב׳.
- **Point-to-Multipoint (P2MP):** אתר מרכזי אחד שמתחבר לכמה אתרים מרוחקים.

Mesh AP

APs שמדברים זה עם זה **אלחוטית** כדי להרחיב כיסוי למקומות שאין בהם כבל Ethernet. בכל רשת Mesh יש:

- **Root AP (RAP):** ה-AP שמחובר פיזית לרשת הקווית. ה"שער" לאינטרנט.
- **Mesh AP (MAP):** APs שלא מחוברים לקווי — הם מקבלים חיבור אלחוטי מ-RAP או מ-MAPs אחרים.

שימוש נפוץ: פארקים, מחסנים ענקיים, כרמים, אתרי בנייה — מקומות שקשה למתוח בהם כבלים.

Repeater (מגבר)

התקן שפשוט **מקבל את האות ומשדר אותו הלאה**. פשוט וזול, אבל יש מחיר: הוא "מבזבז" חצי מזמן השידור (פעם אחת לקבל, פעם אחת לשדר), ולכן **חותך את הרוחב הפס בחצי**. כיום כמעט לא בשימוש ברשתות ארגוניות — Mesh החליף אותו.

Workgroup Bridge (WGB)

המקרה ההפוך: יש לך התקנים **קוויים** (למשל מדפסת ישנה, מחשב שולחני, מצלמת IP) שאתה רוצה לחבר לרשת ה-Wi-Fi. ה-WGB הוא כמו "תחפושת" — הוא מחבר אליו את המכשירים הקוויים דרך Ethernet, ומציג את עצמו בפני הרשת האלחוטית כלקוח אלחוטי רגיל.

אנלוגיה · ההבדל בין המשפחה

Bridge = גשר בין שתי ערים (שתי רשתות).
Mesh = רשת של תחנות ממסר ברחבי העיר, שמעבירות הודעה מאחת לשנייה עד שהיא מגיעה ליעד.
Repeater = אדם שעומד באמצע הדרך וצועק מה ששמע — פשוט ומהיר, אבל איטי אם יש לך הרבה מסרים.
WGB = חליפת גלישה לדג: לוקחת משהו שלא שוחה (מכשיר קווי) ומאפשרת לו "לשחות" בים האלחוטי.

🎯 **העיקרון שצריך לקחת הלאה**

כל אחד מההתקנים האלו פותר בעיה ספציפית: חיבור בין **רשתות** (Bridge), הרחבת **כיסוי** ללא תשתית קווית (Mesh), חיבור **התקנים קוויים** לרשת אלחוטית (WGB). זיהוי הבעיה → בחירת ההתקן.

🔎 **שאלת בדיקה · מודול 5**

ארגון חקלאי רוצה לחבר לרשת שלו:

- משרד ראשי במרחק 800 מטר מהמחסן (אסור לחפור)
- 20 חיישני לחות פזורים בשטח של 5 דונם, ללא נקודות חשמל קבועות ברוב המקומות
- מערכת מצלמות אבטחה ישנות עם חיבור Ethernet בלבד, במבנה שאין בו שקע רשת

תכנן איזה התקן (Bridge / Mesh / WGB) מתאים לכל בעיה, והסבר את הבחירה שלך.

💡 *רמז: יש כאן שלוש בעיות שונות לחלוטין. אל תנסה לפתור הכל בהתקן אחד.*

06 אנטנות — כיוונית מול כלל-כיוונית

האנטנה היא לא "חלק מההתקן" — היא מגדירה את צורת הכיסוי. שני APs זהים עם אנטנות שונות יתנהגו אחרת לגמרי.

שאלה שמגדירה את הכל: איפה הלקוחות?

לפני שבוחרים אנטנה, שואלים: **איפה המשתמשים נמצאים ביחס ל-AP?**

אנטנה כלל-כיוונית (Omnidirectional)

משדרת לכל הכיוונים במישור האופקי — **360°**. צורת הכיסוי דומה ל"דונאט" סביב האנטנה. זו האנטנה הסטנדרטית ברוב ה-APs במשרדים, חדרי ישיבות, ובתים.

מתאימה כש: המשתמשים מפוזרים סביב ה-AP מכל הכיוונים.

אנטנה כיוונית (Directional)

מרכזת את כל עוצמת השידור לכיוון אחד בלבד. האות חזק יותר ומגיע רחוק יותר — אבל רק בצד אחד.

סוגים נפוצים:

- **Patch / Sector:** כיסוי של כ-60°–120°. נפוץ בקירות של אולמות גדולים.
- **Yagi:** קרן צרה (~30°–45°), מגיעה רחוק. מתאימה ל-P2MP.
- **פרבולית (צלחת):** קרן צרה מאוד (כ-10°), הכי חזקה וארוכת-טווח. אידאלית ל-Bridges בין בניינים.

מהו dBi?

אנלוגיה · פנס

נורה פתוחה מפיצה אור לכל הכיוונים באופן שווה. זו אנטנת "איזוטרופית" תיאורטית — 0 dBi. עכשיו קח את אותה נורה ושים אותה בתוך פנס עם מראה. כמות האור **הכוללת** לא השתנתה — אבל בכיוון שהפנס מופנה אליו, האור נראה הרבה יותר חזק. זה dBi: גאין יחסי למקור איזוטרופי. אנטנה של 8 dBi "ממקדת" את האותו אות יותר חזק לכיוון ספציפי — אבל במחיר של כיסוי מופחת בכיוונים אחרים.

🎯 **העיקרון שצריך לקחת הלאה**

בחירת אנטנה = תשובה לשאלה "באיזו צורה הכיסוי צריך להיראות?". **כלל-כיוונית** לצורה עגולה סביב ה-AP, **כיוונית** למסדרון / למרחק / לכיוון ספציפי.

🔎 **שאלת בדיקה · מודול 6**

באיזו אנטנה היית בוחר בכל אחד מהמצבים, ולמה?

1. מסדרון ארוך וצר בבית ספר, באורך 50 מטר
2. חדר מורים במרכז הקומה שממנו רוצים כיסוי שווה בכל הכיוונים
3. חיבור בין בניין הספרייה לבניין כיתות במרחק 400 מטר — קו ראייה ישיר
4. אולם ספורט גדול עם משתמשים מפוזרים בכל המרחב

💡 *רמז: לכל מצב נסה לצייר בראש איך "צורת הכיסוי" צריכה להיראות מלמעלה.*

07 אתגר אינטגרטיבי — לקשור את הכל יחד

הגעת עד כאן? מעולה. עכשיו הזמן להפעיל את כל מה שלמדת על תרחיש אחד מורכב.

🎓 אתגר סיכום

התרחיש: בית ספר חדש נבנה. הוא כולל:

- מבנה ראשי עם 30 כיתות פרוסות ב-3 קומות
- מבנה חווה חקלאית במרחק 250 מטר, בלי תשתית קווית
- חצר גדולה פתוחה שמשמשת לשיעורי ספורט, ורוצים שם Wi-Fi
- מכונת קפה חכמה עם חיבור Ethernet בחדר מורים שבו אין שקע רשת פנוי

תכנן את הרשת האלחוטית. ענה על השאלות הבאות:

1. איזה סוג AP תבחר למבנה הראשי — Autonomous או Lightweight? נמק.
2. האם צריך WLC? אם כן, באיזה מודל פריסה תבחר?
3. איך תחבר את החווה למבנה הראשי?
4. איך תספק כיסוי Wi-Fi בחצר הספורט?
5. איך תחבר את מכונת הקפה לרשת?
6. לכל AP במבנה הראשי, איזו אנטנה תתאים — ולמה?

💡 *כל תשובה צריכה להיות מלווה בנימוק. אין תשובה אחת נכונה — יש תשובה מנומקת או לא מנומקת.*

✓ נספח — תשובות מוצעות

לפני שאתה קורא: אלו *תשובות מוצעות*, לא "התשובות הנכונות". אם הגעת לתשובה אחרת עם נימוק טוב — ייתכן מאוד שהתשובה שלך לא פחות טובה. המטרה היא להשוות את **דרך המחשבה**, לא את הניסוח.

מודול 1 — סיווג התקנים בבית חולים

1. משאבת עירוי → **לקוח** (משתמשת ברשת כדי לשלוח נתונים).
2. טלפון הרופא → **לקוח**.
3. התקן בקיר ששולח Wi-Fi → **תשתית** (AP).
4. המכשיר בארון תקשורת שמנהל את כל נקודות ה-Wi-Fi → **תשתית** (WLC).

הכלל: מי *משתמש* = לקוח. מי *מספק את השירות* = תשתית.

מודול 2 — האם צריך AP לתקשורת ישירה?

הטענה שגויה ברוב המקרים כי ה-AP לא רק מעביר תעבורה — הוא גם מספק **תיאום גישה לערוץ** (CSMA/CA), מסנכרן זמנים, ומאפשר לכל הלקוחות לדעת מתי מותר להם לשדר. בלי AP, המכשירים לא "יראו" זה את זה אוטומטית ברשת מובנית. **החריג:** מצב Ad-hoc או Wi-Fi Direct — שם שני מכשירים כן מתחברים ישירות בלי AP, אבל זה מוגבל ומיועד למצבים נקודתיים (שיתוף קובץ, הדפסה ישירה).

מודול 3 — ניתוק סניף מ-WLC

בלי מנגנון מיוחד, ה-Lightweight APs ינותקו מה-WLC והמשתמשים יאבדו חיבור — כי אימות ומעבר תעבורה עוברים דרך ה-WLC. **הפתרון:** מצב FlexConnect — מאפשר ל-AP להמשיך לבצע אימות ולהחליף תעבורה מקומית גם כשה-WLC לא זמין (בתנאי שאושרו מראש SSIDs ומדיניות מקומית). FlexConnect קיים בדיוק בשביל סניפים מרוחקים.

מודול 4 — סדר פעולות חיבור משתמש ב-Split-MAC

ה-AP: משדר Beacons שבהם ה-SSID. מקבל Probe Request מהמשתמש, עונה Probe Response. מעביר בקשת Association וניסיון אימות דרך CAPWAP ל-WLC.

ה-WLC: מחליט אם לאמת (מול מסד משתמשים מקומי או RADIUS), מנהל את מפתחות ההצפנה, מחזיר ל-AP אישור או דחייה.

ה-AP שוב: אחרי שהמשתמש מאומת, ההצפנה של הפריימים עצמם מתבצעת ב-AP בזמן אמת.

הכלל: מה שרגיש לזמן → ב-AP. מה שדורש מדיניות גלובלית → ב-WLC.

מודול 5 — ארגון חקלאי

- משרד ראשי ↔ מחסן במרחק 800 מ׳ → **Wireless Bridge** עם אנטנות כיווניות (פרבוליות), P2P.
- 20 חיישני לחות בשטח → **רשת Mesh** עם RAP אחד במרכז ו-MAPs סביב. זה מתאים כי אין תשתית קווית בשטח.
- מצלמות אבטחה קוויות ישנות → **WGB** שמחבר אותן לרשת האלחוטית הקיימת.

מודול 6 — התאמת אנטנות

1. מסדרון ארוך → **אנטנה כיוונית צרה** (Yagi / Patch) לאורך המסדרון.
2. חדר מורים מרכזי → **אנטנה כלל-כיוונית** (Omni).
3. קישור בין בניינים 400 מ׳ → **אנטנה פרבולית** משני הצדדים.
4. אולם ספורט → **אנטנה כלל-כיוונית** מהתקרה, או כמה APs עם אנטנות Patch כלפי מטה.

אתגר אינטגרטיבי — בית הספר

1. סוג AP במבנה הראשי: Lightweight, כי 30 כיתות + 3 קומות = רשת גדולה מדי לניהול עצמאי של כל AP.
2. WLC: כן. מודל פריסה מתאים — וירטואלי (9800-CL) או EWC משובץ, תלוי בתקציב. Meraki בענן גם אפשרות טובה למוסד חינוכי.
3. חיבור החווה: Wireless Bridge עם אנטנות פרבוליות.
4. חצר הספורט: Mesh או Outdoor AP קשיח (מוקשח למזג אוויר) עם אנטנה כלל-כיוונית / Patch.
5. מכונת הקפה: WGB.
6. אנטנות במבנה הראשי: רוב הכיתות — Omni תקרה. במסדרונות — Patch מכוונות.
שים לב: זו תשובה אחת מתוך כמה נכונות. מה שחשוב הוא שכל בחירה תהיה מנומקת לפי הבעיה.