
תת-רשתות, פרוטוקול האינטרנט

גרסה 6

16 יוני 2026

הרצאה 9

נושאים להיום

- תת-רשתות ב-IP
- IP גרסה 6

אתגרי גדילה

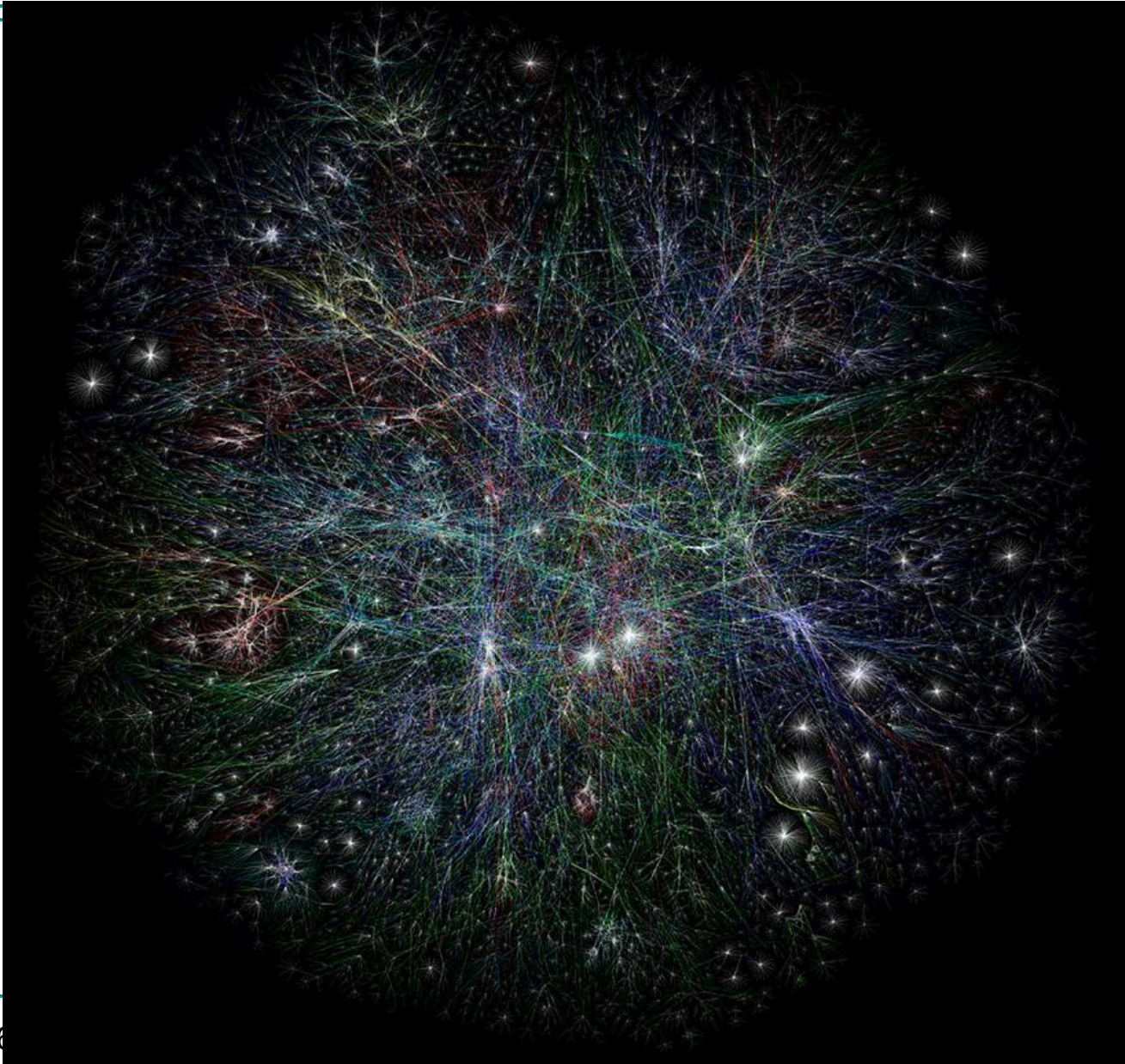
ישנם רק
רשתות $2^{14} \sim 16,500$ B מחלקה

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



- 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.

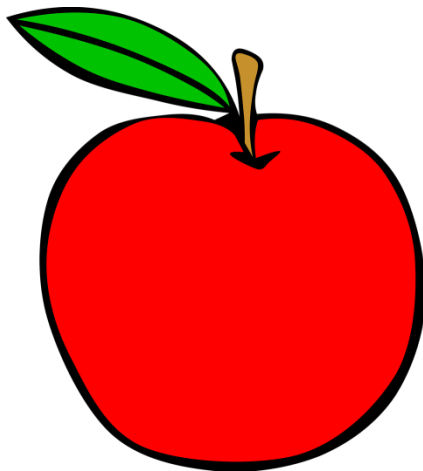


Image source: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61wI3JN2G2L._SY355_.jpg

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

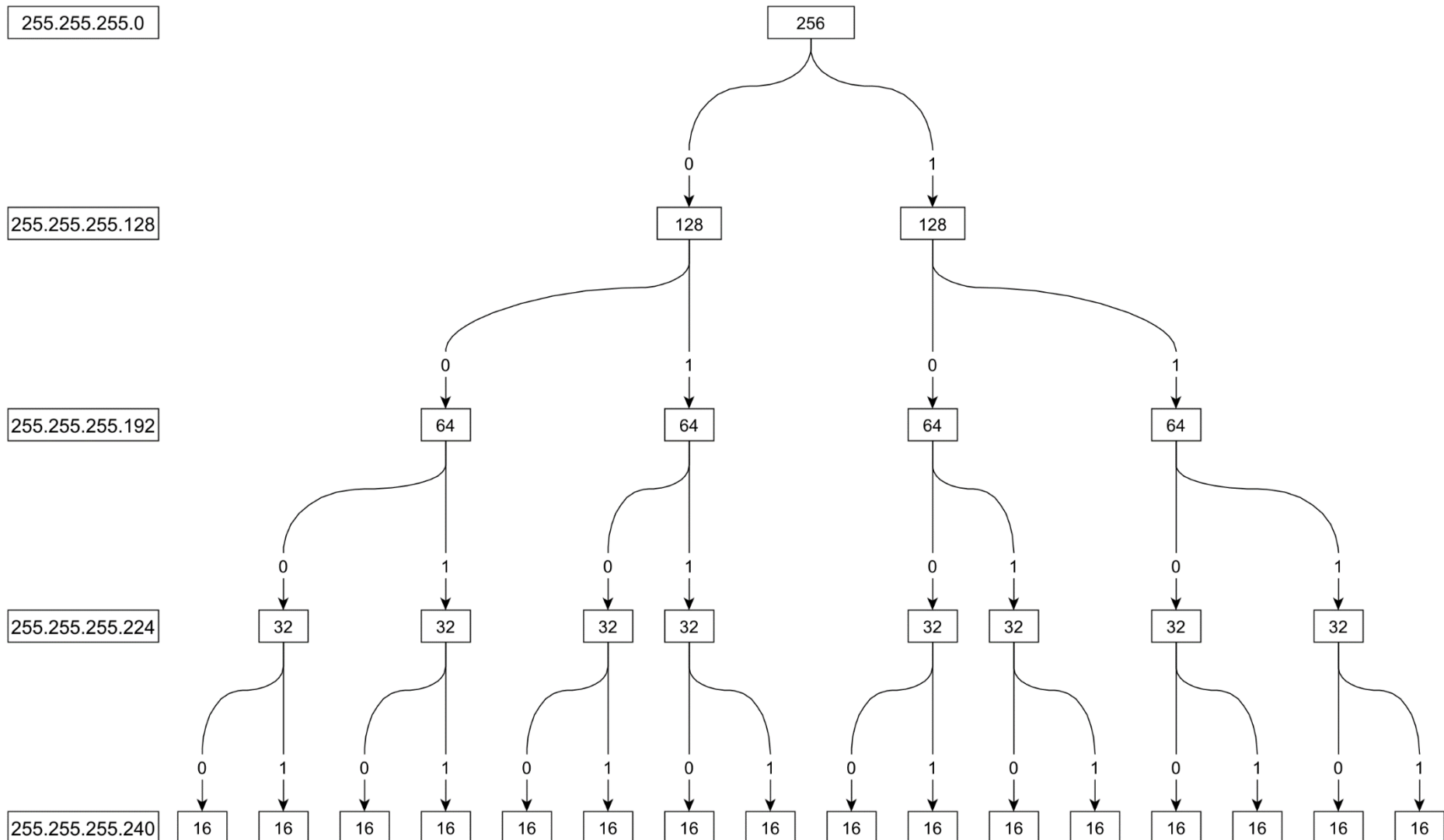




תתי-רשת לבתים : חלוקת העיר לרחובות

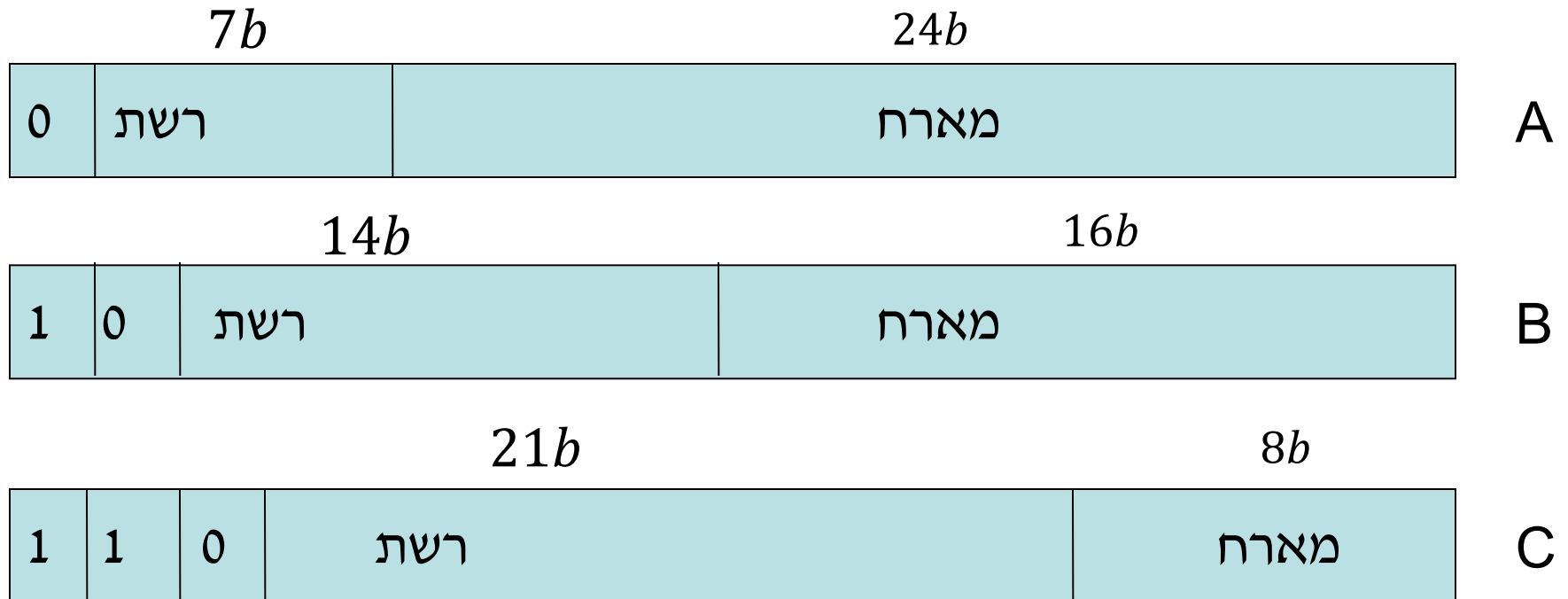
- נארגן את הבתים ברחובות עם שמות
- אולי ידרוש מספור מחדש של בתים אם הם לא קבלו מספרים עוקבים
- נקבע את צורת הכתובת - רחוב + מספר
- כדי לשלוח מכתב למשה :
- כל הבתים 3000-3099 נמצאים ברחוב החולה
- משה, בית 3093, יולה הופך להיות משה, רחוב החולה 93, יולה
- נמפה מספר בית לרחוב לפי חוקיות
- כל בתי 3000-3099 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
-----------	-----------	-----------	-----------

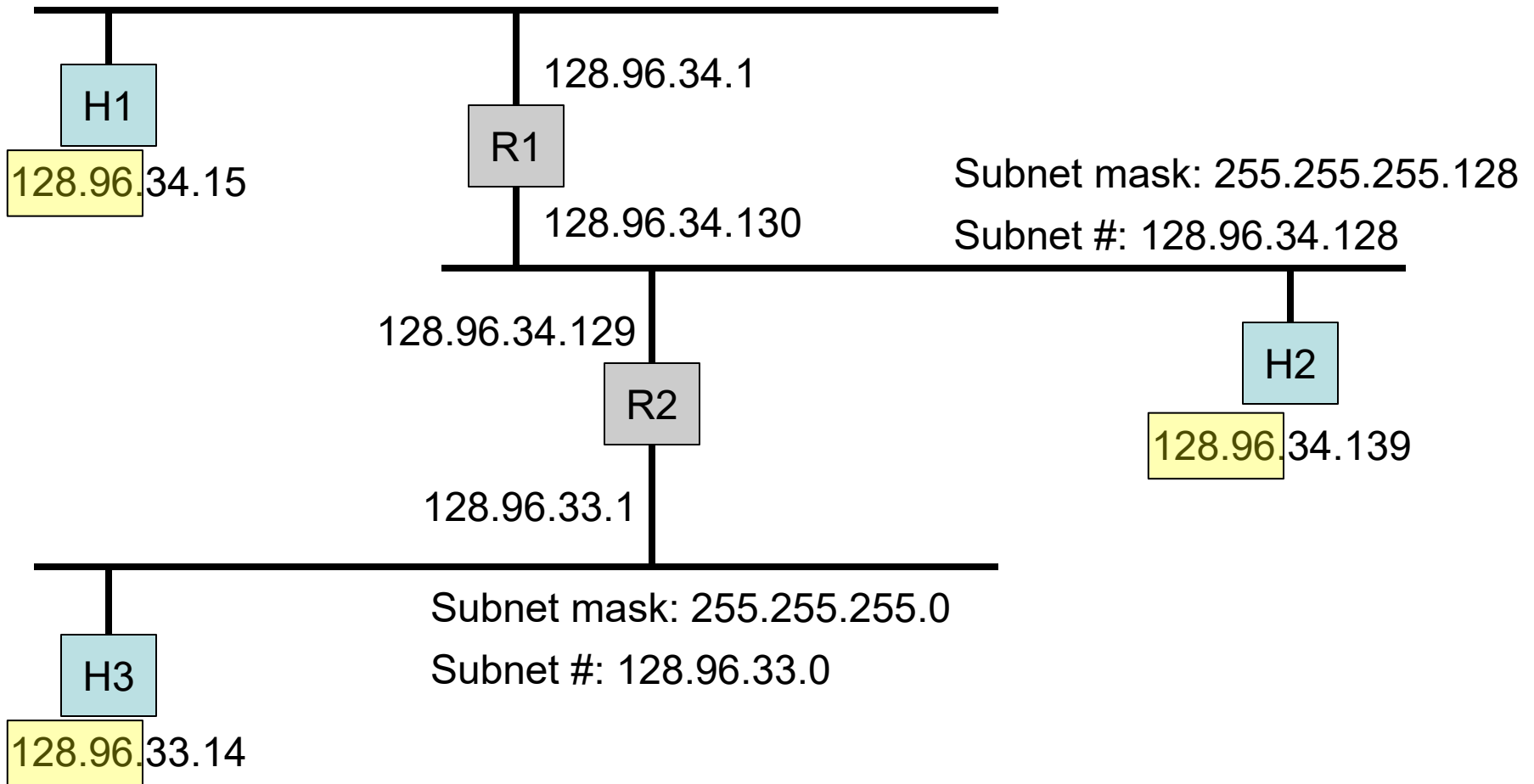
כתובת תת-רשת:

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

דוגמה לתת-רשת

Subnet mask: 255.255.255.128

Subnet #: 128.96.34.0



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

כתובות IP גרסה 6

דוגמאות:

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

3.4×10^{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/whatisyip/photos/a.10150650334802180/10154092465582180/>



סוגי כתובות IPv6

מזהי ממשק

Localhost

Anycast

שליחה לאחד
מתוך קבוצה

Link Local

מקומי לרשת
מקומית

Multicast

שליחה מרובה

Localhost : IPv6 כתובות

”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

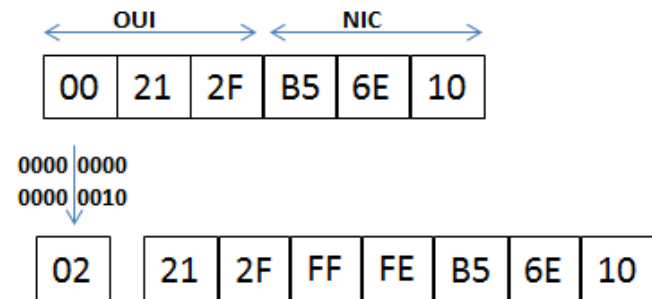
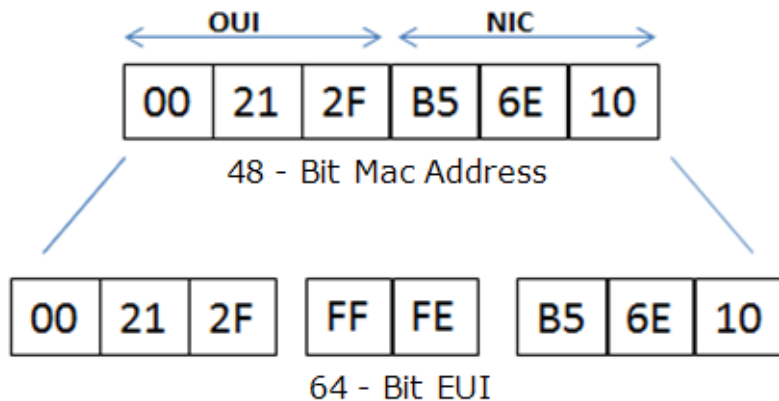
- אתרנט
- 00: a0: cc: 24: b0: e4
- תוצאה : fe80:: 2a0: ccff: fe24: b0e4

סוגי כתובות IPv6 : Link Local



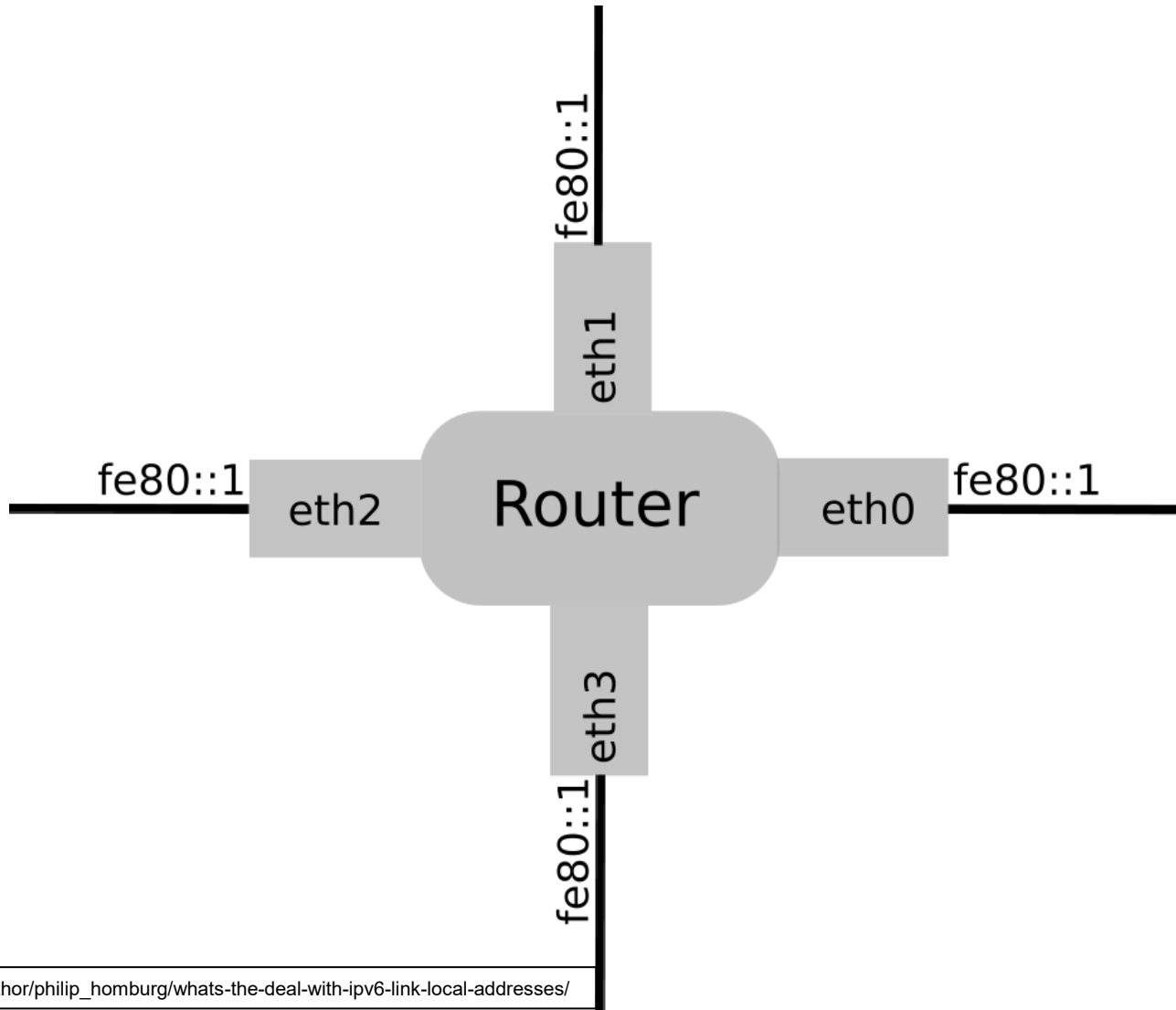
SPUI, Public domain, via Wikimedia Commons

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/

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 IPvSeeYou

- 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

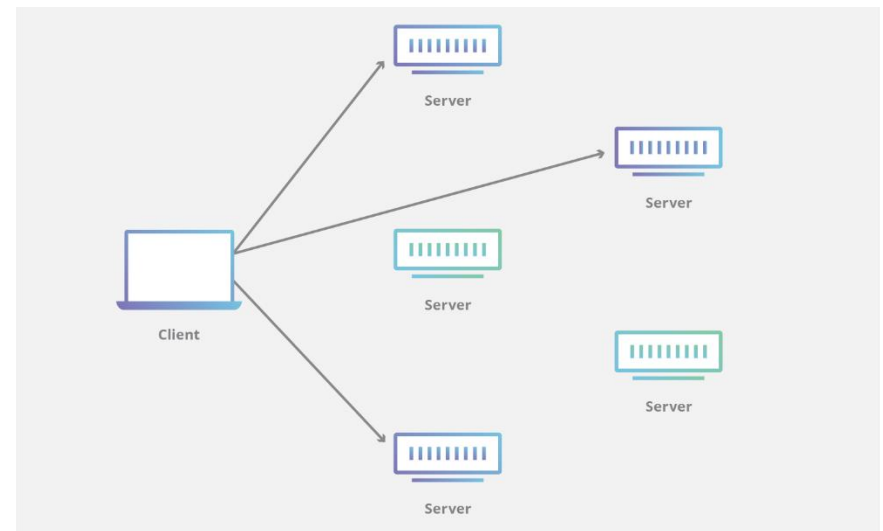


Image © Cloudflare, source: <https://www.cloudflare.com/learning/cdn/glossary/anycast-network/>

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 האחוריים של קבוצת שליחה מרובה IPv6 מוטמעת באתרנט עם הקידומת 3333
- w, x, y, z בתים האחוריים 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

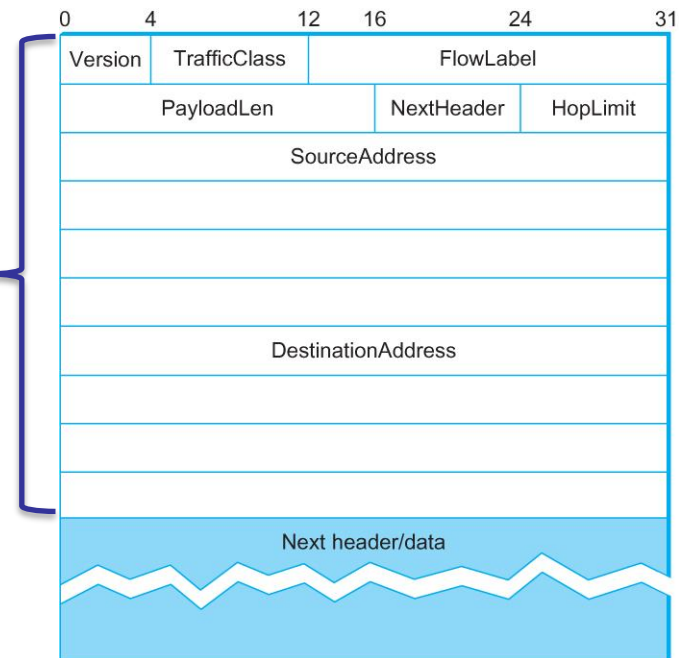
שאליו שייכת המנה

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

- אין CheckSum !

- **כתובת מקור (16B)**

- **כתובת יעד (16B)**



מפת פריסה של IPv6

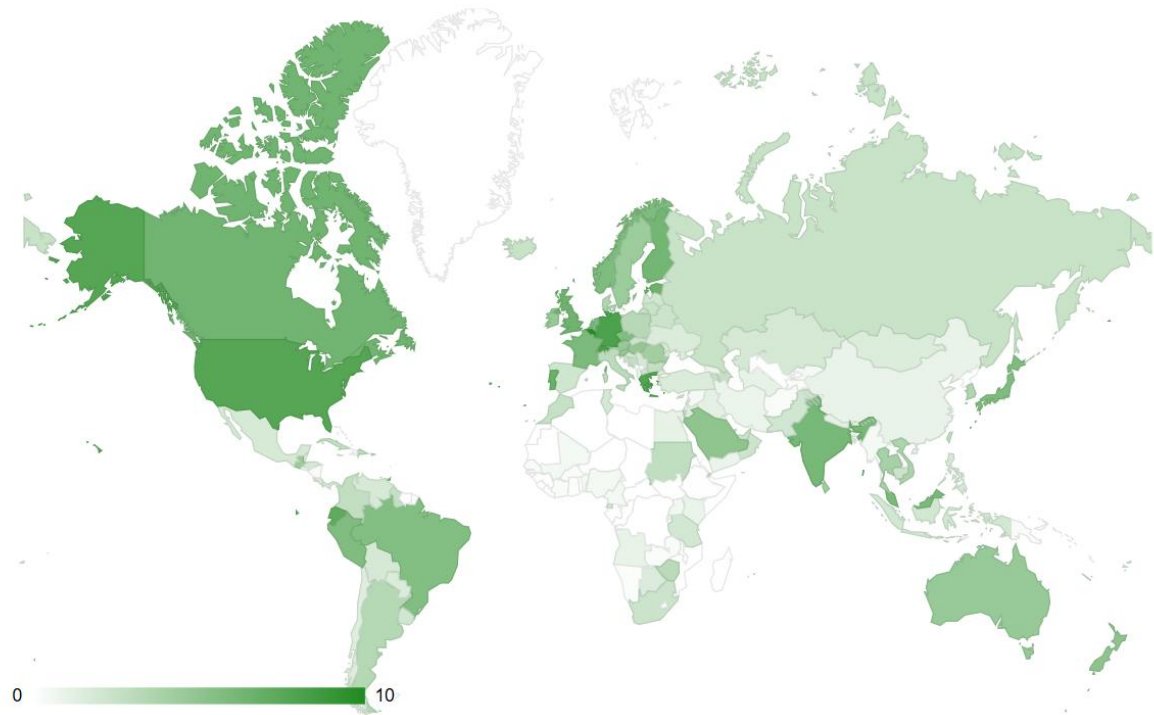
<http://6lab.cisco.com/stats/>

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


Updated on 2017-1-12

Display global data 


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





CISCO
6lab



 World Maps

- All
- IPv6 Prefixes
- Transit AS
- Web Content
- Users



 World Charts

 Country Charts

 Tools & research

 **6lab** 6lab.cisco.com  [@cisco6lab](https://twitter.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

מפת פריסה של IPv6

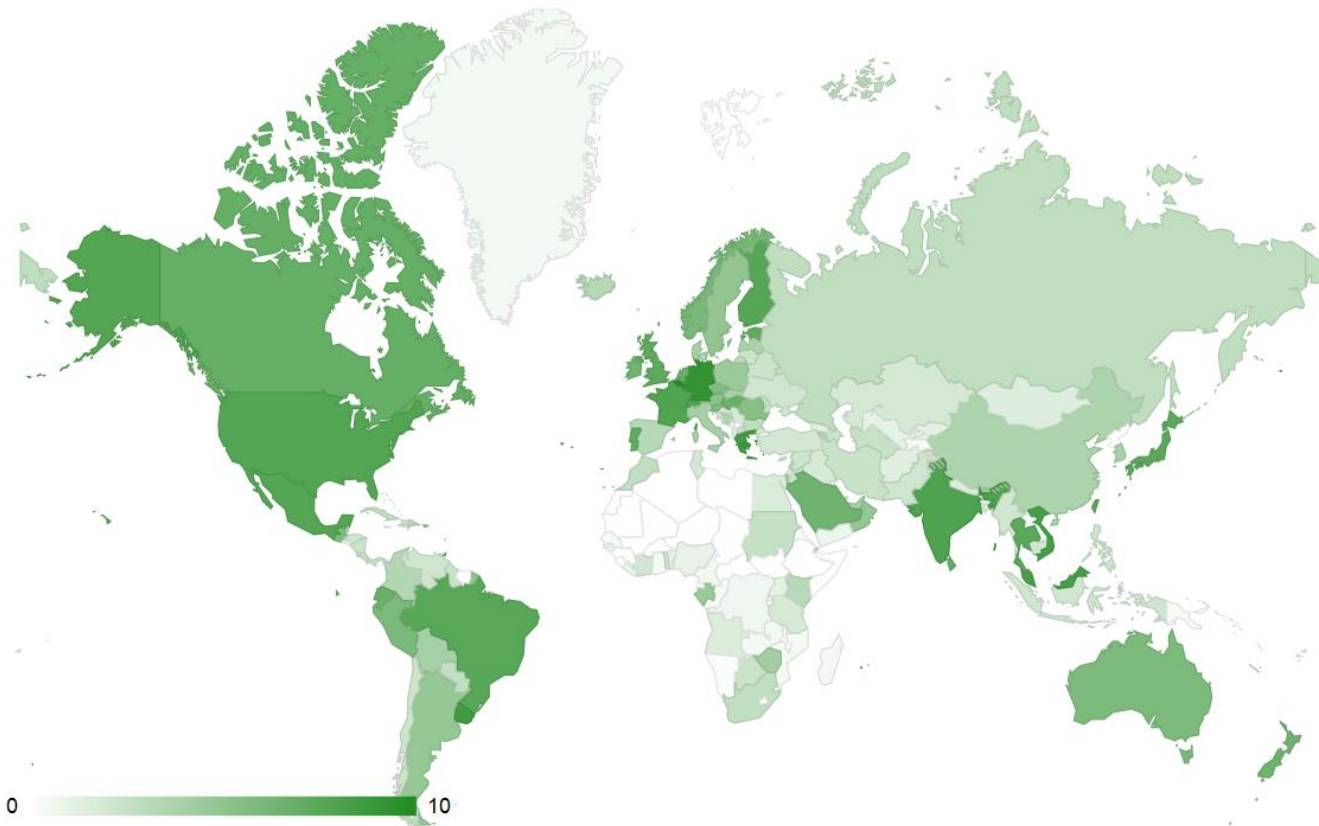
<http://6lab.cisco.com/stats/>

<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

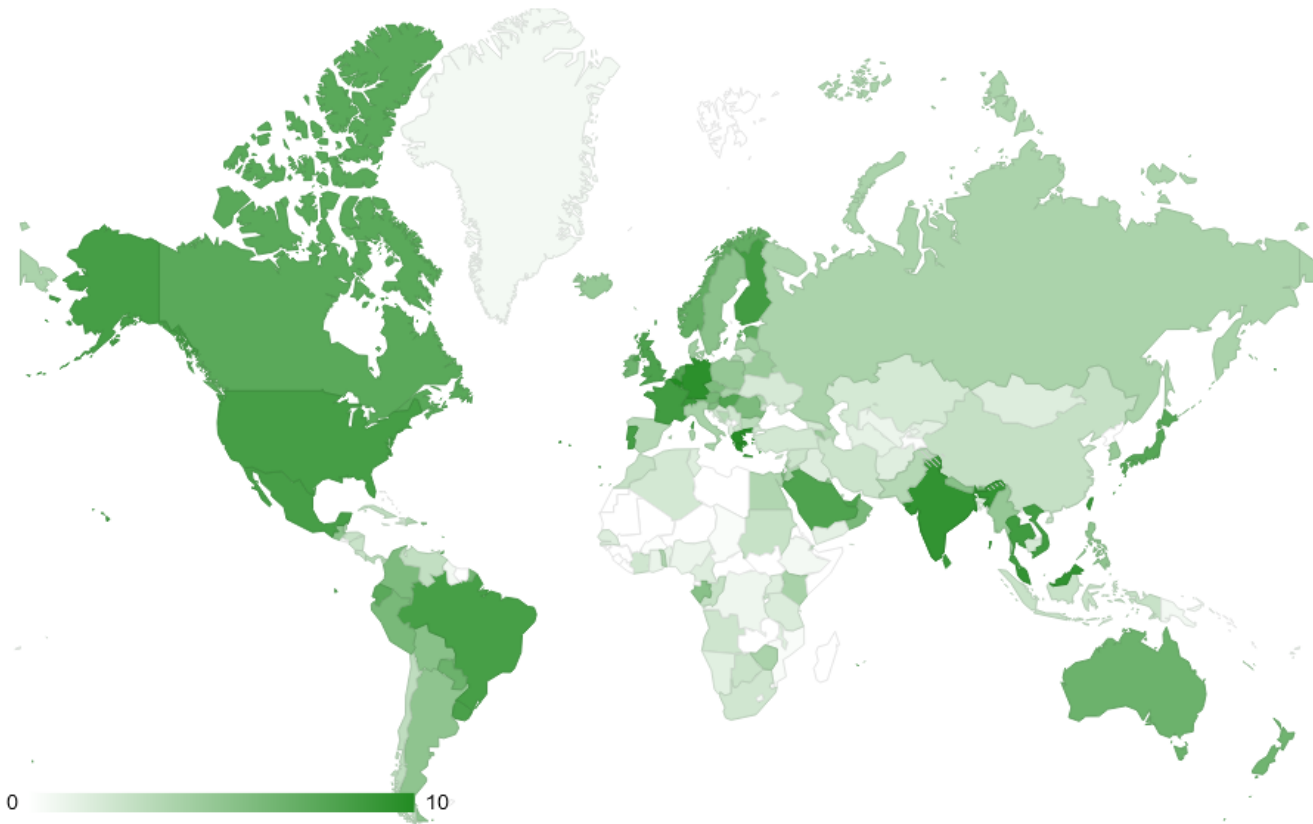
<http://6lab.cisco.com/stats/>

<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

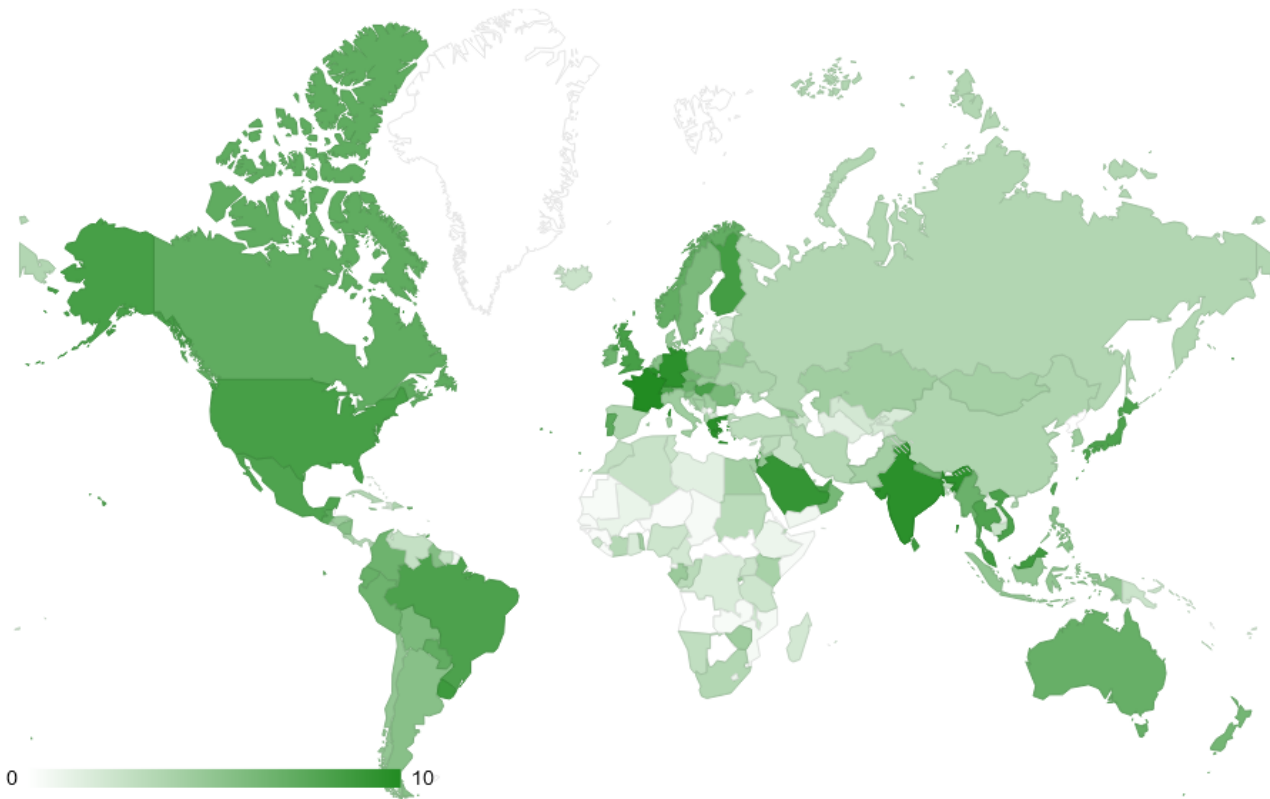
<http://6lab.cisco.com/stats/>

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

Updated on 2022-12-15

Display global data 

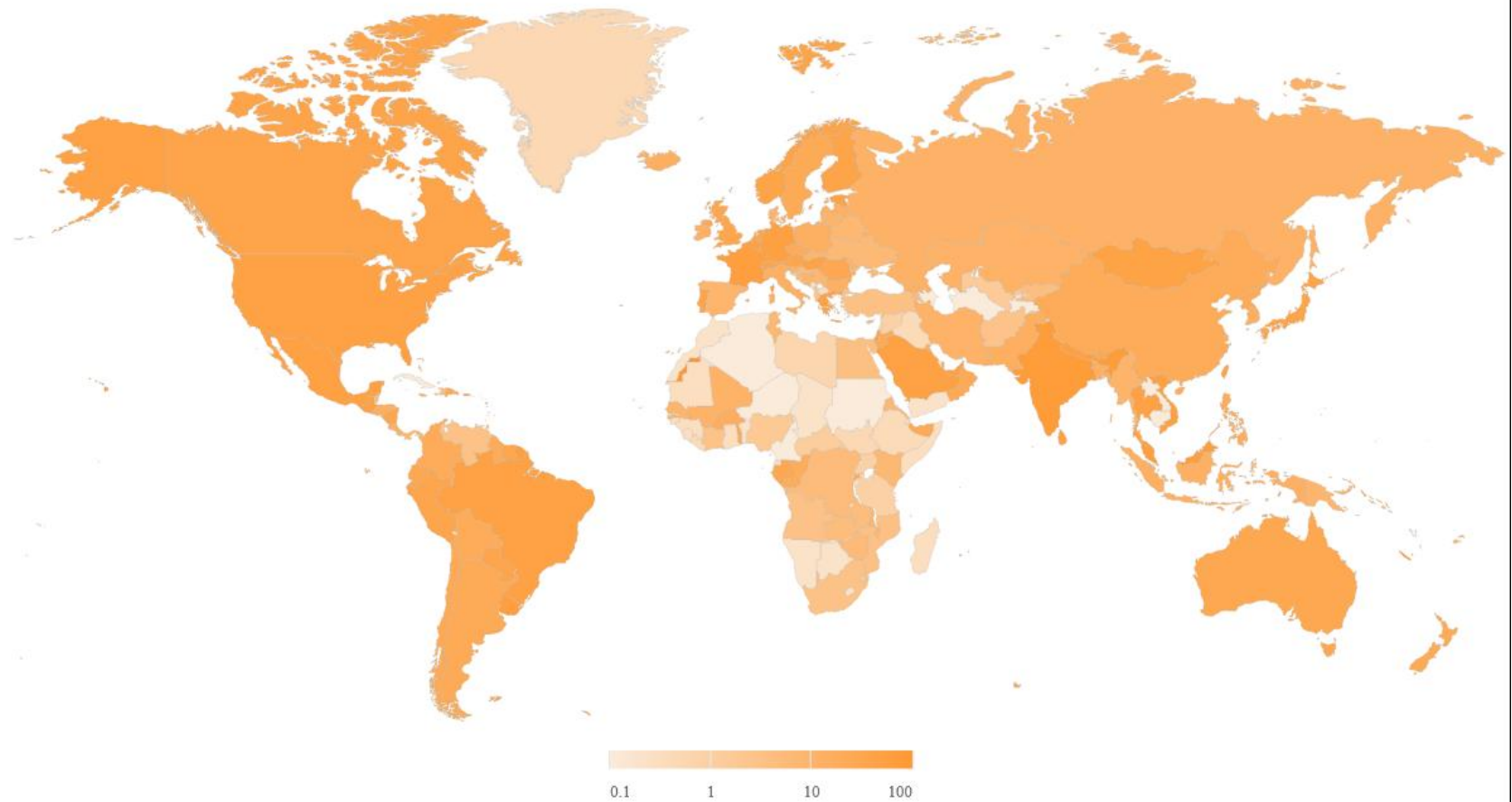
[World](#) | [Africa](#) | [Asia](#) | [America](#) | [Europe](#) | [Oceania](#)



מפת פריסה של IPv6

Updated June 2024

IPv6 Adoption By Country / Region



10 המדינות המובילות

<https://www.akamai.com/visualizations/state-of-the-internet-report/ipv6-adoption-visualization>

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

Search:

▼ RANK IPV6% COUNTRY / REGION

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



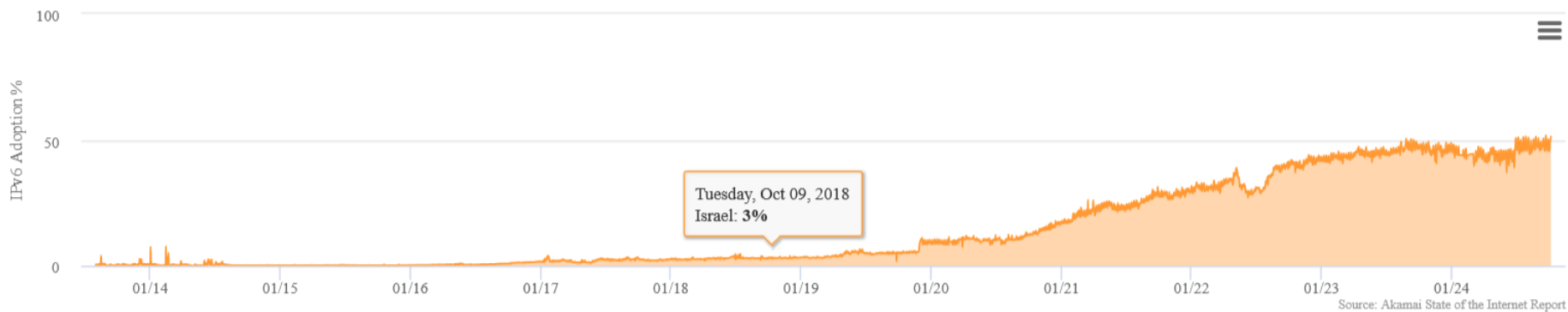
10 53.2% Saudi Arabia



10 המדינות המובילות

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

▼ RANK	IPV6%	COUNTRY / REGION	Search: <input type="text" value="isr"/>
14	51.3%	Israel	<input type="button" value="▼"/>



- תת-רשתות ב-IP
- IP גרסה 6