


03/04/2018

# Dame una señal

TXT JUAN FRAIRE IMG SEBASTIÁN CARDELLI

¿Cómo funciona Internet? ¿Vamos a tener señal en el espacio? ¿Y en África?

Sábado a la noche. Sola o solo en casa viendo qué pinta. Tentación de mandarle un mensaje a tu ex. Para evitarlo, buscás distraerte con una serie en Netflix, hablar por Skype con el amigo que se animó a irse, mirar un compilado de perritos tiernos o de gente cayéndose (¿todavía se les dice *bloopers*?) en YouTube; cualquier cosa con tal de evitar el 'En qué andas?'. Y, justo en ese instante, internet me deja a pata.

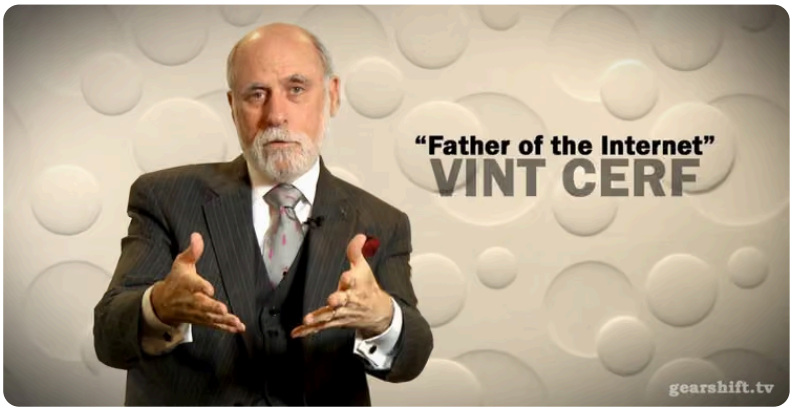
En plena desesperación, vas al ícono 'redes' de la computadora (o tablet o celu) y ves combinaciones de letras y números que no tienen ningún sentido gramatical. Más allá de que no sirva de mucho apretar compulsivamente los botones para recuperar lo que perdiste (ni internet ni tu ex), sí existen algunos elementos que

suelen estar más relacionados a solucionar el problema. Uno de estos, que posiblemente hayan visto pasar, es el llamado *Transfer Control Protocol/Internet Protocol* (**TCP/IP): la tecnología de base que hoy nos permite acceder a internet**.

**La historia de esta bella y revolucionaria tecnología arranca por allá en los '60**, cuando el Departamento de Defensa de Estados Unidos se metió de lleno a financiar la red de paquetes de datos a nivel internacional. Sabiéndolo o no, **estaban dando origen a lo que hoy conocemos comúnmente como Internet: la red de comunicaciones más extensa y ubicua jamás creada**.

De esta movida, que incluía fuerzas armadas, universidades y varias compañías (muchas hoy multimillonarias), también participaron personajes de la farándula cibernética como Vinton Cerf, popularmente conocido como unos de los padres de Internet. Sí señor, en ese entonces, Vinton y sus secuaces tuvieron una epifanía ingenieril y se les ocurrió inventar el conjunto de protocolos TCP/IP .

La *suite* de protocolos TCP/IP es un conjunto de lenguajes y códigos que usan las compus para 'hablarse' y transmitir información entre ellas. **La característica fundamental de TCP/IP es que no depende de ningún medio de comunicación específico que lo transporte**. Es decir, integra redes existentes basadas en medios cableados de cobre, de fibra óptica y hasta inalámbricos como WiFi o el famoso 4G. Digamos que es más flexible que político en campaña electoral.




Vinton Cerf, el 'papá de la Internet' (fuente: Gearshift).

Dicho en criollo, TCP/IP nos permite direccionar los datos para que lleguen a nuestro celular y no al del vecino (dícese de la dirección IP), 'recuperar' la

información en casos donde los datos se corrompen en el camino (retransmisión automática de paquetes), confiar en un montón de funciones de seguridad para que no nos roben el número de tarjeta de crédito (ese candadito que aparece de vez en cuando en el explorador) y varias otras funciones importantes que involucran una intensa interacción entre la compu y algún servidor de por ahí.
En la actualidad, además de representar a Google viajando por las más pomposas conferencias alrededor del mundo, Vinton es uno de los patrocinadores más fervientes de lo que en la jerga se conoce como **Internet Interplanetaria**. ¿Interplaqué? Bueno, parece que un día a Vinton y a otros amigos científicos les cayó la ficha de que su idea de Internet no era tan grande, abarcativa y flexible como pensaban.

## Charlemos

Resulta que, en los '60, la única manera de transmitir datos era por medio del cableado ya existente, generalmente destinado a la telefonía. En efecto, los más antiguos (sí, es un eufemismo de viejos) recordarán (recordaremos) que **fueron inicialmente las compañías telefónicas y sus asociados las primeras en prestar servicios de Internet**. ¿Les suena *Tutopía*? ¿*Si Pagás Sos un Gil*?, ¿*dial-up*?; entonces no será la primera vez que escuchen esta bella melodía que sonaba cuando levantábamos el teléfono de la cocina precisamente en el momento que alguien estaba usando Internet en casa.



*Sí, queridos sub-20, así sonaba Internet hace no tantos años.*

El tema de la telefonía es que, claro (cuac), está pensada para hablar. Hablar implica necesariamente un diálogo entre dos partes en el cual uno dice algo, el otro escucha, e inmediatamente responde. Este modelo conversacional se terminó inmiscuyendo, sin saberlo ni quererlo, en lo que hoy conocemos como Internet.

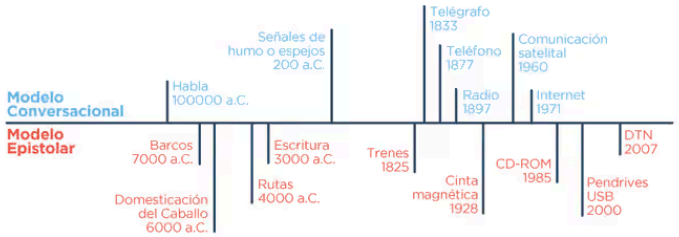
Por ejemplo, cuando buscamos algo en Google, en realidad se está dando un diálogo, increíblemente rápido, entre tu explorador y un servidor perdido en el mundo cibernético donde uno pregunta y el otro responde instantáneamente como si estuviesen en medio de una llamada telefónica. Si estoy viendo mi video favorito en YouTube y apago el WiFi, me deja de andar, porque es como si cortase el teléfono. Efectivamente, **la forma de comunicación en Internet se asemeja a una conversación en tiempo real**, donde uno (el cliente) se conecta a una fuente o destino de información (servidor), entabla una conversación y finalmente se desconecta.

La Internet móvil, redes de sensores, Internet de las cosas y otros tipos de redes, hacen un esfuerzo descomunal para mantenerse conectados porque, para Internet, **estar desconectado es un error**. Este principio está tan instalado en el núcleo de Internet que el hecho de abrir el explorador y buscar algo sin conexión a Internet genera un mensaje de error. Esto no es para nada trivial.

'¡Pero es obvio! Así funcionan las comunicaciones en red' dirán algunos ciberconservadores. Sí, **el *modelo conversacional* está muy naturalizado porque es lo primero que nos permitió como seres humanos comunicarnos verbal y gestualmente con nuestros pares**. El problema era que **sólo se podía usar cuando las dos personas estaban físicamente en el mismo luga**r, lo que permitía tener **una tasa de intercambio de información generalmente alta**.

**Con el advenimiento de la escritura vino un segundo modelo: el *modelo epistolar,* también llamado modelo postal**. Alguien escribe un mensaje y lo envía; luego, mientras el mensaje viaja, es respondido y devuelto al origen, el autor se puede poner a hacer otra cosa. **El modelo epistolar permitió la gestión de imperios a través de miles de kilómetros, aunque la tasa de intercambio de información fuera relativamente baja**. Hoy, sabiéndolo o no, **usamos este**

**modelo para almacenamientos temporales como pendrives o discos duros portátiles**. En efecto, llevar una carta en un sobre no dista mucho de llevar un archivo de texto en un pen drive.




'¿En qué andás?', según tecnologías basadas en el modelo conversacional y epistolar.

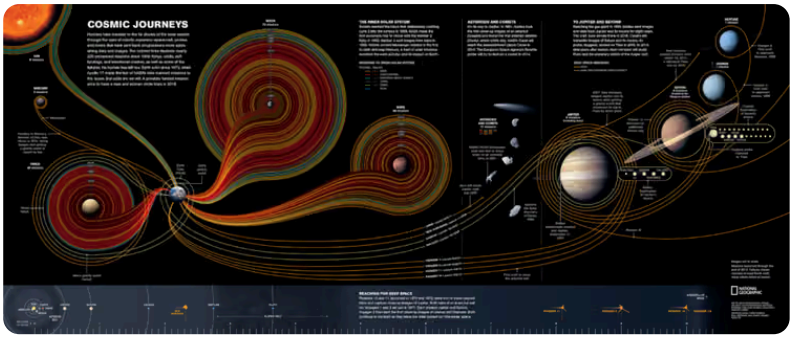
También es cierto que, con la mejora tecnológica (y el capital económico correspondiente), el telégrafo y luego el teléfono permitieron comunicarse conversacionalmente a grandes distancias. Pero ojo que esto no es tan habitual en todos lados: **menos del 50% de la población mundial tiene acceso a Internet.** Y esto nos lleva al punto clave: **Internet está basada en el modelo conversacional**, y por ende necesita:

1. – **Respuesta instantánea** del otro lado

2. – Recursos de **infraestructura** que habiliten esta **inmediatez**

## Al infinito y más allá

Todo venía bien para Vinton hasta que, a mediados de los '90, sus amigos de la NASA y otros 'popes' espaciales **empezaron a imaginar una Internet Interplanetaria que conectara sus valiosos activos distribuidos a lo largo del Sistema Solar** ya que, con el pasar del tiempo, cada vez hay más y más sondas en el espacio profundo y robots explorando sitios remotos con los que queremos comunicarnos. Incluso se sumaron al movimiento aquellos optimistas que ya visualizan colonias interplanetarias en el futuro cercano.




La humanidad en lugares. **Fuente**.

Cuando Vinton supo de esta motivación del mundillo espacial, se le pararon los pocos pelos que tenía. Porque, claro, tuvo que tener en cuenta **dos propiedades fundamentales de las comunicaciones espaciales**:

1. – Sufren de frecuentes **disrupciones provocadas por la rotación de los planetas**, ya sea porque el satélite está mirando para otro lado sacando una foto a una nebulosa de por ahí o porque simplemente está tomando sol para juntar energía y poder transmitir después.

2. – Deben tolerar **grandes demoras causadas por el tiempo de propagación de las señales** de radio-frecuencia, que viajan a la velocidad de la luz pero deben cubrir inmensas distancias.

| Mercurio | Venus | Marte | Júpiter | Saturno | Urano | Neptuno | Voyager-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 min | 6 min | 12 min | 43 min | 1h20 | 2h40 | 4h10 | 19h30 |

*Demoras promedio viajando a la velocidad de la luz hacia planetas y objetos en el Sistema Solar. Línea H interrumpida.*

Por ejemplo, un mensajito de Whatsapp a Marte tardaría entre 8 y 22 minutos en llegar (dependiendo de la posición relativa Tierra-Marte) y otros tantos para devolver la confirmación y ver la tan ansiada doble tilde azul. Y si después de todo este tiempo te clavan el visto, mejor ponete a sembrar papas como Matt Damon.




Obviamente, la NASA y otras grandes agencias espaciales desde hace tiempo se vienen armando sus propias soluciones caseras por fuera de Internet. Pero ninguna resulta buena noticia para los internautas amantes del modelo conversacional, y Vinton lo sabe. Pues claro, **el conjunto de protocolos TCP/IP nunca estuvo pensado para ser usado en entornos interplanetarios**, y ya no depende de cuánta plata tenés para poner infraestructura por todo el espacio. Contigo en la distancia, la cuestión es espacial y no hay vuelta que darle. No sos vos, TCP/IP, son los millones de kilómetros que nos separan.

## MetaInternet

A partir del 2000, Vinton y sus secuaces se lanzaron en la búsqueda de una solución elegante que le permitiera a Internet mantener la categoría de ubicua y universal, incluso a escala Interplanetaria. Pero claro, **los tipos no podían sencillamente tirar a la basura la Internet actual**, que ya conecta más dispositivos que humanos en el planeta.

Entonces, Vinton y su grupo pensaron, 'Si ya nos fue bárbaro conectando una red de redes con TCP/IP, pues repetimos la hazaña creando **una red que conecte varias Internets**'. Pero esta vez recurrieron al viejo y querido modelo epistolar para dar origen a **una nueva arquitectura de Internet llamada Redes Tolerantes a Demoras, o DTN** por sus siglas en inglés.

En DTN lo que se hace es **integrar redes basadas en el modelo conversacional como TCP/IP dentro de otra red basada en el modelo epistolar que no asume un diálogo instantáneo entre sus pares.** En esta red, un nodo DTN puede estar formado por un satélite en Marte, un astronauta en la Luna o la Internet terrestre en su totalidad. Convenientemente, Internet queda como está ahora en la Tierra sólo que, cuando hace falta, metemos otra 'capa de protocolos DTN' por encima de TCP/IP o cualquier otro protocolo.
De esta manera, los datos fluyen de red en red (o de nodo DTN en nodo DTN), pero **pueden permanecer un tiempo arbitrario en nodos intermedios**. Por ello, las aplicaciones que usen DTN deben basarse en principios muy diferentes de los usados hoy en Internet.

- – Para empezar, **como en el modelo epistolar, no se espera una devolución**. Una vez que mandás un mensaje, ponés la pava y te largás con los mates. Entonces, **no queda otra que incluir en el mensaje todo lo que el destinatario pueda llegar a necesitar para decodificarlo correctamente**. No juega más el 'si no le llega bien o se corrompe en el camino, lo re-transmito'.

- – **Anticipar se vuelve un principio fundamental**. Tampoco va más el 'quiero saber el clima así que me conecto a weather.com', sino el 'voy a estar interesado en el clima en los próximos días así que me suscribo para ir recibiendo los mensajes que me interesan' de manera que cuando realmente quieras ver el clima ya tenés el último mensaje guardado en la memoria de antemano. Lo mismo pasa con las noticias, YouTube, el porno y demás.

- – **El usuario y sus aplicaciones deben ser pacientes**. En DTN, **estar desconectado ya no es un error, sino que es parte natural de la cuestión**. Entonces puedo enviar un mensaje que quede almacenado por ahí. Luego irá avanzando a medida que se pueda para, en algún momento, llegar a su destino. Sí, los nodos en DTN, a diferencia de los de Internet, tienen **memoria** destinada a retener temporalmente

mensajes en tránsito por segundos, minutos u horas hasta que los enlaces se habiliten.

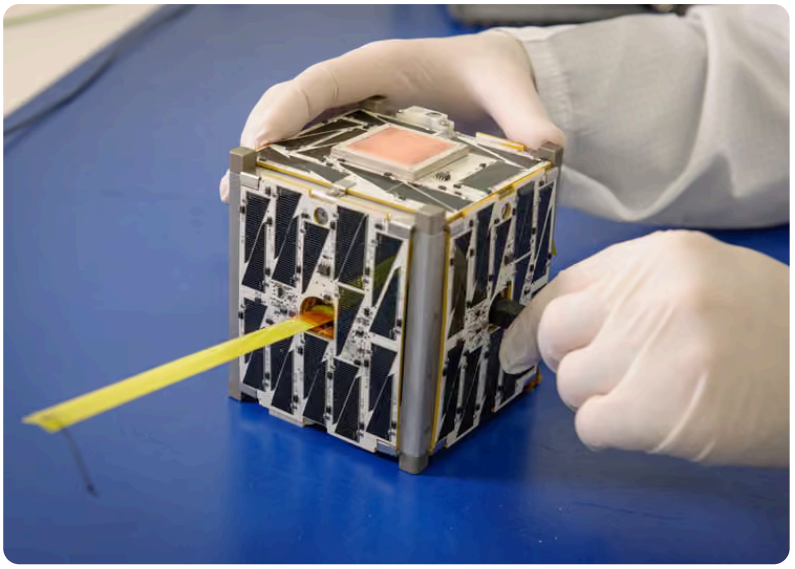



Flujo de datos en DTN. Interpretación libre del autor, basada en ***Popular Mechanics***.

Claro está, esto es **un gran desafío para el control de los recursos**. ¿Cómo evitamos transmitir datos por vicio? ¿Cómo sé cuál es el siguiente nodo al que entregar este dato? ¿En qué momento? ¿Qué pasa si me quedo sin memoria? ¿Cómo gestionamos congestiones? ¿Tengo que mandar una semana antes el mensaje 'estoy abajo'? ¿Cuánto tengo que esperar para saber en qué anda o si me clavó el visto? **La seguridad es otro aspecto clave** entre otros igualmente importantes. **Hay mucho por hacer y resolver**.

## ¿Y los fierros dónde están?

Ciertamente, en este mundo materialista, no todo puede ser palabrerío intangible. Ya existen códigos de *software* que implementan protocolos DTN a diferentes escalas de madurez. Uno de ellos se llama *Interplanetary Overlay Network*, es desarrollado y mantenido por la NASA y se distribuye bajo licencia de código abierto para que cualquiera lo baje, lo pruebe y lo use en su nave interplanetaria favorita. Otro un poco más pequeño, pensado para *CubeSats* (satélites pequeños, desde 10x10x10cm de tamaño y 1kg de peso), también se distribuye bajo código abierto con el nombre de *Micro Planetary Communication Network*.



Pero miren qué mononos los CubeSats, y ya puede llevar DTN en su software y todo. (fuente: NASA)

Pero dijimos fierros, ¿no? En el 2008, la agencia espacial inglesa lanzó un satélite de baja órbita con código DTN en su computadora a bordo. Pero sólo probaron la tecnología bajo disrupciones (episodios de no conectividad entre el satélite y la estación terrena) porque en baja órbita la demora de propagación de las señales no supera los cientos de milisegundos. Unos meses después vino la NASA. En una sonda de espacio profundo, destinada a estudiar un cometa, se cargó a bordo un experimento con DTN. Desde una distancia de 21 millones de kilómetros (aproximadamente 70 segundos-luz de demora), se demostró exitosamente el uso de estos protocolos para transmitir más de 300 imágenes desde el espacio profundo.



Misión de espacio profundo con DTN. Paparazzi de cometas. (fuente: NASA/Pat Rawlings/Getty Images)

Hoy, **la estación espacial internacional**, además de tener tripulación humana permanentemente en baja órbita, también **es un gran laboratorio de DTN**. La estación carga cientos de experimentos los cuales usan DTN para comunicarse entre sí y bajar sus datos a tierra. Por otro lado, en breve estaremos probando nuevas funciones de DTN en un satélite experimental de la Agencia Espacial Europea. Todo esto permite validar y mejorar constantemente los códigos de software existentes.

A pesar de todos estos avances, la industria espacial es muy conservadora. Los lanzamientos son carísimos, se pagan fortunas en seguro y a veces hay vidas humanas en juego. Esto se combina con **un espacio que es terriblemente hostil**, con temperaturas de -100 a +120 grados Celsius, con un vacío que impide refrigerar cualquier equipo electrónico (el ventilador o *cooler* no funciona si no hay aire que desplazar), radiación que genera fallos inesperados, entre otros amistosos fenómenos. Nadie quiere arriesgar más de lo que ya está arriesgando y muchas veces se opta por tecnologías caseras 'malas conocidas'.

## ¿Y a mí qué (me importa)?

La Agencia Espacial Argentina viene desarrollando un concepto de arquitectura segmentada de satélites que, basada en soluciones DTN, permitirá a nuestro país acceder a bajas órbitas usando lanzadores y tecnologías locales para observar el suelo argentino. Bajando a la tierra, o mejor dicho, al agua, las redes submarinas resultan otro caso particular porque las ondas acústicas submarinas se propagan alrededor de 1500 metros/segundo, lo que hace de estas redes un candidato ideal para DTN.

Pongámonos un poco más humanos. Dijimos que **la idea de conectar en red el Sistema Solar mostró las debilidades de la Internet actual: necesita de muchos recursos de infraestructura para mantener la instantaneidad de la conversación**. Pero también dijimos que **más de la mitad de los habitantes de este planeta sigue sin acceso a Internet**. ¿Por qué? Porque lo que los clientes en sitios remotos pueden pagar 'no justifica' la plata que hay que poner en infraestructura. O son pocos, por ejemplo en los polos, o son muchos y pobres,

por ejemplo en África. En otras palabras, no hay un *business case* (oportunidad comercial).

Pero **estas personas están desconectadas del modelo conversacional, no necesariamente del modelo epistolar**. Con DTN se puede crear una 'mula de datos' usando vehículos en circulación como motos, buses, helicópteros, aviones, e inclusive *CubeSats* con un simple nodo DTN con WiFi (o inclusive con un pendrive USB) para que al pasar por las zonas aisladas se vayan entregando y recolectando mensajes. Obviamente, los datos podrán quedar almacenados hasta llegar a algún punto con infraestructura, por lo que las respuestas podrán llegar horas o días más tarde. Pero, en estos casos, más vale tarde que nunca, porque estos mensajes pueden incluir pedidos de búsquedas en Google de poblaciones de las amazonas que nunca abrieron un explorador, consultas a Wikipedia de estudiantes en alguna comunidad africana, mensajes de WhatsApp de un esquimal perdido en el polo, emails con imágenes para hacer diagnóstico médico remoto, pedido de ayuda ante desastres naturales y otros tantísimos que **podrían hacer la vida de mucha gente mucho mejor**. **Interplanetary Revolution!**

Y sí, como ocurre a veces, **hizo falta que algunos lunáticos se cuestionen sobre una Internet cósmica casi de ciencia ficción para que nos caiga la ficha de cómo poder conectar mejor con seres humanos en nuestro planeta**. Al fin y al cabo, no sólo terminaron mostrando la hilacha los protocolos de Internet, sino también los tejes y manejes del poder en las redes. Por lo pronto, sabemos que para mejorar la conectividad, acá en casa o en algún lugar perdido del espacio exterior, hay un paradigma que revisar de cara a la Internet del Futuro.

## Referencias


J. Fraire, J. Finochietto, S. Burleigh, "Delay-Tolerant Satellite Networks", Artech Hous e Publishers, ISBN: 9781630813444, 2017.

S. Burleigh, "Interplanetary overlay network: An implementation of the dtn bundle protocol," in 2007 4th IEEE Consumer Communications and Networking Conferenc

e, Jan 2007, pp. 222–226.

W. Ivancic, W. M. Eddy, D. Stewart, L. Wood, P. Holliday, C. Jackson, and J. Northam, “Experience with delay-tolerant networking from orbit,” in 2008 4th Advanced Satell ite Mobile Systems, Aug 2008, pp. 173–178.

J. Wyatt, S. Burleigh, R. Jones, L. Torgerson, and S. Wissler, “Disruption tolerant net working flight validation experiment on NASA’s EPOXI mission,” in Advances in Sate llite and Space Communications, 2009.



Sumate en
eglc.ar/bancar