

ALOCUCIÓN

DEL PROFESOR DR. VINTON G. CERF

Rector Magnífico
Autoridades académicas
Distinguidos Doctores
Señoras y señores

No cabe duda de que, a medida que avanza el siglo XXI, aumenta constantemente la cantidad de información que circula por Internet o en medios digitales como CD-ROM, DVD y otros medios de grabación digital. Además, estas representaciones digitales del contenido son objetos cada vez más complejos, y no se suelen presentar de manera sencilla, en formato impreso o mediante visualización electrónica.

Algunos de estos objetos digitales pertenecen al ámbito multimedia (sonido, imagen y movimiento). Varios incorporan elementos programables como hojas de cálculo, documentos complejos, correos electrónicos con archivos adjuntos y objetos complejos integrados. Parte del contenido digital que se encuentra en Internet (en siste-

mas de red privados y otros medios digitales) solo se puede interpretar mediante un *software* de aplicación especializado. Algunos de los objetos son, de hecho, *software* en sí mismos. Pensemos, por ejemplo, en los programas Java descargados al navegar en Internet con un explorador. Estos retazos de *software* carecen de sentido si no se interpretan en el contexto adecuado y con el *software* correcto. Otros objetos son meramente texto hasta que los compiladores los procesan y se cargan en un ordenador para poder ser interpretados.

Las implicaciones de este universo digital cada vez más plural son muy amplias. De hecho, sin las plataformas de *software* y *hardware* adecuadas estos bits digitales son datos inútiles. He hecho referencia a la pérdida potencial de la interpretabilidad como «degradación del bit» y me preocupa que, conforme pasan las décadas, Internet y todos los demás medios digitales que contienen dichos datos se desintegren en un conjunto masivo de datos inútiles, imposibles de interpretar y sin ningún tipo de significado: un conjunto de bits degradados.

No se trata únicamente de un problema para los historiadores y arqueólogos del futuro lejano. Sufro pesadillas pensando que nuestros descendientes se preguntarán cómo fue la Tierra durante los siglos XX y XXI, y no serán capaces de saberlo porque habremos dejado un gran vertedero de bits degradados. En la actualidad, esto es ya un problema para muchos de los usuarios de la tecnología digital. ¿Ha intentado actualizar el sistema operativo de su ordenador o quizás comprar un ordenador nuevo y algunas de las fotografías digitales que podía ver con su antiguo *software* no se pueden mostrar por incompatibilidades con el *software* o por falta de compatibilidad con versiones anteriores? ¿Ha intentado visualizar una presentación realizada con una versión anterior del *soft-*

ware en una nueva y la versión antigua no se reconoce o se ha malinterpretado? ¿Puede imaginar lo que pasaría si en el año 3000 buscando en la «Internet» de entonces encontrase un archivo del siglo XXI, pero no pudiese visualizarlo porque el *software* con el que se creó ya no existe? Todos estos son los problemas reales que existen hoy en día y que serán más graves a medida que pase el tiempo.

Lo particularmente relevante es que estos objetos complejos conservan todo su valor únicamente cuando el *software* adecuado está disponible para facilitar su manipulación, edición, presentación y utilización. No podemos darnos el lujo de preservar estos objetos en copias impresas o grabaciones de audio o vídeo porque su interpretación integral requiere un tratamiento contextual mucho más elaborado utilizando una aplicación de *software* adecuada.

Estas preocupaciones no tienen en cuenta el problema obvio de que los formatos físicos del material están cayendo en desuso. Recordemos, por ejemplo, el uso de los «disquetes» de 8 ó $5^{1/4}$ pulgadas o sus sucesores de $3^{1/2}$ pulgadas: ¿existe actualmente algún equipo capaz de leer estos formatos? Si todavía existe alguno, es posible que se encuentre en un museo y que ya no funcione. Los CD-ROM de hoy dejarán paso a los DVD y los HD-DVD del mañana, y los datos grabados en formatos antiguos se convertirán en inaccesibles. Los medios físicos también podrían deteriorarse. ¿Quién sabe cuánto perdurarán los CD de policarbonato?

En este ensayo, apartaré el problema del deterioro físico, ya que, como el lector lógicamente podrá imaginar, es posible copiar bits de un medio digital más antiguo a otro. Esto es lo que actualmente sucede con las antiguas cintas de vídeo analógico, que se están pasando

a DVD y formatos digitales. Me gustaría centrarme aquí en el problema de los formatos de datos digitales y su interpretación a lo largo del tiempo, medido desde décadas hasta siglos.

El *software* evoluciona a merced del uso y las invenciones. A menudo, las nuevas funcionalidades requieren formatos nuevos y ampliados. Es posible que algunos cambios no sean compatibles con formatos anteriores, con lo que los archivos más antiguos quedan obsoletos y sin posibilidad de ser interpretados. Aunque este no sea el caso, parece predecible que algunos tipos de *software* caerán en desuso y no se conservarán. La empresa o las personas encargadas de actualizar dicho *software* dejarán de hacerlo por diversos motivos.

Las consecuencias de estas observaciones son tan obvias como sutiles. En primer lugar, parece importante que el *software* que deje de estar disponible en los comercios o que no se haya actualizado se almacene en una categoría que permita a los usuarios utilizarlo de alguna manera; quizás a través de los servicios en línea de *cloud computing* ('nubes computacionales') Además, estas aplicaciones podrían estar asociadas a ciertas versiones de los sistemas operativos para funcionar de manera adecuada. Así, se pueden trasladar las mismas preocupaciones relativas a las aplicaciones de *software* a los sistemas operativos. Podríamos ir aún más allá y argumentar que el *hardware* en el que están instalados el sistema operativo y la aplicación de *software* debe ser conservado o emulado para que su funcionalidad no se pierda en el futuro.

Estas cuestiones tienen vinculados problemas obvios de propiedad intelectual. ¿Estará disponible el código fuente cuando una versión concreta de la aplicación de *software* o del sistema operativo ya no se utilice? En caso

de que no sea así, ¿existe algún modo de hacer que el *software* esté disponible, por ejemplo, en Internet, para así conservar su funcionalidad? Aunque probablemente no existe ninguna panacea para garantizar que toda la información digital se puede conservar a través del tiempo, me parece importante que en la actualidad se lleven a cabo las acciones necesarias para desarrollar las técnicas y políticas de actuación globales que apoyen este objetivo.

Hasta ahora se ha dado demasiada importancia al formato de los datos digitales y su interpretabilidad a través del *software*. Quizás merezca la pena comentar otro aspecto de este reto relacionado con la semántica de la información. El significado de las palabras, símbolos y formatos digitales es esencial para su utilidad. Cualquiera que haya buscado material escrito de un pasado relativamente lejano con el objetivo de leerlo, habrá podido contemplar como evoluciona el lenguaje y cambia su significado. Incluso en la actualidad, se dan ambigüedades que solo se resuelven dentro del contexto adecuado. Por ejemplo, en inglés, el término *red* ('rojo') hace referencia a un color, pero en determinados contextos también puede hacer referencia a una inclinación política. Es razonable preguntarse si existe alguna forma de establecer una semántica digital global, que permita la interpretación del contenido digital a largo plazo, incluso con la evolución de la aplicación de *software*.

En el pasado, hubo intentos para crear representaciones duraderas de la sintaxis de la información digital. Un ejemplo de esto es la llamada notación de sintaxis abstracta (versión 1) o ASN.1.¹

1 <<http://asn1.elibel.tm.fr/>>.

Este criterio relativamente complejo tiene por finalidad permitir descripciones muy generales de objetos digitales complejos, de manera que en cierto modo dichas descripciones se definan a sí mismas. Sin cuestionar la utilidad general de estos métodos, es razonable señalar que, aunque transmiten información formateada con precisión, siguen existiendo problemas para interpretar el significado del contenido representado en dichos formatos. Un desafío técnico interesante sería el desarrollo de un complemento semántico para la representación de la sintaxis. Es prácticamente un hecho que se han realizado esfuerzos en el pasado o que se están realizando de cara al futuro.

Otro ejemplo de un intento de capturar la sintaxis y el significado es el lenguaje XML (lenguaje de marcas extensible),² basado en el HTML (lenguaje de etiquetas de hipertexto)³ de Internet y en el anterior SGML (lenguaje de marcación generalizado),⁴ del que se deriva a su vez el HTML. Otra variante de este tema es la invención de lenguajes de programación cuyos compiladores pueden programarse en el mismo lenguaje. Ejemplos de estos últimos son SmallTalk,⁵ SQUEAK,⁶ PYTHON⁷ y JAVA.⁸

Resulta tentador plantearse si estos lenguajes de programación de alto nivel podrían utilizarse, junto con los diferentes criterios de definición sintáctica, para capturar la semántica de estructuras sintácticas de modo que se conserven tanto la sintaxis como la semántica de los obje-

2 <<http://asn1.elibel.tm.fr/>>.

3 <<http://www.w3.org/TR/REC-html40/>>.

4 <<http://www.w3.org/TR/html401/intro/sgmltut.html>>.

5 <<http://www.smalltalk.org/main/>>.

6 <<http://www.squeak.org/>>.

7 <<http://www.python.org/>>.

8 <<http://java.sun.com/>>.

tos digitales. Parece probable que el trabajo en esta área de investigación esté en marcha y me gustaría invitar a los interesados en el problema a realizar una exploración más profunda en estos ámbitos que incluyen la informática, el diseño de bibliotecas digitales y los lenguajes informáticos.

Existen carencias adicionales en el mundo actual de los objetos digitales, y una de las que requiere una solución más urgente es el modo en que hacemos referencia a la información en línea.

Tal y como se puede constatar en las notas a pie de página del presente ensayo, las referencias a información procedente de Internet se realizan a menudo con las llamadas URL.⁹ De hecho, en el lenguaje de Internet, los términos URL (localizador uniforme de recursos), URI (identificador uniforme de recursos) y URN (registro de nombres uniforme), tienen por objeto transmitir las diversas maneras con las que identificar los objetos digitales encontrados en Internet.

Generalmente se da el caso de que todas las referencias dependen de algún tipo de «búsqueda» por convertir la referencia en un lugar definitivo dentro de Internet, una ubicación en la que buscar el objeto de referencia. Muchos de estos objetos dependen del sistema de nombres de dominio (DNS),¹⁰ que convierte nombres de dominios, como por ejemplo <www.google.com>, en direcciones de Internet específicas y numéricas, como 209.85.173.103. Debería ser obvio que esta función de mapeado del nombre a la dirección tiene el riesgo potencial de que el material citado mediante el nombre de

9 <<http://www.w3.org/Addressing/>>.

10 <<http://www.dns.net/dnsrd/>>.

dominio pueda ser inaccesible si el ordenador de destino no conserva los datos, o si el nombre de dominio deja de estar registrado, o bien vuelve a proponerse en el futuro. Por lo tanto, estas referencias son en cierto sentido efímeras y no satisfacen el deseo de longevidad de la referencia con la que contarán en el futuro los bibliotecarios digitales, historiadores y otros.

Para ser justos, debo reconocer que el concepto de URN (Uniform Resource Name) tenía como objetivo proporcionar una referencia fija en lo que se refiere al sistema de nombres de dominio. No obstante, este concepto está basado en la idea de que en el futuro existirá algo capaz de convertir la ruta del URN en una dirección de Internet significativa (o el equivalente).

Un intento de esto es el denominado Handle System¹¹ desarrollado por la Corporation for National Research Initiatives (Corporación Nacional de Iniciativas de Investigación, de EE.UU.). En este sistema, los identificadores numéricos generalizados se convierten en referencias para un sistema de servidores distribuidos y duplicados mediante un sistema de directorios distribuido y duplicado. Los objetos digitales registrados y contenidos en el Handle System contienen metadatos considerables asociados con ellos, tales como información relativa a la fuente del objeto, los términos y condiciones para acceder a él, información para formatearlo y otros datos imprescindibles para su uso. El sistema sirve para múltiples propósitos. Se puede utilizar como mecanismo para el seguimiento de los derechos de propiedad intelectual, términos y condiciones; o también para localizar objetos de manera perpetua (por lo menos, durante el tiempo en que el Handle System se mantenga actualizado y funcione). En parte, la

11 <<http://www.handle.net/>>.

motivación para el diseño e invención del sistema fue proporcionar identificadores de objetos que perdurasen durante largos períodos de tiempo y que no estuviesen sujetos a la anulación por cambios en los nombres de dominio y en la conversión de las direcciones de Internet.

En el diseño de Handly System está implícito el interesante problema de establecer metadatos duraderos e interpretables acerca del objeto digital y sus características. El problema de diseñar una sintaxis y semántica extensibles para estos metadatos es otro ejemplo que ilustra el problema de un significado que persista a lo largo del tiempo. Cuanto más se adentra uno en el problema, más grande parece hacerse. Por ejemplo, las referencias a los propietarios de objetos digitales o a los titulares de derechos sobre ellos requieren plantearse cómo expresar estas referencias en términos de duración a largo plazo. ¿Cómo podemos seguir al titular de derechos durante varias décadas? ¿Cómo podemos hacer referencia a las fuentes de estos objetos a través de los siglos? Estos y otros interrogantes forman un tapiz de preguntas de investigación difíciles, importantes y de utilidad.

Plantearse tales preguntas dentro de un contexto internacional que incluya todos los idiomas del mundo provoca que a esto se sume la pregunta de las representaciones del lenguaje en formato digital. El Unicode (unicódigo),¹² la tabla para los idiomas del mundo, constituye un gran logro. Su codificación de caracteres permite formar un marco común para la representación de la información en todos los idiomas del mundo. Los lenguajes HTML y XML, que mencionábamos anteriormente, utilizan esta importante tabla en constante evolución.

12 <<http://unicode.org/>>.

Al igual que los alfabetos, el propio lenguaje cambia y evoluciona a través de los siglos. Si contemplamos este problema desde la perspectiva de hace mil años o más, nos encontraremos ante una imagen seria de la magnitud del problema que suponen las referencias establecidas en el mundo digital.

Uno se siente tentado a sugerir que estas preguntas son parte de una noción mayor de ecología de la información en la que las instituciones, la tecnología, la sociedad y la economía global desempeñan papeles esenciales y dinámicos. El hecho de que todas estas piezas móviles requieran ser coordinadas mediante principios de organización subyacentes constituye uno de los mayores desafíos de Internet y su utilidad global. Existe un gran espacio para la experimentación, la investigación de los especialistas y la colaboración organizativa.

Espero que estos breves apuntes despierten el interés en las mentes de los investigadores en busca de temas serios para artículos o disertaciones y de quienes se dedican a garantizar la longevidad del universo en línea. El éxito en este trabajo beneficiará a las próximas generaciones y ofrecerá a nuestros descendientes la oportunidad de apreciar, e incluso experimentar, el mundo digital de este siglo. Es nuestro modo de comunicarnos con la población del futuro y transmitirle nuestras esperanzas, miedos, creencias, éxitos y errores. Aunque no podamos saber más sobre el futuro, tenemos en nuestra mano ofrecer al futuro una oportunidad para observar en profundidad el pasado digital con una claridad que espero sea apreciada y que quizás también sea fundamental para la comprensión de su propio mundo digital. Un futuro que nosotros tan solo podemos imaginar de forma confusa.

Vinton G. CERF

ALOCUCIÓN
DEL PROFESOR DR. VINTON G. CERF

Rector Magnífico
Academic Authorities
Distinguished Doctors
Ladies and gentlemen

There can be little doubt that as the 21st century unfolds, an ever-increasing amount of information is flowing into the Internet's World Wide Web or into digital media such as CD-ROMs, DVDs and other digital recording media. Moreover, these digital representations of content are increasingly complex objects, not necessarily easily rendered in simple ways by printing or even electronic display.

Some of these digital objects are multi-media in scope (sound, imagery, motion). Some of them incorporate programmable elements such as spreadsheets, complex documents, electronic mail containing attachments and embedded complex objects. Some of the digital content that is found on the Internet (or in private networking

systems and other digital media) are interpretable only by special purpose application software. Some of the objects are in fact software in and of themselves. Think of Java programs downloaded in the course of surfing the Internet with a browser. These software snippets are meaningless unless interpreted in the proper context and with the proper software. Other objects are just text until they have been processed by compilers and loaded into a computer for interpretation.

The implications of this increasingly diverse digital universe of content are profound. In the absence of appropriate software and hardware platforms, these digital bits are in fact useless data. I have taken to referring to the potential loss of interpretability as “bit rot” and I worry that as the decades unfold, the Internet and all other digital media that hold such data will slowly disintegrate into a massive pile of useless, uninterpretable, meaningless data: a pile of rotten bits.

This is not just a problem for the historians and archeologists of the far future although I do harbor nightmares that our descendants will wonder what on earth the 20th and 21st centuries were about and will be unable to find out because we have left behind a massive midden of bit rot. This is already a current problem for many users of digital technology. Have you ever upgraded your computer operating system or perhaps bought a new computer only to discover that some of the digital photographs you could view with older software suddenly are impossible to display because of software incompatibilities or lack of backwards compatibility? Have you ever tried to display a presentation produced with an earlier version of software using the latest version, only to discover that the older version is not recognized or is misinterpreted? Can you imagine what might

happen if, in the year 3000 you were searching the then “Internet” and found a data file from the 21st century but had no way to display it because the software that produced it was long lost? These are all real problems today and will grow increasingly serious as time continues its inexorable march into the future.

What is of particular concern is that these complex objects yield their full value only when the appropriate software is available to permit their manipulation, editing, presentation and use. We no longer have the luxury of preserving these objects by printing or audio or video recordings because the full extent of their interpretation requires much more elaborate contextual treatment using the appropriate application software.

These concerns do not even take into account the more obvious problem of physical formats of material falling into disuse. If you can recall the use of 8” or 5 1/4” “floppy disks” or the 3 1/2” successors, you might wonder whether there is any equipment currently available that can read these formats. If there is any left, it may well be in a museum and non-operational. The CD-ROMs of today will give way to the DVDs and HD-DVDs of tomorrow and data recorded on the older formats will become inaccessible. The physical media themselves may deteriorate as well. Who knows how long a polycarbonate CD will actually last?

In this essay, I will set aside the problem of physical deterioration on the grounds that one can reasonably imagine copying bits from an older digital medium to another. We see this today as movies are re-copied from film to digital DVDs or digital tape, for example. I want to concentrate on the problem of digital data formats and their interpretation over long periods of time, measured in decades to centuries.

Software evolves as use and invention dictate. New functionality often demands new and expanded formats. Some changes may not be backward compatible, rendering earlier data files uninterpretable. Even when this is not the case, it seems predictable that some software will fall into disuse and will no longer be maintained. The company or persons supporting the software may cease doing so for any of a variety of reasons.

The implications of these observations are both obvious and subtle. First, it seems important that software that ceases to be commercially available or supported ought to be placed into a category that permits users access to it in some fashion, perhaps through online “cloud computing” services. Moreover, these applications may require certain versions of operating systems to operate properly so the same concerns about application software may apply to operating systems. One could even go so far as to argue that the hardware on which the operating system and application software runs needs to be preserved or emulated so that their functionality is not lost in the future.

There are obvious intellectual property issues associated with these questions. Will the source code be made available when a particular version of application or operating software is no longer supported? If not, is there a way to make the software accessible on the Internet, for example, so that their functionality is preserved? While there is likely no panacea to assure that all digital information can be preserved over time, it strikes me as important to take steps now to develop techniques and global policy regimes that support this goal.

Much has been made, thus far, of the format of digital data and its interpretability by software. Perhaps it is worth turning to another aspect of this challenge having to do with the semantics of information. The meaning of

words, symbols and digital formats are central to their utility. Anyone who has sought to read written material from the relatively distant past can appreciate how language evolves and its meanings change. Even in contemporary terms, there is ambiguity that can only be resolved with proper context. In English, the term “red” can mean a color or in some contexts a political persuasion, for example. It is reasonable to ask whether there is any way to establish a general digital semantics that would allow long-term interpretation of digital content even with the evolution of the application software that interprets it.

There have been attempts in the past to create long-lasting representations of the syntax of digital information. One example of this is the so-called Abstract Syntax Notation (Version 1) or ASN.1¹.

This relatively complex standard is intended to allow very general descriptions of complex digital objects so that these descriptions are in some sense self-defining. Without debating the general utility of these methods, it is fair to observe that even when they convey formatting information accurately, there remains the problem of interpreting the meaning of content represented in these formats. A semantic complement to the syntax representation would be an interesting technical challenge. It is almost certain that some efforts have been made in the past or are being made in the future.

Another example of an attempt to capture syntax and meaning is found in the Extensible Markup Language (XML)² that has as its roots both the Hypertext Markup

1 <<http://asn1.elibel.tm.fr/>>.

2 <<http://asn1.elibel.tm.fr/>>.

Language (HTML)³ of the World Wide Web and the earlier Standardized Generalized Markup Language (SGML)⁴ from which HTML is derived. Another variation on this theme is the invention of programming languages whose compilers can be programmed in the same language. SmallTalk⁵ is one example; SQUEAK⁶, PYTHON⁷ and JAVA⁸ are others.

It is tempting to speculate whether these high level programming languages could be used in conjunction with various syntax defining standards to capture the semantics of syntactic structures in ways that would preserve both the syntax and semantics of digital objects. It seems likely that work is on-going in this area of research and I would urge those interested in the problem to carry out further exploration in the worlds comprising computer science, digital library design, and computer languages.

There are additional deficiencies in our present world of digital objects and one of the most pressing to remedy is the way in which we make reference to online information. As should be obvious from the footnotes to this paper, references to WWW-based information is frequently by use of so-called Uniform Record Locators (URLs)⁹. In fact, in the language of the World Wide Web, the terms “Uniform Record Locator,” “Uniform Record Identifier (URI),” and “Uniform Record Name (URN)”

3 <<http://www.w3.org/TR/REC-html40/>>.

4 <<http://www.w3.org/TR/html401/intro/sgmltut.html>>.

5 <<http://www.smalltalk.org/main/>>.

6 <<http://www.squeak.org/>>.

7 <<http://www.python.org/>>.

8 <<http://java.sun.com/>>.

9 <<http://www.w3.org/Addressing/>>.

are all intended to convey different ways to identifying digital objects found on the Internet.

It is generally the case that all such references depend on some kind of “lookup” to translate the reference into a definite place on the Internet at which to look for the referenced object. Many of these objects depend on the Domain Name System (DNS)¹⁰ that translates Domain Names such as <www.google.com> into specific, numerical Internet Addresses such as 209.85.173.103. It should be obvious that this mapping function from name to address has the potential hazard that material referenced by domain name may become inaccessible if the computer at the target destination no longer holds the data or if the domain name becomes unregistered or is re-purposed in the future. These references are therefore in some sense ephemeral and do not satisfy the desire for longevity of reference that digital librarians, historians and others will rely upon in the future.

To be fair, the concept of Uniform Resource Name is intended to provide a reference that is unchanging with regard to the Domain Name System. However, this concept relies on the idea that something will be able to map the URN into a meaningful Internet address (or the equivalent) far into the future.

One attempt at this is called the Handle System¹¹ developed by the Corporation for National Research Initiatives. In this system, generalized numeric identifiers are mapped through a distributed, replicated directory system into references to a replicated, distributed system of servers. The digital objects registered and contained in

10 <<http://www.dns.net/dnsrd/>>.

11 <<http://www.handle.net/>>.

the Handle System have substantial meta-data associated with them including information as to the source of the object, terms and conditions for access to it, formatting information and other critical data needed to use the object. The system serves multiple purposes. It can be used as a mechanism for tracking intellectual property rights, terms and conditions; it can be used to find objects in perpetuity (at least as long as the Handle System itself is maintained and operated). In part, the motivation for the design and invention of the system was to provide object identifiers that are persistent over long periods of time and not subject to invalidation by changes in domain names and their mappings to Internet addresses.

Implicit in the Handle System design is the interesting problem of establishing long-lived and interpretable meta-data about the digital object and its characteristics. The problem of designing an extensible syntax and semantics for this meta-data is another instance of the problem of persistent meaning. The deeper one penetrates into the problem, the larger it seems to grow. For example, references to the owners of digital objects or holder of rights in them begs the question how to express these references in long-lived terms. How can we track the holder of rights over periods of decades? How can we reference the sources of these objects over centuries? These and other questions form a tapestry of difficult, important and useful research questions.

Placing these questions into an international context that includes all the languages of the world adds the question of language representations in digital form. The Unicode¹² table of scripts for the world's languages is itself a major undertaking. Its coding of characters can

12 <<http://unicode.org/>>.

form a common framework for the representation of information in all the world's languages. The HTML and XML mentioned above make use of this important and evolving table. Language itself changes and evolves as do alphabets over centuries. Looking at this problem from the perspective of a thousand years or more produces a sobering view of the magnitude of the problem of stable referencing in the digital world.

One is tempted to suggest that these questions are part of a larger notion of information ecology in which institutions, technology, society and the global economy play important and dynamic roles. That all of these moving parts need to be coordinated through some underlying organizing principles represents one of the major challenges of the Internet and its global utility. There is ample room for a great deal of experimentation, scholarly research and organizational collaboration.

I hope that these brief remarks will trigger interest in the minds of scholars in search of serious dissertation topics or those dedicating themselves to the longevity of the online universe. Success in this work will benefit generations to come and offer to our descendants the opportunity to appreciate and even experience the digital world of this century. It is our way to communicate with the populations of the future and to convey to them our hopes, fears, beliefs, successes and mistakes. While we cannot ourselves peer deeply into the future, we can at least offer the future an opportunity to see deeply into their digital past with a clarity that I hope will be appreciated and perhaps also essential to their understanding of their own digital world that we can only dimly imagine.

Vinton G. CERF