

I megawatt dietro i tuoi megabyte: dal data center al desktop¹

David Costenaro e Anthony Duer, EnerNOC Utility Solutions

SOMMARIO

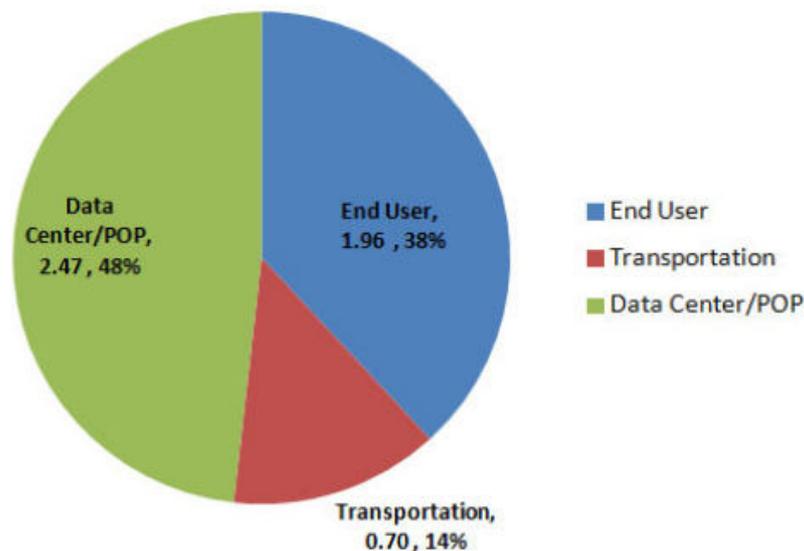
Le aziende e gli individui stanno migrando a frotte verso software basati su cloud, allocandovi storage per esportare dati, funzioni di calcolo e servizi di streaming media; chiedendo a gran voce di liberarsi delle responsabilità di possedere e dover mantenere le apparecchiature e le infrastrutture IT. Ma i problemi energetici dovrebbero spingerci ad essere più consapevoli di questo mondo, di ciò che accade dietro i nostri schermi piatti quando navighiamo in 23 siti web in un browser a schede o ascoltiamo in streaming un'intera stagione di "I Soprano" in sottofondo mentre cuciniamo (senza prestare molta attenzione alle immagini)?

La ricerca sull'uso dell'energia computazionale è avvenuta in molti cluster separati, dai dispositivi finali ai data center ai server, ma cosa succede a livello di sistema? Che succede tra le sale server e i nostri schermi? C'è stata un'attenzione sproporzionata alla "efficienza-dati" dell'offerta: non dovrebbero essere applicate tecniche di gestione della domanda per promuovere "efficienza nell'uso dei dati"?

Questo documento è una riflessione sui come e perché dell'uso end-to-end dell'energia IT. Lo farà ponendosi domande come: che tipo di attrezzatura viene utilizzata per scaricare un MB dal data center al proprio desktop? La navigazione a più schede è l'equivalente IT di lasciare aperta la porta del frigorifero? Come quanta energia consuma? Quanto costa; e chi la paga?

La nostra scoperta principale è che Internet utilizza una media di circa 5 kWh per supportare il utilizzo di ogni GB di dati, che equivale a circa \$ 0,51² di costi energetici. Solo il 38% di tali costi sono a carico dell'utente finale, mentre i costi rimanenti sono distribuiti in modo sottile nel mondo Internet attraverso il quale viaggiano i dati; su switch, router, ripetitori di segnale, server e data center (vedere la figura 1 di seguito). Questo crea una "tragedia sociale dei beni comuni", dove si comprende che gli utenti sono poco incentivati a considerare il restante 62% dei costi e delle risorse associate.

Figura 1. Analisi energetica di Internet (kWh per GB)



¹ Titolo originale **The Megawatts behind Your Megabytes: Going from Data-Center to desktop** <https://www.aceee.org/files/proceedings/2012/data/papers/0193-000409.pdf> in ©2012 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings cap 13 pagg 65-76

² [ndr] Per semplificare la lettura si assuma la parità tra Euro e dollaro statunitense: 1 dollaro = 1 euro

Introduzione

Vorremmo iniziare descrivendo un settore vitale per il paese. Il Dipartimento degli Stati Uniti di Homeland Security [ndr: Ministero dell'Interno] lo ha inserito tra le infrastrutture critiche con una moltitudine di parti interessate a livello nazionale, regionale e statale a monitorare e regolare attentamente il suo funzionamento. È un settore che ha una storia di crescita dinamica e in continua trasformazione, guidata da entusiasti progressi tecnologici e la crescente domanda dei consumatori. In effetti, i consumatori hanno cominciato ad aspettarsi i servizi offerti da questo settore come quasi un diritto. In breve dovrebbe essere onnipresente, affidabile... ed economico.

Tali aspettative di pervasività e accessibilità hanno ribaltato una migrazione del settore verso società più grandi, strutture di capitale più ampie e investimenti più grandi in aziende più centralizzate e sofisticati centri di produzione trainata dalla economia di scala. Questa attenzione all'alta efficienza di elaborazione centralizzata hanno prodotto notevoli guadagni, ma il ritmo di miglioramento sta rallentando man mano che i risultati immediati si esauriscono e si avvicinano i limiti teorici o economici.

Ora questo settore è sull'apice di una nuova rivoluzione; cosa farà per soddisfare la crescita la domanda dei consumatori man mano che le risorse scarseggiano e i percorsi futuri si popolano di vincoli ed ostacoli. La capacità di punta e i problemi di congestione abbondano. I difficili problemi dell'"ultimo miglio" si insinuano; dove le grandi arterie di distribuzione devono scendere nell'infrastruttura obsoleta e affollata di piccoli locali reti capillari. Alcuni fornitori sperano di abbandonare il modello di produzione centrale, sacrificando economie di scala da collocare più vicino ai consumatori. Un'aria di incertezza si affaccia man mano che sia le startup che i colossi affermati cercano di forgiare il futuro del settore...

Quale settore stiamo descrivendo?

Somiglianze tra i settori dell'energia e della tecnologia dell'informazione

La verità è che i paragrafi precedenti avrebbero potuto essere scritti sia sull'Energia che... Industria delle tecnologie dell'informazione (IT). Queste due industrie hanno un numero sorprendente di parallelismi, e si farebbe bene ad imparare gli uni dagli altri. In effetti, le due industrie sono fortemente dipendenti da i servizi l'una dell'altra; e devono andare oltre il semplice osservarsi l'un l'altro dall'altra da fuori. Avranno sempre più bisogno di integrare e mescolare i loro servizi e strategie per comprendere e abbracciare la loro interdipendenza unica. Le società Internet dovranno sviluppare personale come manager dell'energia, zar dell'energia e direttori della sostenibilità. Le utenze dovranno smettere di considerare i reparti IT come centri di costo e accoglierli, insieme a smart grid e esperti di rete, nella sala consiglio³ dove si prendono decisioni e pianificazioni reali. La Figura 1 di seguito viene mostrata la forma parallela e la relativa pervasività dei settori IT ed energetico.

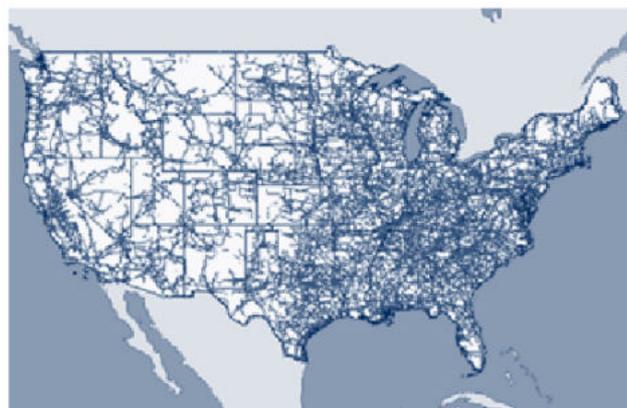
³ Il gruppo di dirigenti in un'organizzazione con la parola "direttore" [ndr: chief] nei loro titoli; ad es. amministratore delegato [ndr: chief executive officer, CEO], direttore finanziario [ndr: chief financial officer, CFO] o direttore generale [ndr: chief operations officer, COO].

Figura 2. Somiglianze: topologiche fra Internet e infrastruttura della rete elettrica negli USA

Topologia della rete internet statunitense



Topologia della rete elettrica USA



Il ruolo della gestione della domanda

Il particolare parallelismo tra questi due settori che vorremmo esplorare in questa carta è quella di Gestione della Domanda (Demand Side Management, DSM). Come accennato in precedenza, l'industria dominante l'obiettivo fino ad oggi è stato quello di portare sempre più produzione fuori dagli impianti centralizzati – centrali per la generazione di energia nel caso delle reti elettriche e data center nel caso delle reti informatiche.

Nel passato, il comportamento del consumatore è stato trattato come un dato di fatto e si sono progettati gli impianti attorno ad esso. Solo negli ultimi decenni il mondo dell'energia si è spostato da questa prospettiva. C'è ora una maggiore attenzione all'efficienza end-to-end; per la trasmissione, la distribuzione e - forse più importante - il consumatore finale. Questo è guidato dall'aumento dei prezzi dell'energia, limitazioni delle capacità di picco, problemi dell'ultimo miglio e legislazione in materia di emissioni, generazione rinnovabile e efficienza energetica. Questa recente attenzione sul lato della domanda di questo settore, in contrasto con il lato dell'offerta, sta cambiando radicalmente il modo in cui i consumatori vedono, usano e pensano all'energia.

Riteniamo che l'industria dell'Information Technology non sia molto indietro rispetto a questo paradigma della Gestione della Domanda. La ricerca informatica sta avanzando rapidamente, mantenendo bassi i costi della tecnologia e accesso alla larghezza di banda almeno accettabile, sebbene gli Stati Uniti siano in ritardo rispetto ad altri paesi sviluppati in questa zona (FCC 2010). Molte persone hanno familiarità con la legge di Moore, che afferma che la velocità computazionale sta aumentando a un ritmo esponenziale (Wikipedia 2012). C'è anche un corollario a questa relazione nota come legge di Koomey, che afferma che l'efficienza energetica computazionale sta anche crescendo a un ritmo esponenziale (Koomey 2009). Ma possiamo veramente fare questo come vogliamo? Usare Internet senza riguardo? È vero che per unità la potenza di calcolo e le efficienze energetiche unitarie stanno migliorando, ma è anche vero che il consumo energetico assoluto dei computer e di Internet è aumentato drasticamente e si prevede che continueranno a crescere nella maggior parte degli scenari futuri (EPA 2007).

Le richieste di distribuzione e throughput stanno aumentando in modo esponenziale, creando problemi simili alle questioni che stanno sfidando il settore energetico. Molto dibattito e pianificazione è in corso in tutto il paese su come Internet dovrebbe o non dovrebbe essere regolamentato e come i clienti dovrebbero interagire con esso. Gli autori hanno notato una mancanza di informazioni e corrispondente mancanza di urgenza sul lato della domanda del settore IT, e spero che questo articolo possa aiutare in modo semplice ma critico ad informare le parti interessate. Inoltre, speriamo che questo documento acceleri discussioni sui modi in cui i

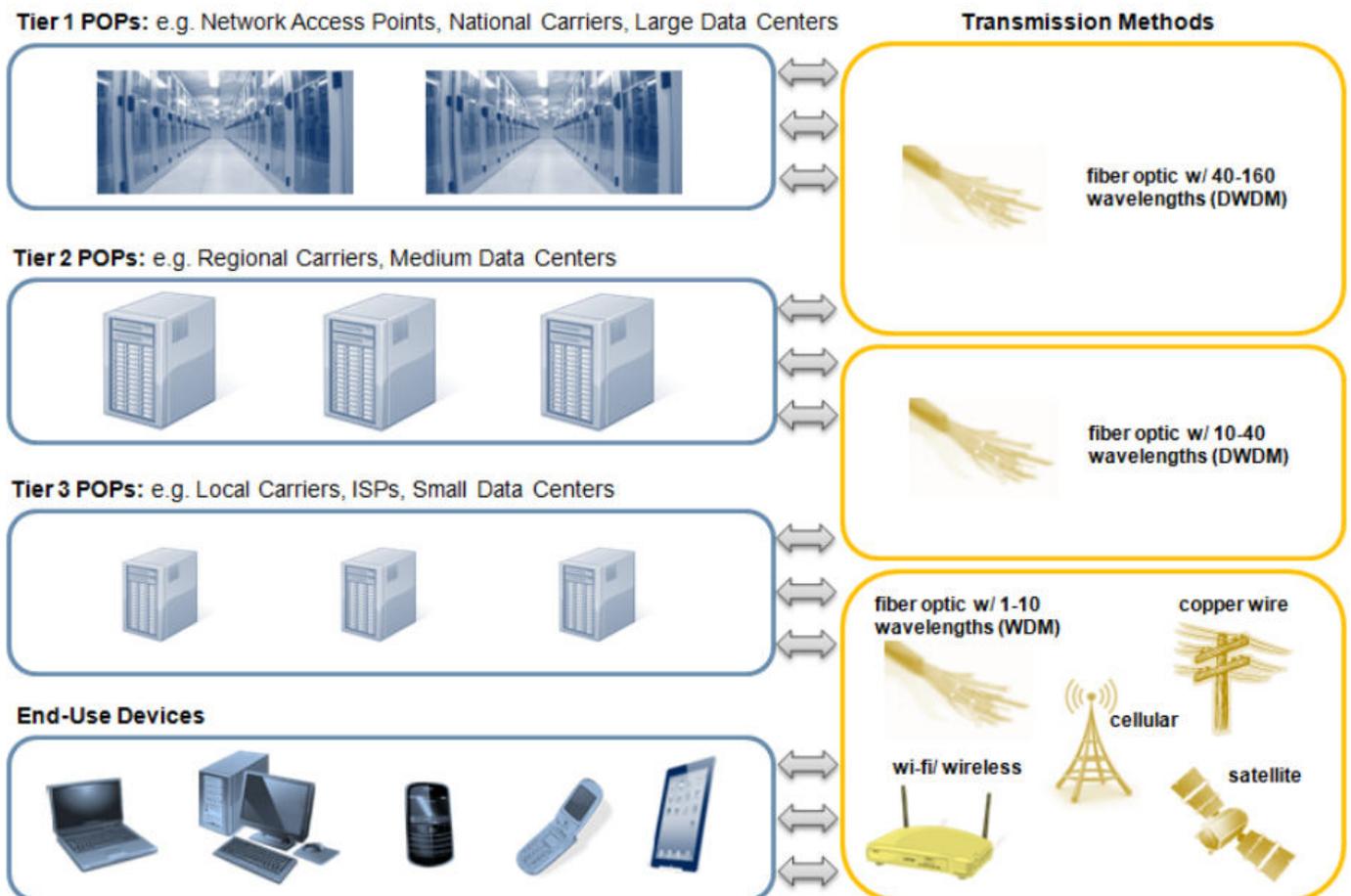
consumatori possono (consapevolmente o inconsapevolmente) andare oltre i loro schermi e touchpad per essere partecipanti attivi nell'efficienza dell'uso dei dati e soluzioni di sistema complete.

Infrastruttura Internet

Per comprendere gli impatti energetici dell'uso dei dati, dobbiamo prima comprendere gli impianti sottostanti. Internet è un sistema globale di reti di computer interconnesse che utilizza un insieme molto specifico di protocolli per organizzarsi. È una rete di reti che consiste di milioni di reti private, pubbliche, accademiche, aziendali e governative collegate da una vasta gamma di tecnologie di rete elettroniche, wireless e ottiche (Wikipedia 2012). La comunicazione è abilitata tra uno qualsiasi di questi nodi mediante l'invio di dati standardizzati "pacchetti". Il dispositivo di invio suddivide i dati in pacchetti e li fa rimbalzare indipendentemente da un nodo all'altro lungo un percorso ottimizzato dinamicamente di nodi portanti. Ogni pacchetto può prendere un percorso diverso e arrivare in un ordine diverso, ma vengono riassemblati correttamente al nodo ricevente secondo le specifiche del protocollo, dando così a Internet la sua incredibile robustezza.

L'infrastruttura è generalmente impostata come mostrato nella Figura 3 qui sotto, con tre livelli di punti di presenza (POP) successivamente più avanzati tra i quali trasmettere i pacchetti dispositivi per l'uso finale.

Figura 3. L'infrastruttura di Internet



Un'attività di trasmissione ad esempio potrebbe iniziare su un computer desktop quando un utente finale richiede di scaricare una canzone. Quella richiesta viene convertita in pacchetti che vengono inviati al suo router wireless e quindi tramite una linea in fibra ottica a un provider di servizi Internet locale (ISP), che è un POP di livello 3. I pacchetti sanno dove andare perché prima consultano un nome di dominio server (DNS), che è come una gigantesca rubrica telefonica per trovare dove è memorizzato il file del brano richiesto Internet. Una volta che l'ISP elabora il pacchetto, lo invia, fino a un POP di livello 2 tramite a cavo in fibra ottica con larghezza di banda maggiore. A questo livello di larghezza di banda e oltre, impianti speciali di routing⁴ vengono utilizzati per sovrapporre più segnali uno sopra l'altro sulle stesse fibre ottiche. Questo è chiamato multiplexing a divisione di lunghezza d'onda (WDM) e può sovrapporre più di cento distinti segnali nella stessa fibra (tanti *colori* diversi), tutti filtrati elettronicamente e decifrati dal sistema di routing. Il pacchetto con la richiesta potrebbe quindi essere passato a un POP di livello 1 e trasferito in tutto il paese prima di tornare a un POP di livello inferiore per trovare il data center dove la canzone è memorizzata.

Tutti gli invii e i ricevimenti ai nodi del vettore sono mediati da router, switch o hub; ognuno con l'elettronica dei propri processori, i suoi carichi energetici come raffreddamento, gestione dell'alimentazione e illuminazione⁵. Inoltre, quando la fibra ottica, il filo di rame o i collegamenti di comunicazione senza fili devono coprire lunghe distanze, il segnale si degrada e deve essere rigenerato periodicamente da ripetitori, ognuno dei quali aggiunge all'impronta energetica delle altre attività. Una volta che il segnale arriva finalmente alla sorgente dati, inizia il download, inviando la canzone in i pacchetti al richiedente originale tramite lo stesso processo inverso.

Analisi dell'impronta energetica

Come abbiamo visto, l'energia viene utilizzata da molte apparecchiature diverse, in molti modi, in diversi luoghi per consentire una comunicazione Internet, ma ogni POP e utente finale ha solo una piccola competenza del consumo energetico end-to-end dell'intero processo. Ci sono così tante attività di rete in esecuzione contemporaneamente che è difficile sezionare e indagare su qualsiasi download, trasmissione, e-mail, ecc. Cerchiamo di esplorare queste relazioni energetiche utilizzando sia un top-down che a approccio di analisi bottom-up che si riunisce nel mezzo per calibrare e verificare la ragionevolezza. Ciò significa innanzitutto definire l'utilizzo totale di energia e dati da Internet (top-down) e in secondo luogo, suddividendolo in quote rappresentative tra le apparecchiature partecipanti (bottom-up). La quantità di energia e dati associati a un'attività su Internet è quindi determinata da l'attrezzatura che utilizza in ogni POP che serve per tutto il tempo necessario per l'attività. Le tracce di rete possono essere utilizzate per determinare il percorso, il numero di POP e la durata di qualsiasi attività su Internet⁶.

Abbiamo iniziato i nostri calcoli del consumo energetico di Internet a livello totale (Raghavan 2011). La stima di Raghavan ha mostrato che la potenza consumata da Internet si aggira tra gli 84 e i 143 GW. Abbiamo quindi affinato questa stima suddividendo le attrezzature e le attività nei livelli descritti sopra. Ciò includeva una stima della potenza generale specifica per ogni livello, nonché l'aggiunta di ripetitori di segnale come elemento di "trasporto". Queste modifiche hanno prodotto il nostro aggiornamento alla stima del consumo energetico di Internet nella Tabella 1 e nella Figura 4

⁴ Lo stato dell'arte per tali apparecchiature oggi è il multiplexer ottico add-drop riconfigurabile, o ROADM (Wikipedia 2012).

⁵ Efficienza dell'Uso della Potenza di un Data Center (Power Usage Effectiveness, PUE) è un'importante metrica del settore che è definita come il rapporto tra consumo energetico totale del data center diviso per il consumo energetico delle apparecchiature IT. Il PUE medio per i data center statunitensi sono 1,91 (EPA 2009) mentre i progetti all'avanguardia per i grandi fornitori di servizi cloud raggiungono il potere livelli di efficacia d'uso da 1,1 a 1,2. (Microsoft 2009).

⁶ Per un elenco dei servizi di traceroute, vedere: <http://www.traceroute.org>. Per un esempio di servizio di route di traccia, vedere: <http://www.net.princeton.edu/traceroute.html>.

di seguito. La potenza minima la stima è di 103 GW e la stima massima è di 180 GW, con una media semplice di 141 GW.

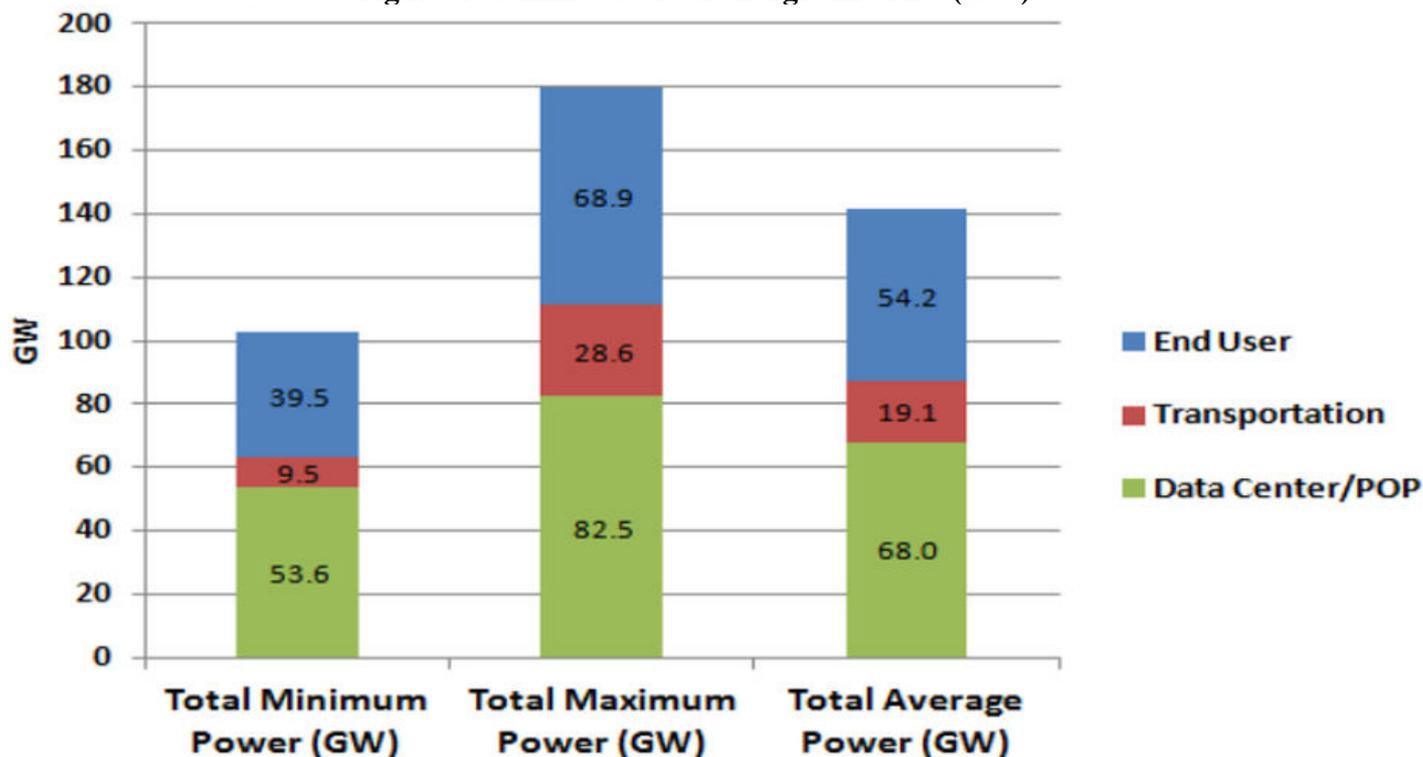
Tabella 1. Apparecchiature Internet e Utilizzazione dell'Energia

Category	Equipment	Count	Wall- Socket Power (W)	Wall- Socket Duty Cycle	Portion of Use Dedicated to Internet Activities		Total Min Power (GW)	Total Max Power (GW)	Total Average Power (GW)
					Min Weighting	Max Weighting			
End Use Device	Desktops	750,000,000	150	50%	0.50	0.95	28.1	53.4	40.8
End Use Device	Laptops	750,000,000	40	50%	0.75	1.00	11.3	15.0	13.1
End Use Device	Smartphones	1,000,000,000	1	50%	0.25	0.90	0.1	0.5	0.3
Trans3	Wi-Fi/LAN	100,000,000	20	100%	0.75	1.00	1.5	2.0	1.8
Trans3	Cell Towers	5,000,000	3,000	100%	0.10	0.50	1.5	7.5	4.5
Trans3	Telecom Switches	75,000	75,000	100%	0.00	0.25	0.0	1.4	0.7
Trans3	km of Fiber Optics	500,000,000					-	-	-
Trans3	Optical repeaters (per 75km fiber)	6,666,667	400	100%	0.50	0.90	1.3	2.4	1.9
Trans3	km of Copper	3,500,000,000					-	-	-
Trans3	Signal repeaters (per 75km copper)	46,666,667	400	100%	0.10	0.50	1.9	9.3	5.6
POP Tier 3	Servers	40,000,000	300	100%	0.50	0.95	6.0	11.4	8.7
POP Tier 3	Routers	400,000	5,000	100%	0.90	1.00	1.8	2.0	1.9
POP Tier 3	Cloud	20,000,000	300	100%	0.80	1.00	4.8	6.0	5.4
POP Tier 3	Overhead power	100% (PUE=2.0)					12.6	19.4	16.0
Trans2	km of Fiber Optics	500,000,000					-	-	-
Trans2	Optical repeaters (per 75km fiber)	6,666,667	600	100%	0.50	0.90	2.0	3.6	2.8
POP Tier 2	Servers	30,000,000	300	100%	0.50	0.95	4.5	8.6	6.5
POP Tier 2	Routers	300,000	5,000	100%	0.90	1.00	1.4	1.5	1.4
POP Tier 2	Cloud	15,000,000	300	100%	0.80	1.00	3.6	4.5	4.1
POP Tier 2	Overhead power	75% (PUE=1.75)					7.1	10.9	9.0
Trans1	km of Fiber Optics	500,000,000					-	-	-
Trans1	Optical repeaters (per 150km fiber)	3,333,333	800	100%	0.50	0.90	1.3	2.4	1.9
POP Tier 1	Servers	30,000,000	300	100%	0.50	0.95	4.5	8.6	6.5
POP Tier 1	Routers	300,000	5,000	100%	0.90	1.00	1.4	1.5	1.4
POP Tier 1	Cloud	15,000,000	300	100%	0.80	1.00	3.6	4.5	4.1
POP Tier 1	Overhead power	25% (PUE=1.25)					2.4	3.6	3.0
GRAND TOTAL							103	180	141

Tabella 1 Note:

- L'alimentazione della commutazione delle telecomunicazioni include il 50% del carico per il raffreddamento (Raghavan 2011).
- La stima dei ripetitori di segnale include: spaziatura lineare (Wikipedia 2012) e Consumo energetico (Fujitsu 2012).
- Stime generali di potenza/PUE: Tier 1 (Microsoft 2009); Livelli 2 e 3 (EPA 2009).
- Si prega di notare che le specifiche delle apparecchiature effettive corrono lungo uno spettro ampio e diversificato, ma usiamo valori medi e rappresentativi per facilitare un esercizio di modellazione gestibile e utile.

Figura 4. Utilizzo totale di energia Internet (GW)



Se il consumo energetico medio di Internet in tutto il mondo è di 141 GW come suggerisce la nostra analisi, il sistema richiede ben oltre 100 centrali elettriche medie. Utilizzando l'analisi segmentata in Tabella 1, stimiamo che solo il 38% di quel carico è associato ai dispositivi degli utenti finali, il 14% è associati agli aspetti di trasmissione e comunicazione, e il 48% è dedicato alla rete risorse nei data center e nelle sale server.

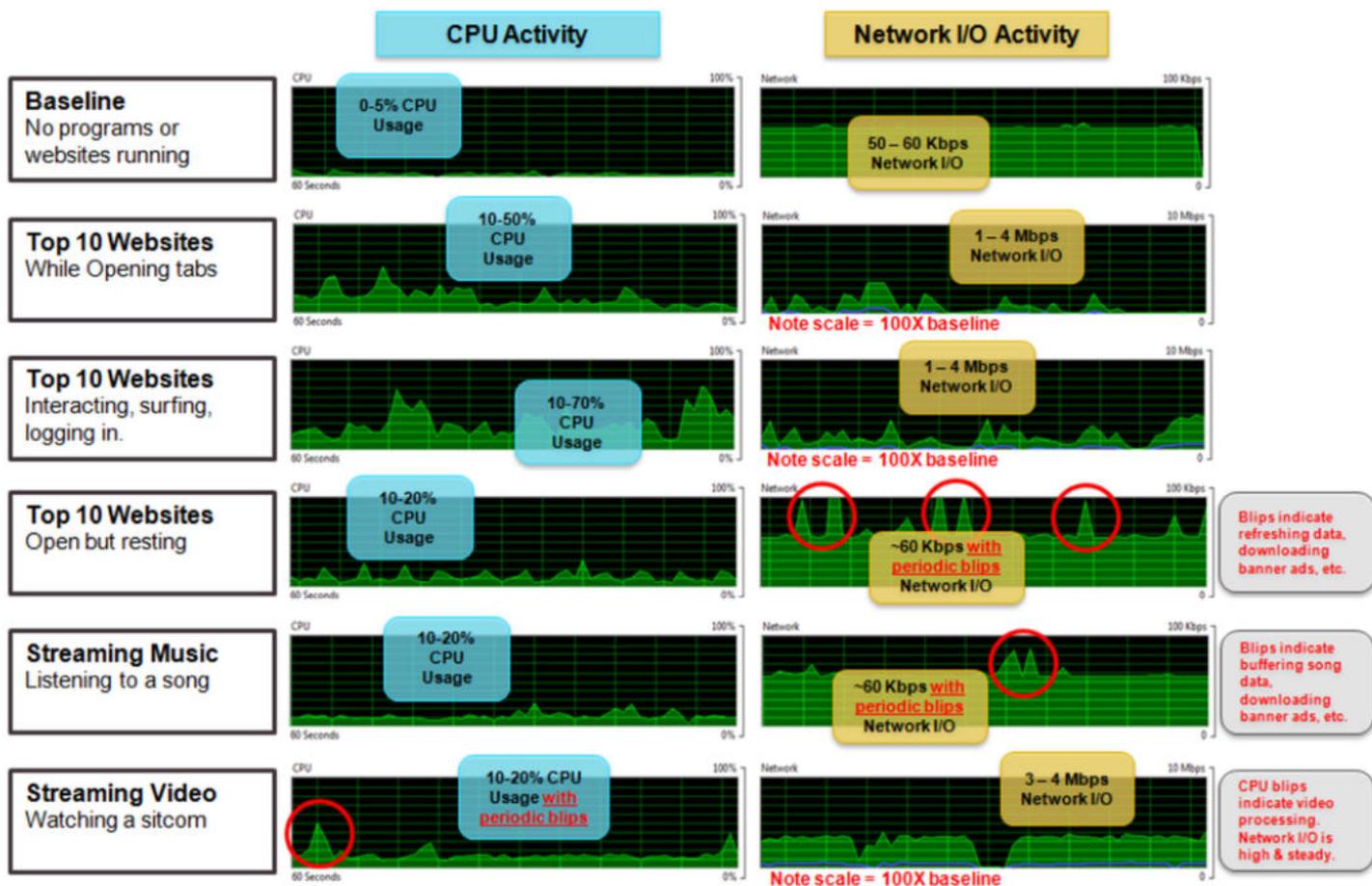
CPU e attività di rete

I dati di cui sopra indicano che le attività su Internet hanno conseguenze energetiche reali e misurabili. La domanda per noi in quanto utenti di dati individuali e per come società nel suo insieme è se meritano attenzione e cura o sono troppo piccoli per essere notati. Cosa succede su una microscala quando un singolo utente finale sta eseguendo attività su Internet? Nella Figura 5 di seguito, abbiamo usato il "Monitoraggio delle risorse" per osservare un singolo laptop durante l'esecuzione di alcune attività comuni⁷. Per prima cosa, si è preso atto dell'attività di base della CPU e della rete senza programmi o siti Web attivi. allora noi abbiamo aperto i primi dieci siti Web secondo Alexa.com in un singolo browser a schede ed è stata notata una notevole attività della CPU e della rete durante l'apertura e l'interazione con quelli siti web (Alexa 2012)⁸. Anche quando quelle 10 schede sono state lasciate da sole per diversi minuti, periodicamente continuavano a verificarsi picchi di utilizzo del sistema, associati all'aggiornamento dei dati, al download di banner pubblicità e altre attività.

⁷ Configurazione testata: Resource Monitor di Windows 7, Internet Explorer 8, in esecuzione su computer portatile Lenovo ThinkPad X220 con configurazione del sistema EnerNOC Analyst. Dati in esecuzione sulla rete AT&T a St Louis, MO.

⁸ Principali dieci siti web al 9/3/2012: Google, Facebook, YouTube, Yahoo!, Baidu, Wikipedia, Windows Live, Blogspot, Twitter e QQ.

Figura 5. CPU e attività di rete per attività comuni



Sono quindi stati visualizzati i requisiti di sistema per una singola scheda che riproduce un brano musicale ricevuto tramite streaming e separatamente per una singola scheda dove si visualizzava uno spettacolo televisivo da un servizio di video streaming. La musica in streaming ha mostrato un utilizzo della CPU leggermente aumentato rispetto alla linea di base e attività di rete molto simile ad eccezione di picchi periodici associati al buffering dei dati e ad refresh. Il video in streaming ha comportato un utilizzo della CPU aumentato, ma ma anche di una attività di rete nettamente superiore, da 3 a 4 Mb al secondo per supportare il maggiore trasferimento di dati associato al video.

Il costo energetico dei dati

Si stima che l'utilizzo dei dati su Internet sia di 20.151 PetaByte al mese (Cisco 2011). Ciò equivale a 241 miliardi di GB all'anno. Applicando queste cifre alla potenza media stimata si ottiene un valore di 5,12 kWh per GB. Supponendo un costo medio dell'elettricità di \$ 0.10-US per kWh (EIA 2012), ciò equivale a un costo energetico **del sistema** dei dati di 0,51 dollari per GB.

Ciò significa che lo streaming di un film medio da 3 GB costa \$ 1,54 in energia, mentre un una canzone media di 5 MB può essere trasmessa in streaming a costi energetici di soli \$ 0,003. Questi costi sono sottilmente distribuiti tra i vari nodi della rete che tocca. Alcuni esempi per i comuni relativi a Internet le attività sono mostrate di seguito nella tabella 2.

Tabella 2. Costo energetico delle attività Internet comuni

Activity	Data Transacted		Energy Cost per Visit				Source
			End User	Transportation	Data Center/POP	TOTAL	
Visit Amazon.com - Main Page	567	KB	\$0.0001	\$0.0000	\$0.0001	\$0.0003	Firefox - Page Info
Streaming 5MB MP3 song	5,120	KB	\$0.0010	\$0.0004	\$0.0013	\$0.0026	Estimation
Watching 5 Minute YouTube Video	13,313	KB	\$0.0026	\$0.0009	\$0.0033	\$0.0068	YouTube - Calculated from reported kbps
Streaming 3GB Movie	3	GB	\$0.5869	\$0.2098	\$0.7415	\$1.5381	Estimation
Playing The Orange Box (Online Video Game)	16	GB	\$3.0322	\$1.0838	\$3.8311	\$7.9471	Steam Online Gaming Platform

Miglioramento dell'efficienza nell'uso dei dati

Date tutte queste informazioni, quali opzioni abbiamo per limitare l'impronta energetica di Internet? Ci sono già molte strategie, oggetto di rigorosa ricerca, perseguito e attuato (DOE 2012, EPA 2012). Ovviamente l'efficienza computazionale è crescente, per la legge di Koomey come discusso sopra. I grandi data center stanno accelerando progressi in termini di efficienza e attrazione dei clienti nel cloud; guidato da diversi driver di business come economie di scala, diversificazione del carico del server, flessibilità e capacità di eludere criteri e ostacoli IT organizzativi (Koomey 2011). Inoltre, i produttori di terminali utente stanno spedendo i loro prodotti predisposti ad un uso più pervasivo delle modalità di sospensione e delle modalità di risparmio energetico come impostazione predefinita selezioni.

Fino a poco tempo fa, i computer e le apparecchiature di rete erano costruiti per non avere variabilità di consumo energetico, ma semplicemente elaboravano o inviavano zeri fino a quando non arrivava un pacchetto significativo. Quindi, per questi sistemi, l'energia utilizzata dall'infrastruttura di comunicazione sarebbe cambiata appena, anche quando gli utenti riducevano completamente la loro richiesta di dati. Questo sta cambiando, ma una buona parte delle apparecchiature esistenti rimangono così, senza strategia energetica integrata. Questo può anche servire come avvertimento ai calcoli forniti in questo documento; se indichiamo una cifra di 5,12 kWh per GB, la riduzione dell'uso dei dati non sempre porterà necessariamente a una riduzione proporzionale del consumo di energia. In aree di Internet in cui le apparecchiature locali manterranno livelli di consumo energetico fissi indipendentemente da traffico, potrebbe non esserci alcuna riduzione. Quando aggregato, però, il concetto di kWh/GB diviene sensato per l'intero sistema. Se è servira' un numero aggregato di capacità in GB, ci dovrà sicuramente essere una corrispondente quantità di potenza.

Implicazioni per gli utenti di Internet di tutti i giorni

Cosa significa questo per gli utenti? Di seguito sono riportati alcuni suggerimenti per aumentare la nostra consapevolezza e pratica dell'efficienza nell'uso dei dati:

- Prendere coscienza che i media in streaming sono associati al consumo di energia. Serve energia per fornire musica e video in streaming via Internet al tuo dispositivo. Ovviamente non è diverso dalla musica e dai video tradizionali, quindi tieni presente l'etica del risparmio energetico che è sempre esistita per queste tecnologie: ridurre al minimo i tempi di operatività quando nessuno le utilizza. In effetti, alcuni servizi di streaming verranno messi in pausa periodicamente se non vengono utilizzati - sia come un modo per evitare di pagare le royalty a

gli artisti che contribuiscono che come un modo per ridurre il consumo di energia non necessario. È importante sottolineare che **molti fornitori di dati stanno iniziando a limitare i loro piani dati illimitati**, riscuotendo ulteriori addebiti se vengono superati i limiti massimi. Questo è un primo passo verso l'invio di un prezzo razionale segnale ai consumatori.

- Utilizzare la navigazione a schede in modo ragionevole. Se le schede sono aperte e il computer non si sposta in una modalità di sospensione, i dati continueranno a fluire verso le schede aperte. Fai attenzione ai periodi prolungati di tempo in cui ha più senso aggiungere un segnalibro e tornare più tardi.
- Limita la trasmissione di dati non necessari. Quando invii e-mail o allegati, sii attento se deve essere inviato più volte o a più persone. Comprimi gli allegati se possibile. Considera la disattivazione della funzione che include automaticamente l'intero thread di posta elettronica precedente su tutte le risposte di posta elettronica. Disattiva le "notifiche push" e la ricerca di reti wifi se non ti è necessaria per preservare la durata della batteria dei dispositivi wireless.
- Attiva il risparmio energetico e assicurati di aver attivato le modalità di sospensione. È una tecnica di risparmio energetico standard che è disponibile da anni, ma queste modalità spesso non sono l'opzione predefinita dal produttore e devono essere attivati.
- Utilizzare una presa multipla o una presa multipla intelligente per spegnere periferiche e caricabatterie quando non sono in uso utilizzo. Queste misure stanno diventando più commercialmente disponibili, convenienti e per l'utente interessato.

Conclusioni

Speriamo di aver fatto luce su questo argomento a chi prende le decisioni sia in campo energetico che informatico. Queste industrie continueranno ad avere profonde effetti l'uno sull'altro.

Comprendiamo che potremmo aver trascurato elementi di questo argomento, è benvenuto qualsiasi commento costruttivo sui modi per migliorare l'analisi e migliorare il conversazione.

Vogliamo sottolineare che non consideriamo intrinsecamente *cattivo* o qualcosa da evitare l'uso di Internet o l'uso di energia per gli scopi correlati. Entrambi sono stati enormemente utili nel miglioramento dello standard di vita e per risolvere i problemi in tutto il mondo. Hanno anche una profonda simbiosi l'uno sull'altro. In effetti, una grande porzione di energia utilizzata per far funzionare Internet ha consentito di sviluppare una nuova era di sensori, controller, sistemi di dati e software per risparmiare più energia sia in altri campi che in Internet stesso (Lohr 2011). Ciò non significa, tuttavia, che possiamo chiudere gli occhi al modo in cui Internet utilizza l'energia.

Sembra che ci sia una mancanza di urgenza sul lato della domanda del settore IT e noi speriamo che questo documento aiuti nel semplice ma critico compito di informare le parti interessate. Le nostre scoperte mostrano che **l'utente finale medio di Internet è consapevole e responsabile solo del pagamento di una piccola parte dei costi legati alle loro azioni**. Questo potrebbe rivelarsi insostenibile di fronte al futuro trend di crescita della domanda di dati. Il consumo energetico dei singoli computer influisce sulla trasmissione, comunicazione e risorse di rete in modo molto reale. Dobbiamo iniziare a pensare all'utilizzo modelli, paradigmi di dati e l'esperienza del cliente in modo diverso; imparando dalle lezioni che l'industria energetica ci ha insegnato con la Gestione della Domanda (DSM).

Oltre alla Gestione della domanda di energia (Energy DSM), dobbiamo iniziare a considerare seriamente la Gestione della Domanda di Dati (Data DSM).

References

- Alexa. 2012. Top Sites. San Francisco, CA: Alexa Internet, Inc. Retrieved March 9, 2012, from www.alexacom
- Cisco. 2011. The Internet in an Exabyte World. San Jose, CA: Cisco Systems, Inc. Retrieved March 9, 2012, from www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c1-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html
- [DOE] US Department of Energy. 2012. Data Center Projects and Resources. Washington, D.C. <http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/datacenters/>
- [EIA] US Energy Information Administration. 2012. Electricity Average Retail Price Data. Washington, D.C. Retrieved May 4, 2012, from http://205.254.135.24/electricity/monthly/epm_table_grapher.cfm?t=epmt_5_3
- [EPA] US Environmental Protection Agency, ENERGY STAR Program. 2009. ENERGY STAR Data Center Infrastructure Rating Development Update. Washington, D.C.
- [EPA] US Environmental Protection Agency, ENERGY STAR Program. 2007. Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency. Washington, D.C. www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Congress_Final1.pdf
- [EPA] US Environmental Protection Agency, ENERGY STAR Program. 2012. Server Virtualization Resources. Washington, D.C. http://www.energystar.gov/index.cfm?c=power_mgt_datacenter_efficiency_virtualization
- [FCC] Federal Communications Commission. 2010. The National Broadband Plan. Washington, D.C. Retrieved May 4, 2012, from www.broadband.gov/plan/
- Fujitsu. 2012. FLASHWAVE Product Line Specification Sheets. Retrieved May 4, 2012, from www.fujitsu.com/
- Koomey, Jonathan G. 2011. 4 reasons why cloud computing is efficient. GigaOM, San Francisco, CA. Retrieved March 9, 2012, from <http://gigaom.com/cleantech/4-reasons-why-cloud-computing-is-efficient/>
- Koomey, Jonathan G, Stephen Berard, Marla Sanchez, Henry Wong. 2009. Assessing Trends in the Electrical Efficiency of Computation Over Time.
- Lohr, Steve. 2011. The Internet Gets Physical. The New York Times, New York, NY. <http://www.nytimes.com/2011/12/18/sunday-review/the-internet-gets-physical.html>
- Microsoft. 2009. Microsoft's Top 10 Business Practices for Environmentally Sustainable Data Centers. Seattle, WA.
- Raghavan, Barath and Justin Ma. 2011. The Energy and Emergy of the Internet. ICSI and UC Berkeley.
- Wikipedia. 2012. Internet. FL: Wikimedia Foundation, Inc. Retrieved March 9, 2012, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Internet>
- Wikipedia. 2012. Moore's Law. FL: Wikimedia Foundation, Inc. Retrieved March 9, 2012, from http://en.wikipedia.org/wiki/Moore's_law
- Wikipedia. 2012. ROADM. FL: Wikimedia Foundation, Inc. Retrieved March 9, 2012, from <http://en.wikipedia.org/wiki/ROADM>
- Wikipedia. 2012. Fiber-Optic Communication. FL: Wikimedia Foundation, Inc. Retrieved March 9, 2012, from http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber-optic_communication