

---

# תת-רשתות

3 יוני 2025

הרצאה 10

# נושאים להיום

---

- תת-רשתות ב-IP

- ~~IP גרסה 6~~

# אתגרי גדילה

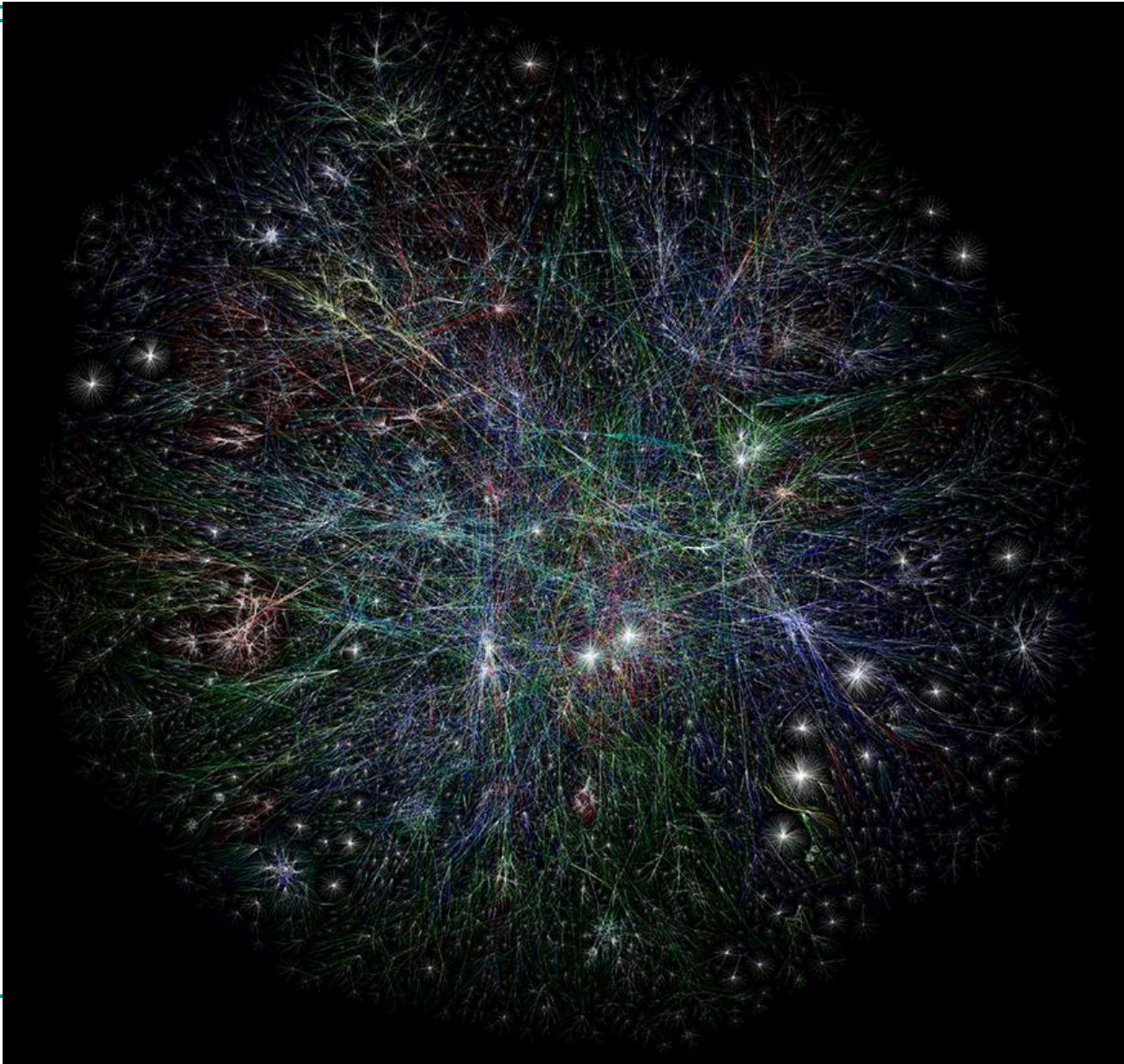
ישנם רק  
רשתות  $2^{14} \sim 16,500$   
B מחלקה

אין מספיק מספרי רשתות

- רשת מחלקה C עם 2 מחשבים  
מבזבזת 253 כתובות IP
- רשת מחלקה B עם 300~  
מחשבים מבזבזת 64,000  
כתובות IP

נפח המידע על ניתוב  
מתנפח

- יותר רשתות גורם לטבלאות  
ניתוב יותר גדולות



# תתי-רשת

- רעיון : מספר רשת IP אחד יחולק למספר רשתות פיזיות.
- הרשתות הפיזיות המרובות נקראות תתי-רשת (תת-רשתות?)
- צריכים להיות קרוב זה לזה (למה?)
- שימושי כאשר לחברה גדולה (או אוניברסיטה!) יש רשתות פיזיות רבות.

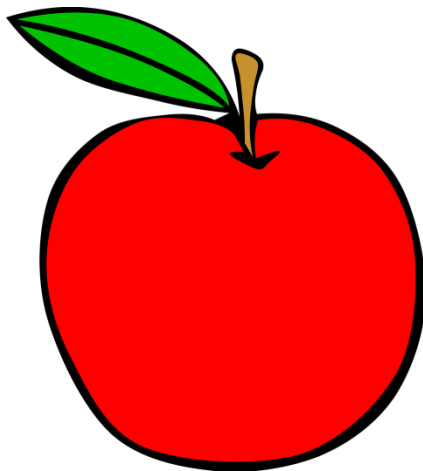


Image source: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61wl3JN2G2L.\\_SY355\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61wl3JN2G2L._SY355_.jpg)

# תתי-רשת לבתים



- ביישוב קטן ישנם 200 בתים
  - לכל בית יש מספר - לא בהכרח מסודר לפי סדר
  - כדי לשלוח למשה מכתב:
    - משה, בית 121, מושב יולה
  - הדוור זוכר איפה כל בית נמצא
  - מבקר יבקש הוראות הגעה על סמך מספר הבית
- מה אם יש 10,000 בתים?
  - עדיין נוכל לתת מספר לכל בית
    - משה, בית 3093, מושב יולה
  - אבל משהו נא בסדר כאן - איך הדוור יידע איפה כל בית נמצא?
  - יש יותר מדי בתים לזכור את כולם בעל פה

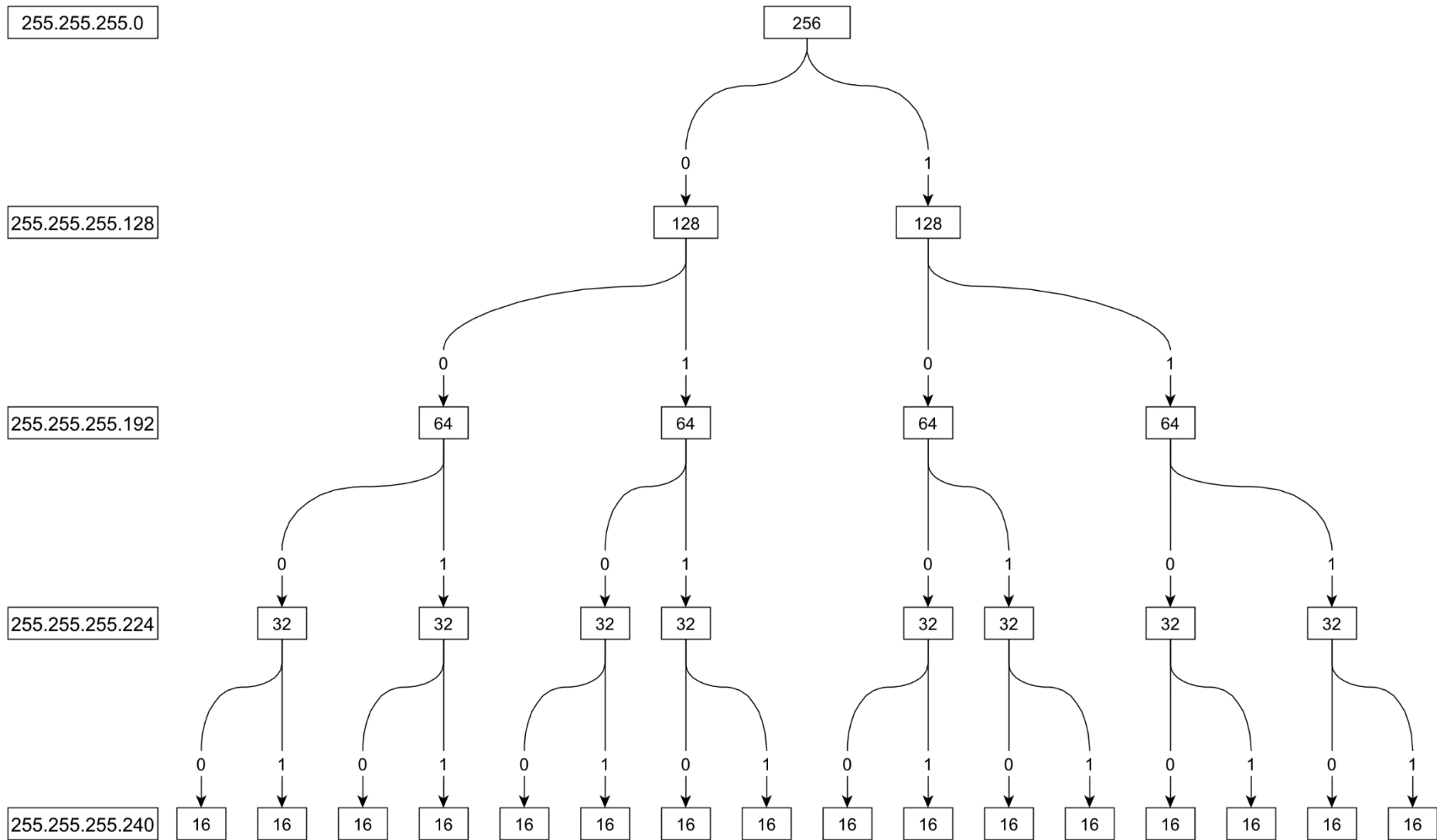




# תתי-רשת לבתים : חלוקת העיר לרחובות

- נארגן את הבתים ברחובות עם שמות
- אולי ידרוש מספור מחדש של בתים אם הם לא קבלו מספרים עוקבים
- נקבע את צורת הכתובת - רחוב + מספר
- כדי לשלוח מכתב למשה :
- כל הבתים 3000-3099 נמצאים ברחוב החולה
- **משה, בית 3093, יולה הופך להיות משה, רחוב החולה 93, יולה**
- נמפה מספר בית לרחוב לפי חוקיות
- כל בתי 3000-3099 נמצאים כולם ברחוב החולה
- כל בתי 4000-4099 נמצאים ברחוב גובר
- נוכל לכתוב ש-30XX נמצאים ברח' החולה, 40XX נמצאים ברח' גובר
- אם קבלנו מספר בית נוכל להסיק את שם הרחוב

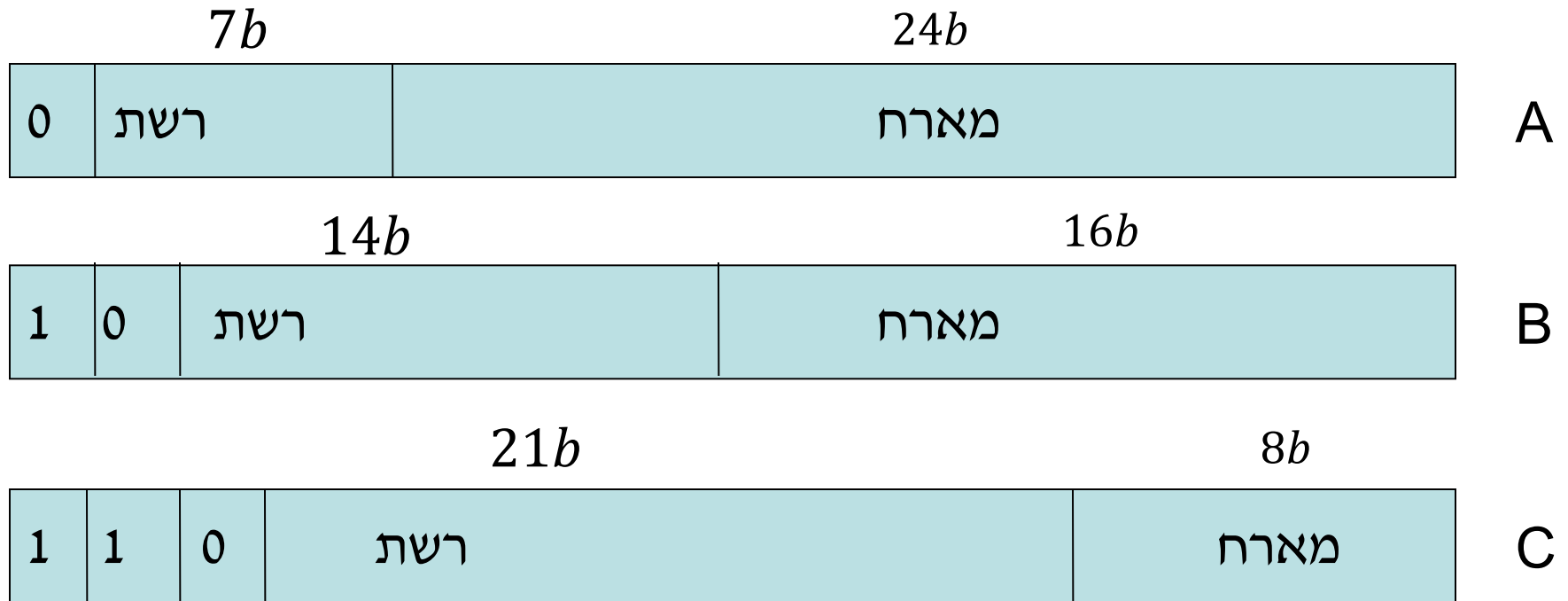
# היררכיית קידומות





# כתובות IP

- היררכיות, לא שטוחות כמו באתרנט



- נכתבות כארבעה מספרים עשרוניים המופרדים בנקודות : 158.130.14.2

# מספרי תת-רשת

קובע את כמות  
המחשבים בתת-הרשת

- תתי-רשת

- כל המארחים מוגדרים עם מסיכת תת-רשת

- מאפשר הגדרה של מספר תת-רשת

- כל המארחים בתת-רשת פיזית משתמשים באותו מספר תת-רשת

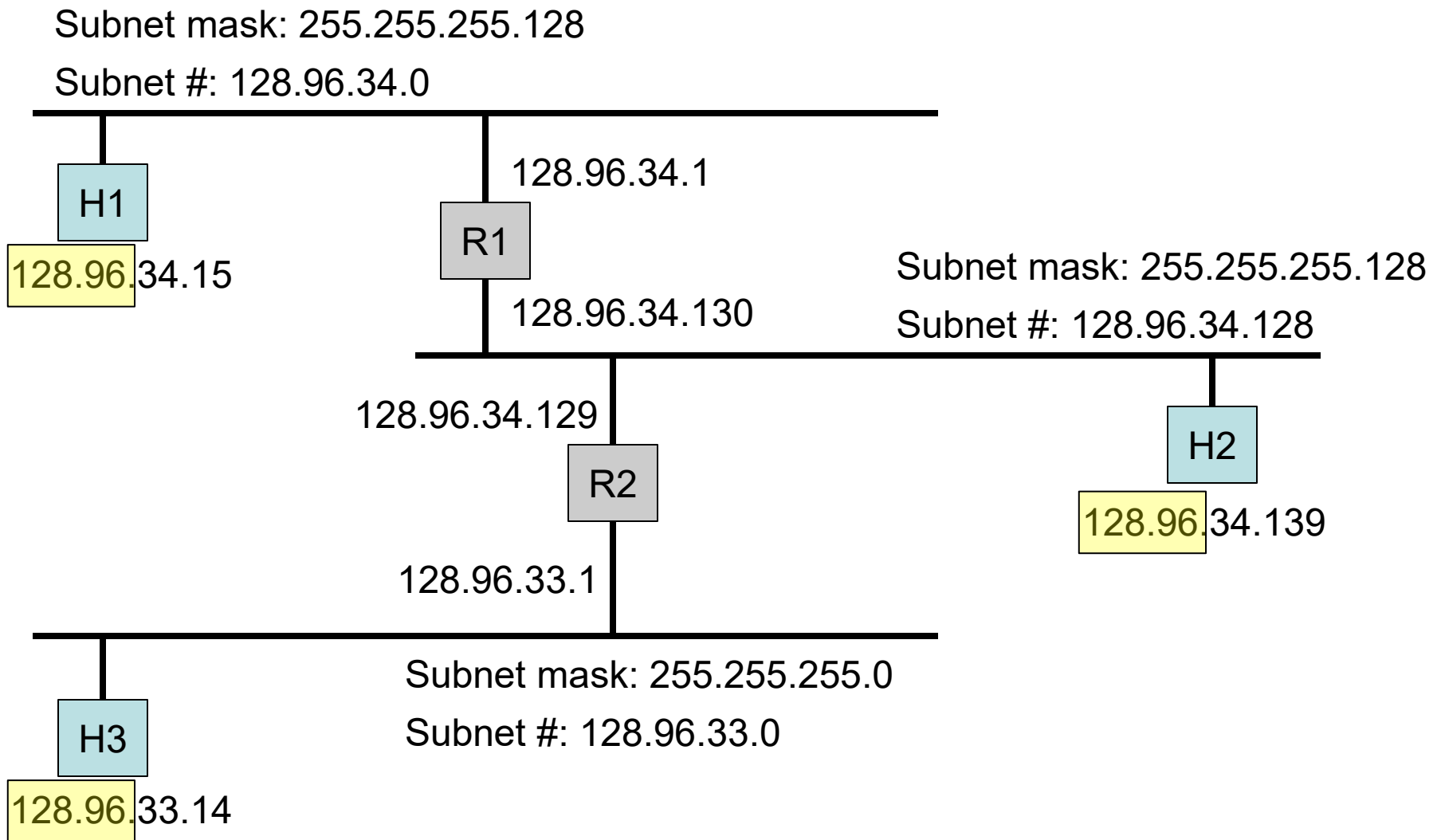
מסכת תת-רשת (255.255.255.0)

1111 1111	1111 1111	1111 1111	0000 0000
-----------	-----------	-----------	-----------

כתובת תת-רשת :

מספר מארח	מספר תת-רשת	מספר רשת
-----------	-------------	----------

# דוגמה לתת-רשת



# תתי-רשת, המשך

- מבצעים פעולת AND בין המסכה לבין כתובת IP
- נעשה בנתבים
- טבלאות נתב נראות ככה :
- <#תת-רשת, מסכת תת-רשת, צעד הבא>
- טבלאות ניתוב ממוינת לפי אורך מסכת תת-הרשת (הארוכה ביותר ראשונה).
- תתי-רשת מאפשרת לקבוצה של רשתות פיזיות להיראות כמו רשת לוגית אחת מבחוץ

- תת-רשתות ב-IP
- ~~IP גרסה 6~~

- תת-רשתות ב-IP
- IP גרסה 6

# כתובות IP גרסה 6

דוגמאות:

- 2a00:1450:4028:804::200e
- 2a03:2880:f142:182:face:b00c:0:25de
- 2a02:26f0:7000::211:71f0

$3.4 \times 10^{38}$   
כתובות  
בתיאוריה  
16000 לכל  
מ"ר בכדור  
הארץ

16 בתים =  
128 סיביות

השמטת 0  
מובילים,  
דחיסת ריצות  
::

כתוב ב-8  
בתים,  
בשישיות של  
ארבע אותיות  
בסיס 16

<https://m.facebook.com/whatismyip/photos/a.10150650334802180/10154092465582180/>



# סוגי כתובות IPv6

מזהי ממשק

Localhost

Anycast

שליחה לאחד  
מתוך קבוצה

Link Local

מקומי לרשת  
מקומית

Multicast

שליחה מרובה



# סוגי כתובות IPv6 : Localhost

”אני” למחשב

כמו 127.0.0.1 ב-IPv4

::1

• 0:0:0:0:0:0:0:1

# סוגי כתובות IPv6 : Link Local

ייחודי רק עבור רשת מקומית

- מאפשרת קביעה אוטומטית של כתובות רשת
- קיימת גם גרסה עם כתובות עבור אתר מקומי

fe80::/64

- fe80: 0: 0: 0: XXXX: X  
XXX: XXXX: XXXX
- ניתן להטמיע את הכתובת הפיזית ב- 64 הסיביות האחרונות

תקפה רק ברשת אחת

- כמו 169.254.0.0/16
- מפורסמת למארחים אחרים על ידי נתבים
- לא ניתן לנתב אליה באינטרנט

תחום לממשק רשת מסוימת

- למשל. %eth0 .

תקן EUI-64

- לקוחים כתובת אתרנט עם 48 סיביות
- מוסיפים 1111 1110 בין בית 3 ובית 4
- הופכים את הסיבית ה-7

דוגמה ל-EUI-64

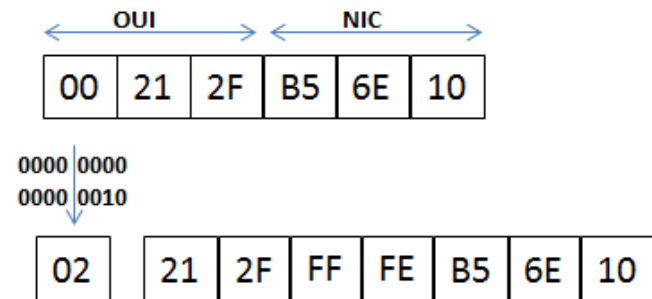
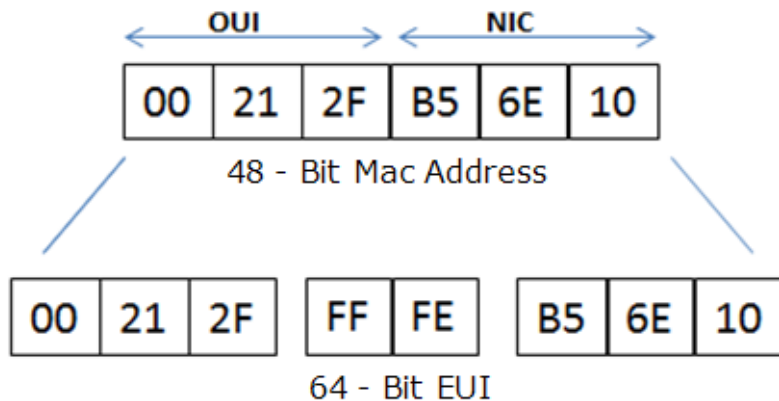
- אתרנט
- 00: a0: cc: 24: b0: e4
- תוצאה :  
fe80:: 2a0: ccff: fe24: b0e4

# סוגי כתובות IPv6 : Link Local



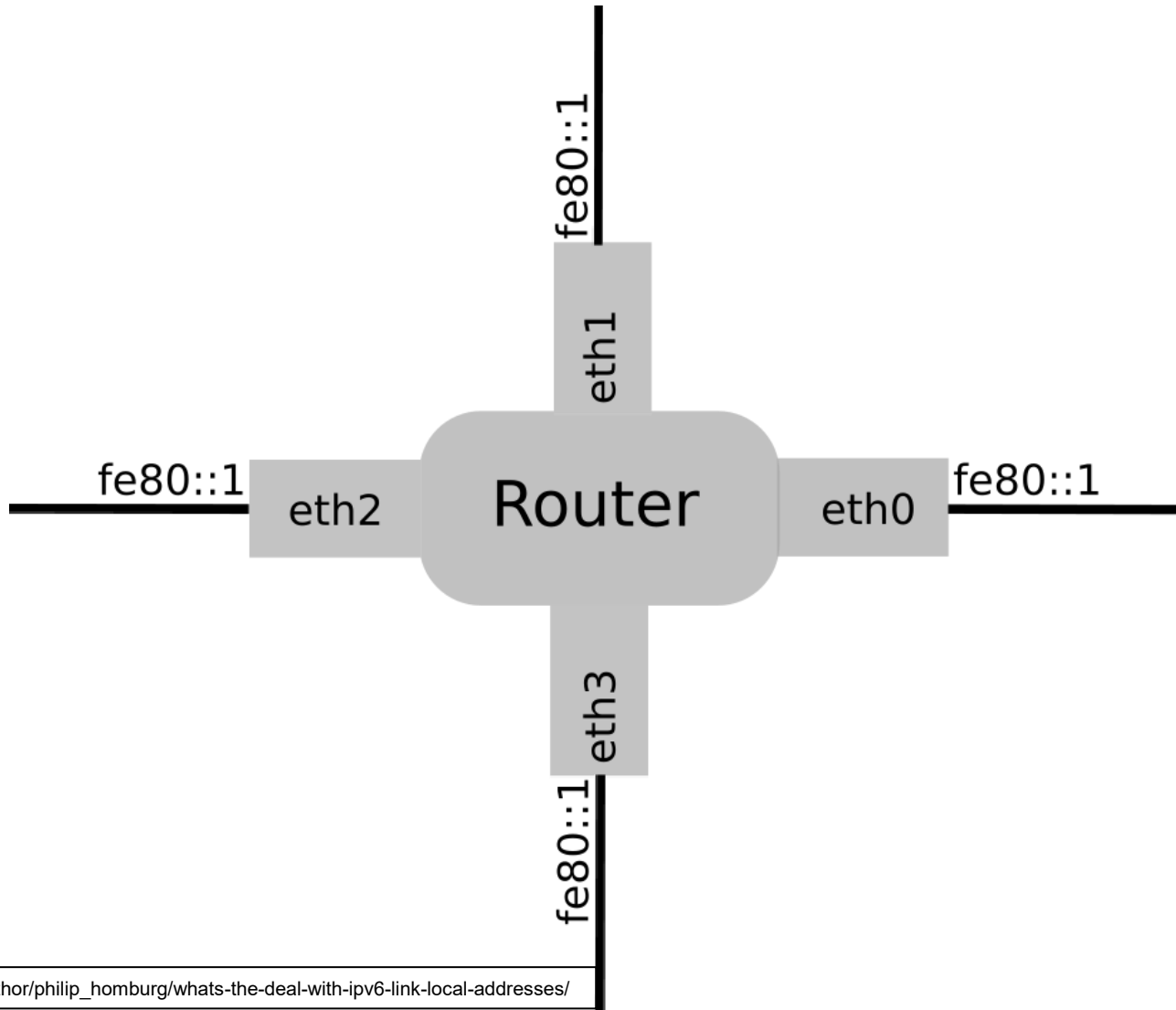
SPUI, Public domain, via Wikimedia Commons

# EUI-64 בתמונה



© Sunil Khanna via Cisco Community. Images from <https://community.cisco.com/t5/networking-knowledge-base/understanding-ipv6-eui-64-bit-address/ta-p/3116953>

# למה צריכים תיחום



[https://labs.ripe.net/author/philip\\_homburg/whats-the-deal-with-ipv6-link-local-addresses/](https://labs.ripe.net/author/philip_homburg/whats-the-deal-with-ipv6-link-local-addresses/)

# סוגי כתובות IPv6 : מזהי כרטיס רשת

השתמשו בתקן EUI-64  
למזהה מחשב

- בעיות פרטיות
- ניתן לעקוב אחרי המחשב
- כאשר הוא נע ברשת

התחילו למכור את  
הבלוק 2000::3

- 0200:0:0:0:0:0:0:0

חלוקה טיפוסית

- 64 סיביות מספר רשת
- 64 סיביות מספר מחשב

רעיון יותר מאובטח : להשתמש  
בפונקציות ערבול ומפתח סודי  
למזהה כרטיס רשת

פגיעת IPv6SeeYou

- ייתכן שלנתב הביתי יש כתובת EUI-64 קבועה
- ניתן לעקוב אחרי כתובת ה- IPv6 הציבורית שלך בחזרה לנתב הביתי
- קל למפות כתובות פיזית MAC של רשת Wi-Fi למפה wingle.net

# סוגי כתובות IPv6 : Anycast

מנותב לקרוב  
ביותר בדרך כלל

כתובת אחת,  
הרבה שרתים  
פוטנציאליים

אין קידומת  
מיוחדת

אחד מהשרתים  
בקבוצה מקבל  
את ההודעה ויגיב

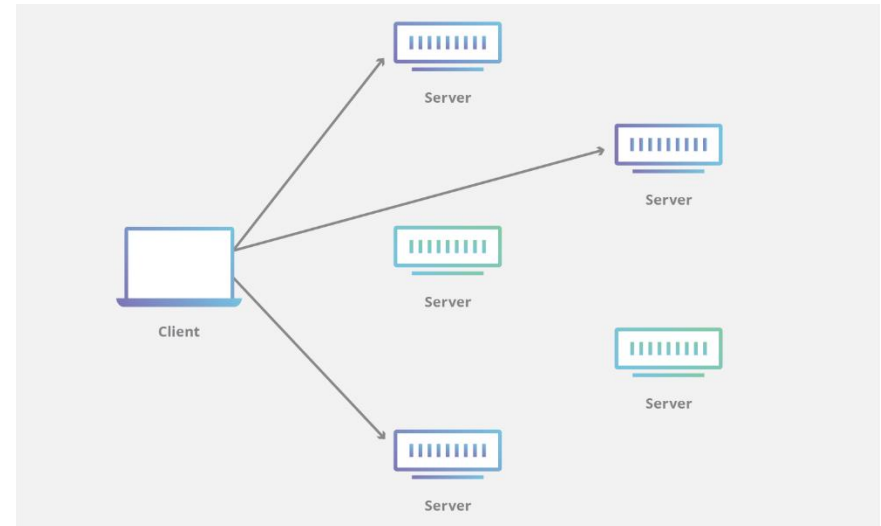


Image © Cloudflare, source: <https://www.cloudflare.com/learning/cdn/glossary/anycast-network/>

# סוגי כתובות IPv6 : שליחה מרובה

## הרבה קבוצות

- אין יותר צורך בשידור IP LAN
- הרשמה באמצעות הודעות **Multicast Listener Discovery (MLD)**
- מתגים מעבירים לנתבים להבטיח שרק צמתים מעוניינים יקבלו

ff00: /8

• ff00: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 0

קבוצת מקבלים

## דוגמאות

- כל המארחים 1 : ff02::1  
→ 33: 33: 00: 00: 00: 01
- כל הנתבים 2 : ff02::2  
→ 33: 33: 00: 00: 00: 02

## שליחה מרובה של אתרנט להפצה ב-LAN

- 4 בתים האחרונים של קבוצת שליחה מרובה IPv6 מוטמעת באתרנט עם הקידומת 3333
- w, x, y, z בתים האחרונים של שם הקבוצה, מוטמעים ככה :  
33: 33: w: x: y: z



# מבנה המנה של IPv6

- **Version (=6)**

- **Traffic class** : לאיכות השליחה (DiffServ)

- **FlowLabel** : הקבצת מנות זמן אמת לזרימות

עבור איכות השליחה ותיעדוף

– תעבורה רגילה (לא זמן אמת) השדה ריק

- **Payload Length** : אורך המנה (בתים) 40B

- **NextHeader** : פרוטוקול ברמה גבוהה יותר

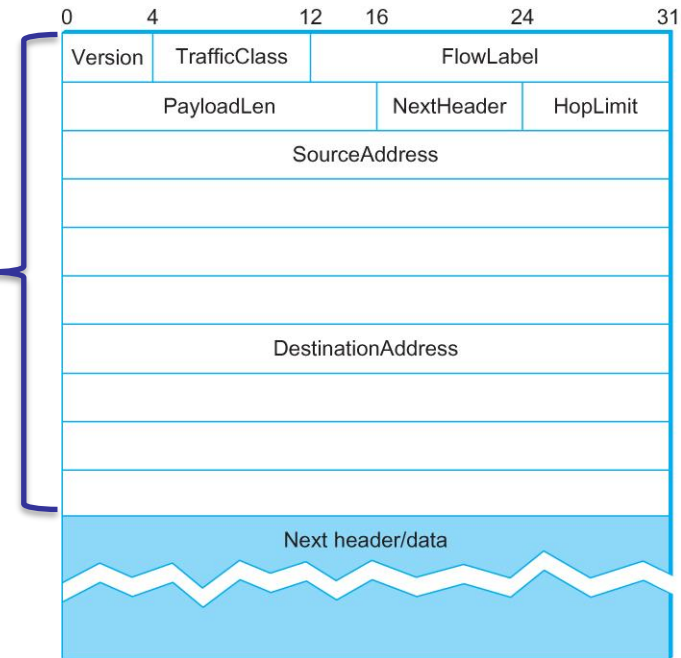
שאליו שייכת המנה

- **Hop Limit** : זהה לשדה TTL של IPv4

- אין CheckSum !

- **כתובת מקור** (16B)


- **כתובת יעד** (16B)




# מפת פריסה של IPv6

<http://6lab.cisco.com/stats/>

<http://6lab.cisco.com/stats/cible.php?country=IL&option=all>



 World Maps


All


IPv6 Prefixes


Transit AS


Web Content

Users


 World Charts

 Country Charts

 Tools & research

 6lab.cisco.com @cisco6lab

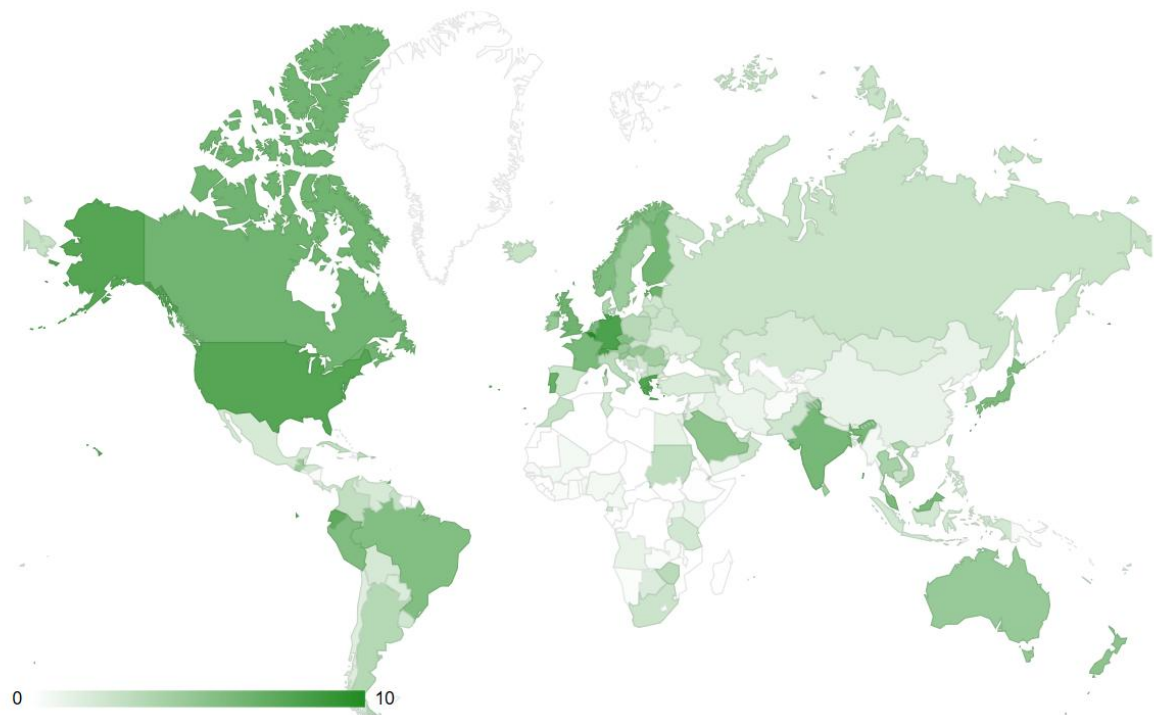
Approx 15% of Internet users are USING #IPv6 globally. It reaches >30% in some European countries & US. Go to 6lab.cisco.com

 17 Nov

Updated on 2017-1-12

Display global data 

[World](#) | [Africa](#) | [Asia](#) | [America](#) | [Europe](#) | [Oceania](#)



# מפת פריסה של IPv6

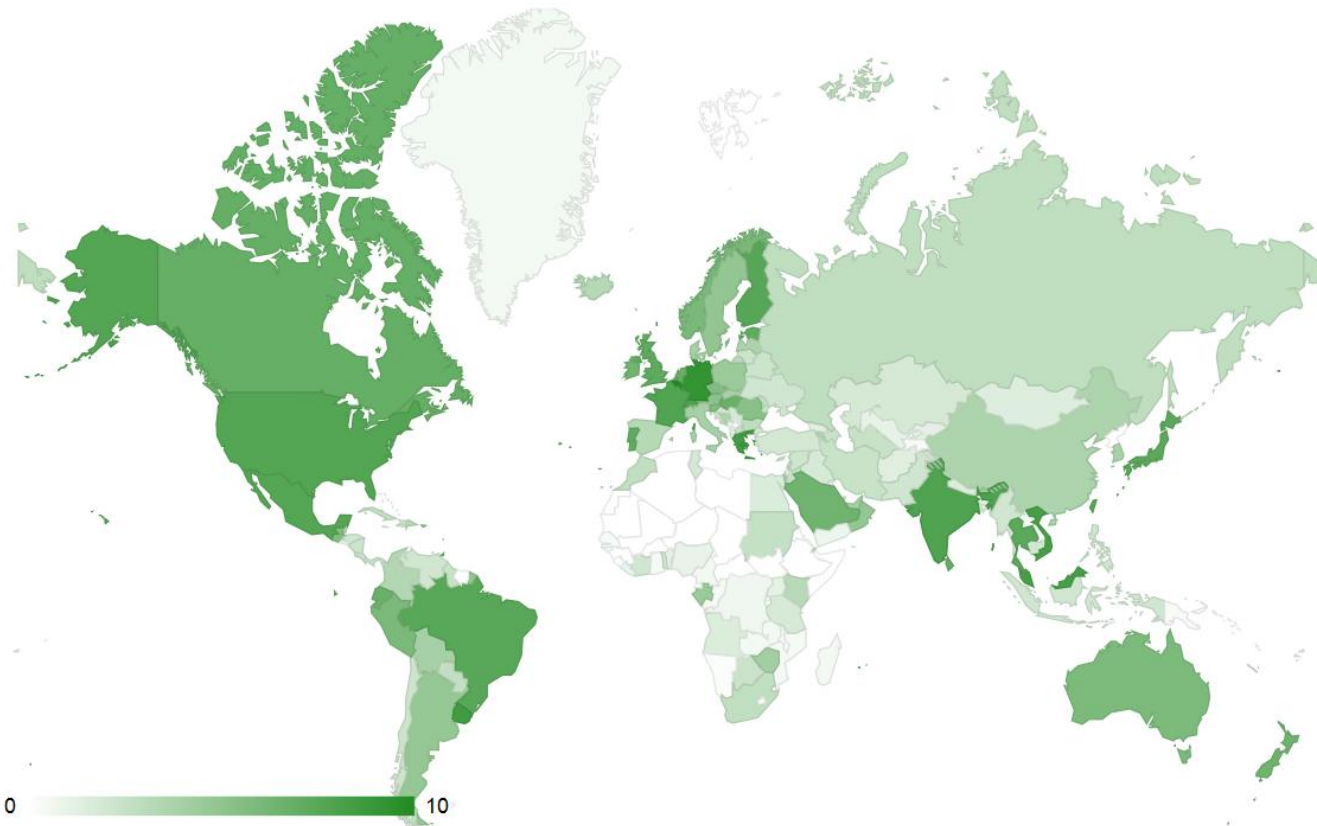
<http://6lab.cisco.com/stats/>

<https://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=all>

Updated on 2019-5-12

Display global data 

[World](#) | [Africa](#) | [Asia](#) | [America](#) | [Europe](#) | [Oceania](#)



# מפת פריסה של IPv6

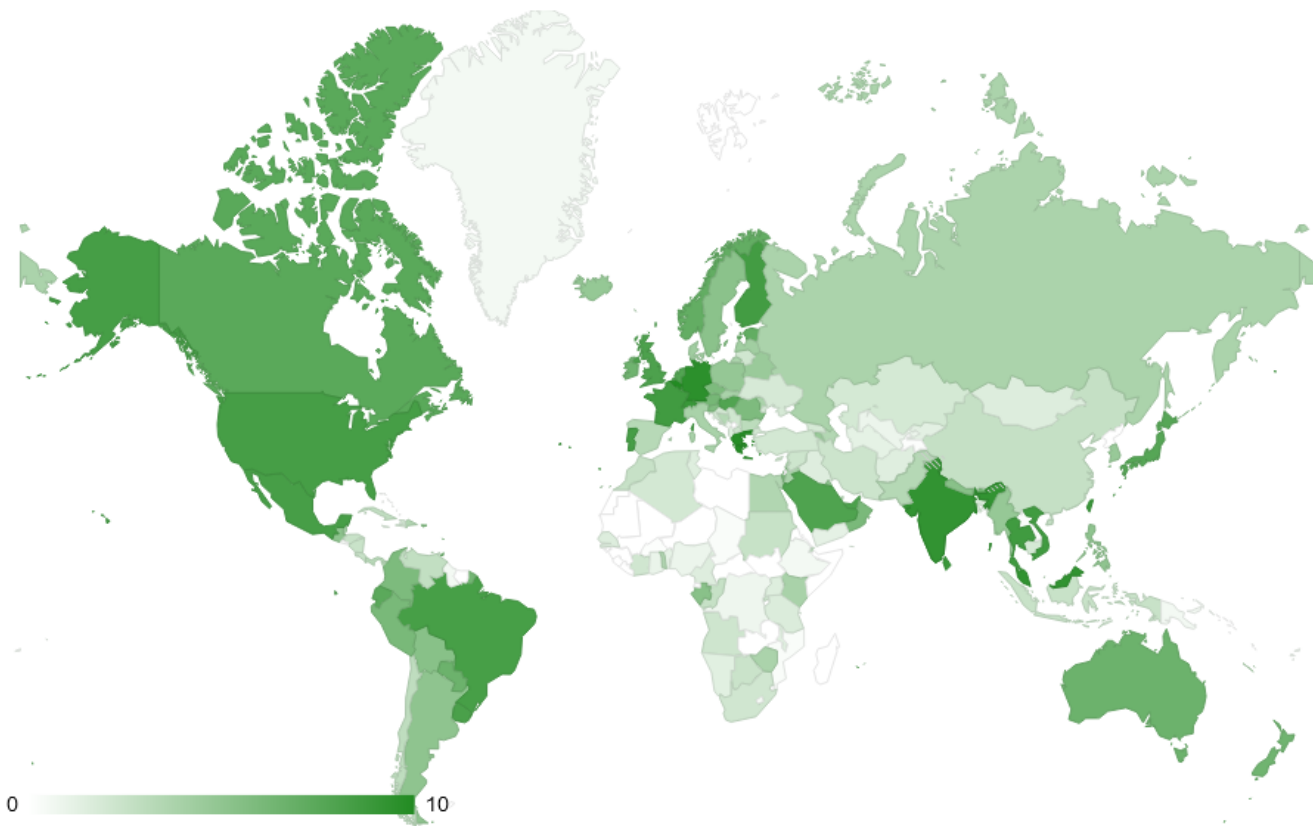
<http://6lab.cisco.com/stats/>

<https://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=all>

Updated on 2020-12-23

Display global data 

[World](#) | [Africa](#) | [Asia](#) | [America](#) | [Europe](#) | [Oceania](#)



# מפת פריסה של IPv6

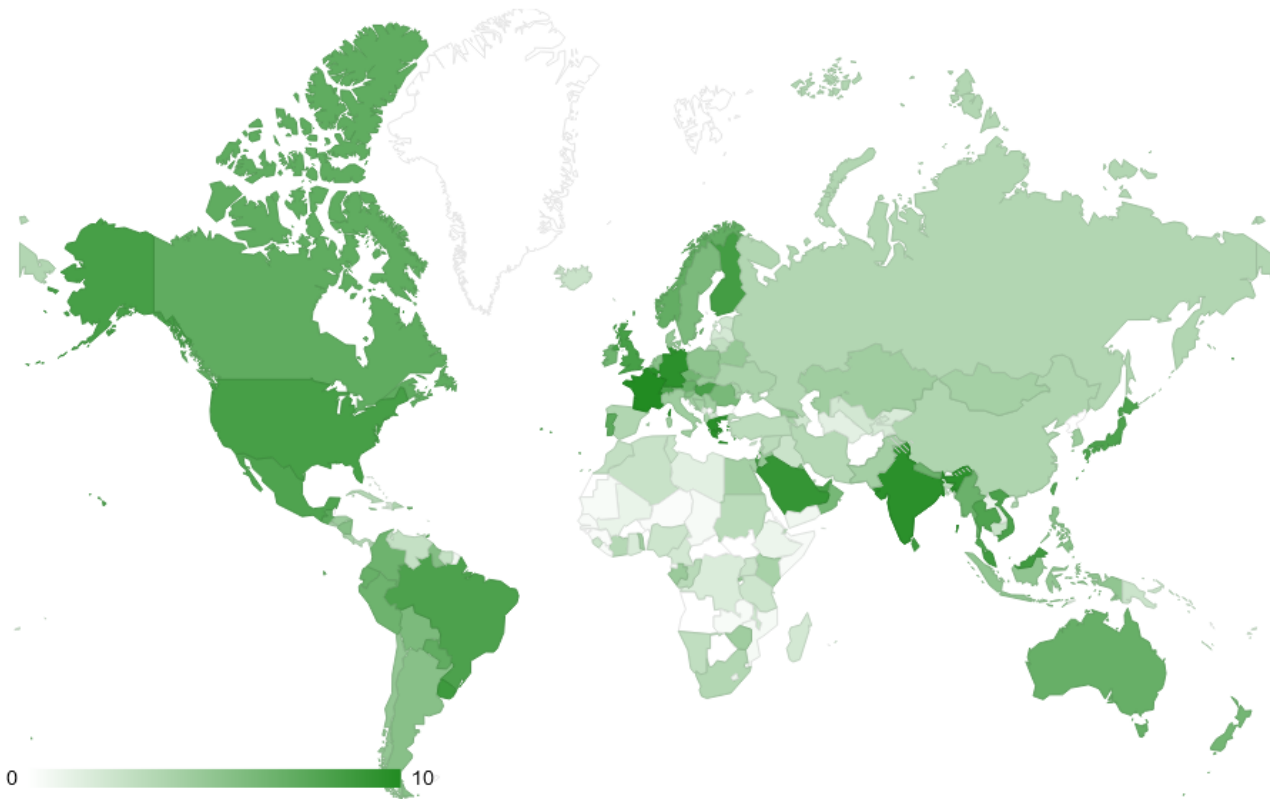
<http://6lab.cisco.com/stats/>

<https://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=all>

Updated on 2022-12-15

Display global data 

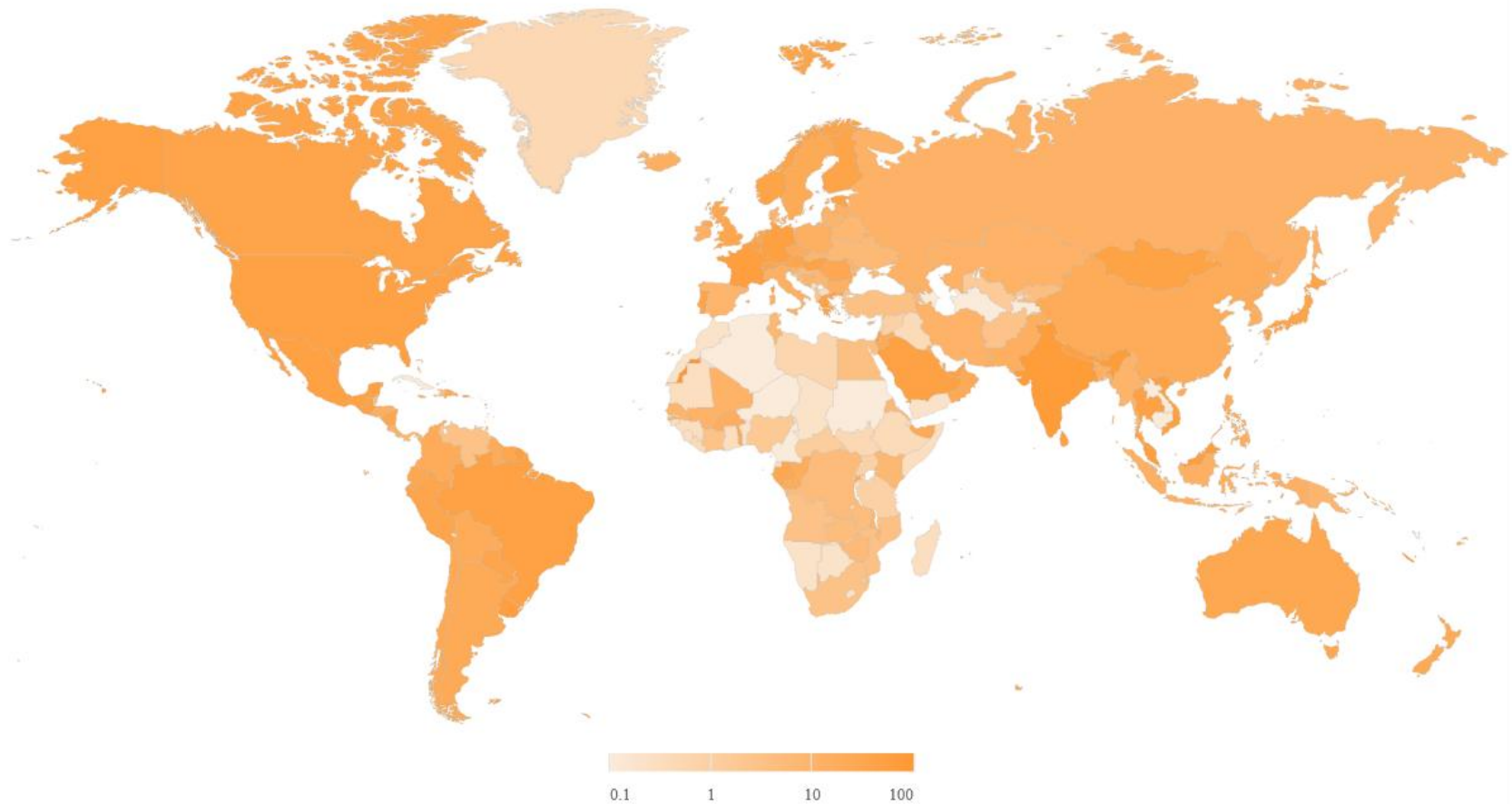
[World](#) | [Africa](#) | [Asia](#) | [America](#) | [Europe](#) | [Oceania](#)



# מפת פריסה של IPv6

Updated June 2024

IPv6 Adoption By Country / Region



# 10 המדינות המובילות

*\*Country data ranked by % of IPv6 connections from that country.*

▼ RANK	IPV6%	COUNTRY / REGION	Search: <input type="text"/>
1	68.5%	Montserrat	>
2	67.4%	Pitcairn	>
3	65.7%	Malaysia	>
4	65.3%	India	>
5	61.7%	Tokelau	>
6	61.6%	Germany	>
7	61.4%	France	>
8	59.1%	Belgium	>
9	56%	Uruguay	>
10	53.2%	Saudi Arabia	>

# 10 המדינות המובילות

\*Country data ranked by % of IPv6 connections from that country.

