

O computador para o século 21

Elementos especializados de hardware e software, conectados por fios, ondas de rádio e infravermelho, serão tão onipresentes que ninguém notará sua presença.

As tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Eles se entrelaçam no tecido da vida cotidiana até serem indistinguíveis dela. Considere escrever, talvez a primeira tecnologia da informação. A capacidade de representar a linguagem falada simbolicamente para armazenamento de longo prazo liberou a informação dos limites da memória individual. Hoje, essa tecnologia é onipresente nos países industrializados. Não apenas livros, revistas e jornais transmitem informações escritas, mas também placas de rua, outdoors, letreiros de lojas e até pichações. As embalagens de doces são cobertas por escrito. A presença constante de fundo desses produtos de "tecnologia de alfabetização" não requer atenção ativa, mas a informação a ser transmitida está pronta para uso em um piscar de olhos. É difícil imaginar a vida moderna de outra forma

A tecnologia de informação baseada em silício, ao contrário, está longe de ter se tornado parte do meio ambiente. Mais de 50 milhões de computadores pessoais foram vendidos, e mesmo assim o computador permanece em grande parte em um mundo próprio. É acessível apenas por meio de jargão complexo que não tem nada a ver com as tarefas para as quais as pessoas usam computadores. O estado da arte talvez seja análogo ao período em que os escribas tinham que saber tanto sobre como fazer tinta ou assar argila quanto sobre escrever. A aura misteriosa que envolve os computadores pessoais não é apenas um problema de "interface do usuário". Meus colegas e eu no Xerox Palo Alto Research Center achamos que a ideia de um computador "pessoal" em si é equivocada e que a visão de máquinas laptop, dynabooks e "navegadores de conhecimento" é apenas um passo transitório para alcançar o potencial real da informação tecnologia. Essas máquinas não podem realmente tornar a computação uma parte integral e invisível da vida das pessoas. Estamos, portanto, tentando conceber uma nova maneira de pensar sobre computadores, que leve em conta o mundo humano e permita que os próprios computadores desapareçam em segundo plano.

Tal desaparecimento é uma consequência fundamental não da tecnologia, mas da psicologia humana. Sempre que as pessoas aprendem algo suficientemente bem, elas deixam de estar cientes disso. Quando você olha para uma placa de rua, por exemplo, você absorve suas informações sem realizar conscientemente o ato de ler. O cientista da computação, economista e Nobelistas Herbert A. Simon chama esse fenômeno de "compilação"; o filósofo Michael Polanyi chama isso de "dimensão tácita"; o psicólogo JJ Gibson chama isso de "invariantes visuais"; filósofos como Georg Gadamer e Martin Heidegger chamam isso de "horizonte" e "pronto à mão"; John Seely Brown, da PARE, chama isso de "periferia". Todos dizem, em essência, que somente quando as coisas desaparecem dessa maneira, ficamos livres para usá-las sem pensar e, assim, focar além delas em novos objetivos.

A ideia de integrar computadores perfeitamente ao mundo em geral contraria várias tendências atuais. "Computação ubíqua" neste contexto não significa apenas computadores que podem ser transportados para a praia, selva ou aeroporto. Mesmo o notebook mais poderoso, com acesso a uma rede mundial de informações, ainda concentra a atenção em uma única caixa. Por analogia com a escrita, carregar um superlap-top é como possuir apenas um livro muito importante. Personalizar este livro, mesmo escrever milhões de outros livros, não começa a capturar o verdadeiro poder da alfabetização.

Além disso, embora os computadores onipresentes possam usar som e vídeo além de texto e gráficos, isso não os torna "computadores multimídia". A máquina multimídia de hoje transforma a tela do computador em um foco de atenção exigente, em vez de deixá-la desaparecer em segundo plano.

Talvez a mais diametralmente oposta à nossa visão seja a noção de realidade virtual, que tenta fazer um mundo dentro do computador. Os usuários usam óculos especiais que projetam uma cena artificial em seus olhos; eles usam luvas ou mesmo macacões que detectam seus movimentos e gestos para que possam se movimentar e manipular objetos virtuais. Embora possa ter o propósito de permitir que as pessoas explorem reinos de outra forma inacessíveis – o interior das células, às superfícies de planetas distantes, a rede de informações de bancos de dados – a

realidade virtual é apenas um mapa, não um território. Exclui escrivaninhas, escritórios, outras pessoas sem óculos e bodysuits, clima, árvores, passeios, encontros casuais e, em geral, a infinita riqueza do universo. A realidade virtual concentra um enorme aparato em simular o mundo, em vez de aprimorar invisivelmente o mundo que já existe.

De fato, a oposição entre a noção de realidade virtual e computação ubíqua e invisível é tão forte que alguns de nós usam o termo "virtualidade incorporada" para se referir ao processo de tirar os computadores de suas conchas eletrônicas. A "virtualidade" dos dados legíveis por computador - todas as diferentes maneiras pelas quais eles podem ser alterados, processados e analisados - é trazida para o mundo físico.

Como as tecnologias desaparecem em segundo plano? O desaparecimento dos motores elétricos pode servir de exemplo instrutivo. Na virada do século, uma oficina ou fábrica típica continha um único motor que acionava dezenas ou centenas de máquinas diferentes através de um sistema de eixos e polias. Motores elétricos baratos, pequenos e eficientes tornaram possível primeiro dar a cada ferramenta sua própria fonte de força motriz, depois colocar muitos motores em uma única máquina.

Uma olhada no manual de oficina de um automóvel típico, por exemplo, revela 22 motores e 25 solenóides. Eles ligam o motor, limpam o para-brisa, travam e destravam as portas e assim por diante. Prestando atenção cuidadosa, o motorista poderia ser capaz de discernir onde quer que ela ligasse ou acionasse um motor, mas isso não faria sentido.

A maioria dos computadores que participam da virtualidade incorporada será invisível tanto de fato quanto em metáfora. Já computadores em interruptores de luz, termostatos, aparelhos de som e fornos ajudam a ativar o mundo. Essas máquinas e outras serão interconectadas em uma rede onipresente.

Como cientistas da computação, no entanto, meus colegas e eu nos concentramos em dispositivos que transmitem e exibem informações mais diretamente. Encontramos duas questões de importância crucial: localização e escala. Pouco é mais básico para a percepção humana do que a justaposição física e, portanto,

os computadores onipresentes devem saber onde estão. (Os computadores de hoje, em contraste, não têm idéia de sua localização e arredores.) Se um computador sabe apenas em que sala está, ele pode adaptar seu comportamento de maneira significativa sem exigir nem mesmo uma pitada de inteligência artificial.

Computadores onipresentes também virão em tamanhos diferentes, cada um adequado para uma tarefa específica. Meus colegas e eu construímos o que chamamos de tabs, pads e boards: máquinas em escala de polegadas que se aproximam de post-its ativos, máquinas em escala de pés que se comportam como uma folha de papel papel (ou um livro ou uma revista) e displays em escala de jardas que são equivalentes a um quadro negro ou quadro de avisos.

Quantas abas, blocos e superfícies de escrita e exibição do tamanho de uma placa existem em uma sala típica? Olhe ao seu redor: na escala de polegadas, inclua notas nas paredes, títulos nas lombadas dos livros, etiquetas nos controles, termostatos e relógios, bem como pequenos pedaços de papel. Dependendo da sala, você pode ver mais de 100 tabs, 10 ou 20 pads e uma ou duas placas. Isso leva ao nosso objetivo de implantar inicialmente o hardware da virtualidade incorporada: centenas de computadores por quarto.

Centenas de computadores em uma sala podem parecer intimidantes no início, assim como centenas de volts percorrendo fios nas paredes. Mas, como os fios nas paredes, essas centenas de computadores se tornarão invisíveis para a consciência comum. As pessoas simplesmente as usarão inconscientemente para realizar tarefas cotidianas.

As guias são os menores componentes da virtualidade incorporada. Por estarem interconectados, as guias expandirão a utilidade dos computadores existentes em escala de polegadas, como a calculadora de bolso e o organizador de bolso. As guias também assumirão funções que nenhum computador executa hoje. Por exemplo, cientistas da computação do PARC e de outros laboratórios de pesquisa ao redor do mundo estão trabalhando com armas com crachás ativos - computadores de encaixe aproximadamente do tamanho de uma carteira de

identidade de funcionário, desenvolvido pela primeira vez pelo laboratório de pesquisa Olivetti Cambridge. Esses crachás podem se identificar para os receptores colocados ao longo de uma edificação, possibilitando assim o rastreamento das pessoas ou objetos aos quais estão ligados. Em nossa virtualidade experimental incorporada, as portas se abrem apenas para o portador do crachá certo, as salas cumprimentam as pessoas pelo nome, as chamadas telefônicas podem ser encaminhadas automaticamente para onde quer que o destinatário esteja, as recepcionistas realmente sabem onde as pessoas estão, os terminais de computador recuperam as preferências de quem está sentado para eles, e os diários de compromisso se escrevem. O diário automático mostra como uma tarefa tão simples como saber onde as pessoas estão pode render dividendos complexos: reuniões, por exemplo, consistem em várias pessoas passando o tempo na mesma sala, e o assunto de uma reunião provavelmente são os arquivos chamados nessa sala. tela da sala enquanto as pessoas estão lá. Nenhuma revolução na inteligência artificial é necessária, apenas computadores embutidos no mundo cotidiano. Meu colega Roy Want projetou uma guia que incorpora uma pequena tela que pode servir simultaneamente como um crachá ativo, calendário e diário. Ele também atuará como uma extensão para telas de computador: em vez de reduzir uma janela de programa para um pequeno ícone na tela, por exemplo, um usuário poderá reduzir a janela em uma exibição de guia. Isso deixará a tela livre para informações e também permitirá que as pessoas organizem seus projetos baseados em computador na área ao redor de seus terminais, assim como agora organizam projetos baseados em papel em pilhas em mesas e mesas. Levar um projeto para outro escritório para discussão é tão simples quanto juntar suas guias; os programas e arquivos associados podem ser chamados em qualquer terminal.

O próximo passo em tamanho é o bloco, uma espécie de cruzamento entre uma folha de papel e laptops e palmtops atuais. Robert Krivacic, do PARC, construiu um protótipo de teclado que usa dois microprocessadores, uma tela do tamanho de uma estação de trabalho, uma caneta com

vários botões e um rádio rede com largura de banda de comunicação suficiente para suportar centenas de dispositivos por pessoa por sala.

Os pads diferem dos computadores portáteis convencionais de uma maneira crucial. Enquanto os computadores portáteis vão a todos os lugares com seus donos, o bloco que deve ser carregado de um lugar para outro é um fracasso. Pads são destinados a ser "computadores de sucata" (análogo ao papel de rascunho) que podem ser agarrados e usados em qualquer lugar; eles não têm identidade ou importância individualizada. Uma maneira de pensar em almofadas é como um antídoto para as janelas. O Windows foi inventado no PARC e popularizado pela Apple no Macintosh como forma de encaixar várias atividades diferentes no pequeno espaço de uma tela de computador ao mesmo tempo. Em 20 anos, as telas de computador não cresceram muito. Diz-se frequentemente que os sistemas de janelas de computador são baseados na metáfora da área de trabalho - mas quem usaria uma mesa de apenas nove polegadas de altura por 11 polegadas de largura? Pads, em contraste, usam uma mesa real. Espalhe muitos blocos eletrônicos sobre a mesa, assim como você espalha papéis. Tenha muitas tarefas à sua frente e use os blocos como lembretes. Vá além da mesa para gavetas, prateleiras, mesas de centro. Espalhe as muitas partes das muitas tarefas do dia à sua frente para se adequar tanto à tarefa quanto ao alcance de seus braços e olhos, em vez de se adequar às limitações do sopro de vidro. Algum dia, os blocos podem até ser tão pequenos e leves quanto o papel real, mas enquanto isso eles podem cumprir muito mais funções do papel do que as telas de computador.

Exibições de tamanho de quintal (quadros) servem a vários propósitos: em casa, telas de vídeo e quadros de avisos; no escritório, quadros de avisos, quadros brancos ou flipcharts. Um quadro também pode servir como uma estante eletrônica da qual se pode baixar textos para um bloco ou guia. Por enquanto, no entanto, a capacidade de retirar um livro e colocá-lo confortavelmente no colo continua sendo uma das muitas atrações do papel. Objeções semelhantes se aplicam ao uso de uma placa como desktop; as pessoas terão que se acostumar a ter blocos e

abas em uma mesa como um complemento para telas de computador antes de levar a virtualidade incorporada adiante.

Placas protótipo, construídas por Richard Bruce e Scott Elrod do PARC, estão em uso em vários laboratórios de pesquisa da Xerox. Eles medem cerca de 40 por 60 polegadas e exibem 1.024 por 768 pixels em preto e branco. Para manipular a tela, os usuários pegam um pedaço de "giz" eletrônico sem fio que pode funcionar tanto em contato com a superfície quanto à distância. Alguns os pesquisadores, usando a si mesmos e seus colegas como cobaias, podem realizar reuniões mediadas eletronicamente ou se envolver em outras formas de colaboração em torno de um quadro ao vivo. Outros usam as placas como testbeds para hardware de exibição aprimorado, novo "giz" e software interativo.

Por razões óbvias e sutis, o software que anima uma grande tela compartilhada e seu giz eletrônico não é o mesmo de uma estação de trabalho. Alternar entre giz e teclado pode envolver vários passos e, portanto, o ato é qualitativamente diferente de usar um teclado e um mouse. Além disso, o tamanho do corpo é um problema.

Nem todos podem alcançar o topo do quadro, então uma barra de menu no estilo Macintosh pode ter que passar pela parte inferior da tela. Construímos placas vivas suficientes para permitir o uso casual: elas foram colocadas em salas de conferência comuns e áreas abertas, e ninguém precisa se inscrever ou avisar com antecedência antes de usá-las. Ao construir e usar esses quadros, os pesquisadores começam a experimentar e entender um mundo em que a interação mais pura finalmente aprimora cada cômodo.

Os quadros ao vivo podem ser compartilhados de maneira útil entre as salas, bem como dentro delas. Em experimentos instigados por Paul Dourish do EuroPARC e Sara Bly e Frank Halasz do PARC, grupos em locais amplamente separados se reuniram em torno de quadros - cada um exibindo a mesma imagem - e compuseram fotos e desenhos em conjunto. Eles até compartilharam duas pranchas do outro lado do Atlântico. Placas ao vivo também podem ser usadas como quadros de avisos. Já existe texto

demais para as pessoas lerem e compreenderem tudo, então Marvin Theimer e David Nichols, do PARC, construíram um protótipo de sistema que sintoniza suas informações públicas com as pessoas que as lêem.

Seu "placar" requer pouca ou nenhuma interação do usuário além de olhar e usar um crachá ativo.

Protótipos de guias, pads e placas são apenas o começo da computação ubíqua. O verdadeiro poder do conceito não vem de nenhum desses dispositivos - emerge da interação de todos eles. As centenas de processadores e monitores não são uma "interface de usuário" como um mouse e janelas, apenas um "lugar" agradável e eficaz para fazer as coisas.

O que será mais agradável e eficaz é que as abas podem animar objetos antes inertes.

Eles podem apitar para ajudar a localizar papéis, livros ou outros itens perdidos. As gavetas de arquivos podem abrir e mostrar a pasta desejada - sem pesquisa. As guias nos catálogos das bibliotecas podem fazer mapas ativos para qualquer livro e guiar os pesquisadores até ele, mesmo que esteja fora da prateleira, deixado em uma mesa pelo último leitor.

Nas apresentações, o tamanho do texto nos slides suspensos, o volume da voz amplificada, até mesmo a quantidade de luz ambiente, podem ser determinados não por suposições, mas pelos desejos dos ouvintes na sala naquele momento. Ferramentas de software para apuração instantânea de votos e verificação de consenso já estão disponíveis nas salas de reuniões eletrônicas de algumas grandes corporações; guias podem torná-los difundidos.

A tecnologia necessária para a computação ubíqua vem em três partes: computadores baratos e de baixo consumo de energia que incluem telas igualmente convenientes, software para aplicativos ubíquos e uma rede que os une. As tendências atuais sugerem que o primeiro desses requisitos será facilmente atendido. Telas planas contendo 640 x 480 pixels em preto e branco agora são comuns. Este é o tamanho padrão para PCs e também é adequado para televisão. Enquanto os laptops, palmtops e notebooks continuarem a crescer em popularidade, os preços dos monitores cairão e a resolução e a qualidade aumentarão. Até o final da década, uma tela de alto contraste de 1.000 x 800 pixels terá uma fração de centímetro de espessura e pesará talvez 100

gramas. Uma pequena bateria fornecerá vários dias de uso contínuo.

Telas maiores são um problema um pouco diferente. Se uma tela de computador interativa deve corresponder a um quadro branco em utilidade, ela deve ser visível do comprimento do braço, bem como do outro lado da sala. Para visualização próxima, a densidade dos elementos da imagem não deve ser pior do que em uma tela de computador padrão, cerca de 80 por polegada. Manter uma densidade de 80 pixels por polegada em uma área de vários metros de lado implica exibir dezenas de milhões de pixels. A maior tela de computador feita hoje tem apenas cerca de um quarto dessa capacidade. Essas telas grandes provavelmente serão caras, mas certamente devem estar disponíveis. A tela grande exigirá microprocessadores avançados para alimentá-la. As velocidades das unidades de processamento central atingiram um milhão de instruções por segundo em 1986 e continuam a dobrar a cada ano. Alguns observadores da indústria acreditam que esse crescimento exponencial na velocidade bruta do chip pode começar a se estabilizar por volta de 1994, mas que outras medidas de desempenho, incluindo consumo de energia e funções auxiliares, ainda melhorarão. A tela plana de 100 gramas, então, pode ser acionada por um microprocessador que executa um bilhão de operações por segundo e contém 16 megabytes de memória integrada, juntamente com interfaces de som, vídeo e rede. Esse processador consumiria, em média, alguns por cento da energia exigida pela tela.

Dispositivos auxiliares de armazenamento aumentarão a capacidade da memória principal: a extrapolação conservadora da tecnologia atual sugere que discos rígidos removíveis (ou chips de memória não voláteis) do tamanho de uma caixa de fósforos armazenarão cerca de 60 megabytes cada. Discos maiores contendo vários gigabytes de informações serão padrão, e armazenamento de terabytes - aproximadamente o conteúdo de dados da Biblioteca do Congresso - será comum. Essas enormes lojas não serão necessariamente preenchidas com informações úteis. A abundância de espaço permitirá, no entanto, estratégias radicalmente diferentes de gestão da informação. Um terabyte de armazenamento em disco tornará

a exclusão de arquivos antigos praticamente desnecessária, por exemplo.

Embora processadores e telas devam ser capazes de oferecer computação ubíqua até o final da década, as tendências em software e tecnologia de rede são mais problemáticas. As implementações atuais de "computação distribuída" simplesmente fazem com que servidores de arquivos, impressoras ou outros dispositivos em rede pareçam estar conectados diretamente ao computador de cada usuário. Essa abordagem, no entanto, não faz nada para explorar as capacidades únicas de computadores fisicamente dispersos e as informações incorporadas em saber onde um determinado dispositivo está localizado.

Os sistemas operacionais de computador e o software de exibição baseado em janela terão que mudar substancialmente. O design dos sistemas operacionais atuais, como DOS e Unix, é baseado na suposição de que a configuração de hardware e software de um computador não mudará substancialmente enquanto estiver em execução. Essa suposição é razoável para mainframes convencionais e computadores pessoais, mas não faz sentido em termos de computação ubíqua. Pads, abas e até placas podem entrar e sair a qualquer momento em qualquer sala, e certamente será impossível desligar todos os computadores de uma sala para instalar um novo software em qualquer um deles. (De fato, pode ser impossível encontrar todos os computadores em uma sala.)

Uma solução pode ser sistemas operacionais "micro-kernel", como os desenvolvidos por Rick Rashid da Carnegie Mellon University e AS Tanenbaum da Vrije University em Amsterdã. Esses sistemas experimentais contêm apenas o mais simples andaime de código de computador fixo; módulos de software para executar funções específicas podem ser facilmente adicionados ou removidos. Os futuros sistemas operacionais baseados nesse princípio podem encolher e crescer automaticamente para atender às necessidades em constante mudança da computação ubíqua.

Os sistemas de vitrine atuais também não estão prontos para lidar com a computação ubíqua. Eles normalmente assumem que um determinado computador exibirá todas as

informações para um único aplicativo. Embora o X Window System e o Windows 3.0, por exemplo, possam lidar com várias telas, eles não se saem bem com aplicativos que começam em uma tela e passam para outra, muito menos aqueles que peregrinam de computador em computador ou de sala em sala.

As soluções para este problema estão em sua infância. Certamente, nenhum sistema de exibição existente pode funcionar bem enquanto trabalha com toda a diversidade de formas de entrada e saída exigidas pela virtualidade incorporada. Fazer com que pads, guias e quadros funcionem juntos perfeitamente exigirá mudanças nos tipos de protocolos pelos quais os programas aplicativos e suas janelas exibidas se comunicam. A rede que conectará hardware e software onipresentes apresenta outros desafios. As taxas de transmissão de dados para redes com e sem fio estão aumentando rapidamente. O acesso a redes cabeadas gigabit por segundo já é possível, embora caro, e se tornará progressivamente mais barato. (As redes Gigabit raramente dedicam toda a sua largura de banda a um único fluxo de dados; em vez disso, permitem que um grande número de transmissões de baixa velocidade ocorram simultaneamente.) Pequenas redes sem fio, baseadas em princípios de telefonia celular digital, atualmente oferecem taxas de dados entre dois e 10 megabits por segundo em um alcance de algumas centenas de metros. Redes sem fio de baixa potência capazes de transmitir 250.000 bits por segundo para cada estação estarão disponíveis comercialmente. No entanto, o problema de vincular de forma transparente as redes com e sem fio resiste à solução. Embora alguns métodos paliativos tenham sido desenvolvidos, os engenheiros devem desenvolver novos protocolos de comunicação que reconheçam explicitamente o conceito de máquinas que se movem no espaço físico. Além disso, o número de canais previstos na maioria dos esquemas de rede sem fio ainda é muito pequeno e o alcance é grande (50 a 100 metros), de modo que o número total de dispositivos móveis é severamente limitado. A capacidade de tal sistema de suportar centenas de máquinas em cada sala está fora de questão. As redes de sala única baseadas em infravermelho ou tecnologias eletromagnéticas mais recentes têm capacidade de canal suficiente para

computadores onipresentes, mas podem funcionar apenas em ambientes fechados. As tecnologias atuais exigiram que um dispositivo móvel tivesse três conexões de rede diferentes: sem fio de pequeno alcance, sem fio de longo alcance e com fio de altíssima velocidade. Um único tipo de conexão de rede que possa de alguma forma servir todas as três funções ainda não foi inventado.

Nem uma explicação dos princípios da computação ubíqua nem uma lista das tecnologias envolvidas realmente dão uma ideia de como seria viver em um mundo cheio de widgets invisíveis.

Extrapolar a partir dos fragmentos rudimentares da virtualidade incorporada de hoje é como tentar prever a publicação de Finnegans Wake logo após ter inscrito as primeiras tábuas de argila.

No entanto, o esforço provavelmente vale a pena:

Sal desperta; ela cheira a café. Alguns minutos atrás, seu despertador, alertado por seu movimento inquieto antes de acordar, perguntou baixinho: "Café?" e ela murmurou: "Sim". "Sim" e "não" são as únicas palavras que ele conhece. Sal olha pela janela para seu bairro. A luz do sol e uma cerca são visíveis através de um, e através de outros ela vê trilhas eletrônicas que foram mantidas para ela de vizinhos indo e vindo durante a madrugada. Convenções de privacidade e taxas de dados práticas impedem a exibição de imagens de vídeo, mas marcadores de tempo e faixas eletrônicas no mapa do bairro permitem que Sal se sinta confortável em sua rua.

Olhando para as janelas dos quartos dos filhos, ela pode ver que eles se levantaram há 15 e 20 minutos e já estão na cozinha. Percebendo que ela está acordada, eles começam a fazer mais barulho.

No café da manhã, Sal lê as notícias. Ela ainda prefere o formulário em papel, assim como a maioria das pessoas. Ela vê uma citação interessante de um colunista na seção de negócios de azulejos. Ela passa a caneta sobre o nome do jornal, a data, a seção e o número da página e então circula a citação. A caneta envia uma mensagem para o jornal, que transmite a citação para seu escritório.

O correio eletrônico chega da empresa que fez seu abridor de porta de garagem. Ela havia perdido o manual de instruções e pediu ajuda. Eles lhe enviaram um novo manual e também algo inesperado - uma maneira de encontrar o antigo. De acordo com a nota, ela pode pressionar um código no abridor e o manual ausente será encontrado. Na garagem, ela rastreia um sinal sonoro onde o manual manchado de óleo caiu atrás de algumas caixas. Com certeza, há a pequena aba que o fabricante colocou na capa para tentar evitar solicitações de e-mail como as

dela.

A caminho do trabalho, Sal olha no retrovisor para verificar o trânsito. Ela vê uma desaceleração à frente e também percebe em uma rua lateral o verde revelador na frente de uma loja de comida, e uma nova. Ela decide pegar a próxima saída e tomar uma xícara de café, evitando o congestionamento.

Assim que Sal chega ao trabalho, a vista frontal a ajuda a encontrar uma vaga de estacionamento rapidamente. Enquanto ela entra no prédio, as máquinas em seu escritório se preparam para fazer o login, mas não completam a sequência até que ela realmente entre em seu escritório. No caminho, ela passa pelos escritórios de quatro ou cinco colegas para trocar cumprimentos e novidades.

Sal olha pela janela: um dia cinzento no Vale do Silício, 75% de umidade e 40% de chance de chuvas à tarde; enquanto isso, tem sido uma manhã tranquila no escritório da Costa Leste. Normalmente, o indicador de atividade mostra pelo menos uma reunião espontânea e urgente até agora. Ela opta por não mudar a janela do escritório em casa três horas atrás – muita chance de ser pega de surpresa. Mas ela conhece outros que o fazem, geralmente pessoas que nunca receberam uma ligação do Oriente, mas só querem se sentir envolvidas.

O indicador na porta que Sal programou para seu primeiro dia de trabalho está piscando: café fresco. Ela se dirige para a máquina de café. Voltando ao seu escritório, Sal pega uma guia e "acena" para seu amigo Joe no grupo de design, com quem ela tem uma tarefa conjunta. Eles estão compartilhando um escritório virtual por algumas semanas. O compartilhamento pode assumir muitas formas - neste caso, os dois deram acesso um ao outro aos seus detectores de localização e ao conteúdo e localização da tela um do outro. Sal opta por manter as versões em miniatura de todas as guias e blocos de Joe à vista e tridimensionalmente corretas em um pequeno conjunto de guias no canto de trás de sua mesa.

Ela não pode ver o que qualquer coisa diz, mas ela se sente mais em contato com o trabalho dele ao perceber que as telas mudam com o canto do olho, e ela pode facilmente ampliar qualquer coisa, se necessário.

Uma guia em branco na mesa de Sal emite um bipe e exibe a palavra "Joe" nela. Ela o pega e gesticula com ele em direção ao seu quadro ao vivo. Joe quer discutir um documento com ela, e agora ele aparece na parede quando ela ouve a voz de Joe:

"Eu tenho lutado com este terceiro parágrafo a manhã toda, e ainda tem o tom errado.

Você se importaria de ler?" Sentada e lendo o parágrafo, Sal quer apontar para uma palavra. Ela gesticula novamente com a guia "Joe" em um bloco próximo e então usa a caneta para circular a palavra que ela quer: "Eu acho é este termo 'onipresente'. Não é de uso bastante comum e faz toda a passagem soar um pouco formal. Podemos reformular a frase para nos livrarmos dela?" "Vou tentar isso. Diga, a propósito, Sal, você já teve notícias de Mary Hausdorf?

Quem é esse?" "Você se lembra. Ela estava na reunião na semana passada. Ela me disse que ia entrar em contato com você."

Sal não se lembra de Mary, mas ela lembra vagamente da reunião. Ela rapidamente inicia uma busca por reuniões realizadas durante as últimas duas semanas com mais de seis pessoas que não haviam participado de reuniões com ela anteriormente e encontra uma. Os nomes dos participantes aparecem e ela vê Mary.

Como é comum nas reuniões, Mary disponibilizou algumas informações biográficas sobre si mesma para os outros participantes, e Sal vê alguns antecedentes comuns. Ela só vai mandar um bilhete para a Mary e ver o que está acontecendo. Sal está feliz que Mary não disponibilizou a biografia apenas durante o horário do encontro, como muitas pessoas fazem....

Além de mostrar algumas das maneiras pelas quais os computadores podem entrar de forma invisível na vida das pessoas, este cenário aponta algumas das questões sociais que a virtualidade corporificada irá engendrar. Talvez o principal deles seja a privacidade: centenas de computadores em cada sala, todos capazes de detectar pessoas próximas a eles e conectados por redes de alta velocidade, têm o potencial de fazer o totalitarismo até agora parecer a mais pura anarquia. Assim como uma estação de trabalho em uma rede local pode ser programada para interceptar mensagens destinadas a outras

peessoas, uma única guia não autorizada em uma sala poderia registrar tudo o que aconteceu lá. Ainda hoje, os crachás ativos e as agendas de compromissos que oferecem todos os tipos de conveniência podem ser uma fonte de danos reais nas mãos erradas. Não apenas superiores ou subordinados corporativos, mas também funcionários governamentais excessivamente zelosos e até empresas de marketing podem fazer uso desagradável das mesmas informações que tornam os computadores invisíveis tão convenientes.

Felizmente, já existem técnicas criptográficas para proteger mensagens de um computador onipresente para outro e para proteger informações privadas armazenadas em sistemas em rede. Se projetadas em sistemas desde o início, essas técnicas podem garantir que os dados privados não se tornem públicos. Uma versão bem implementada de computação ubíqua poderia até oferecer uma proteção de privacidade melhor do que a existente hoje.

Ao colocar os computadores em segundo plano, a virtualidade incorporada tornará os indivíduos mais conscientes das pessoas do outro lado de seus links de computador. Esse desenvolvimento pode reverter as forças centrípetas insalubres que os computadores pessoais convencionais introduziram na vida e no local de trabalho.

Ainda hoje, pessoas entrincheiradas em escritórios sem janelas diante de telas de computador brilhantes podem não ver seus colegas na maior parte do dia. E na realidade virtual, o mundo exterior e todos os seus habitantes deixam de existir. Computadores ubíquos, em contraste, residem no mundo humano e não representam barreira para interações pessoais. Se alguma coisa, as conexões transparentes que eles oferecem entre diferentes locais e épocas podem tender a aproximar as comunidades.

Meus colegas e eu do PARC acreditamos que o que chamamos de computação ubíqua emergirá gradualmente como o modo dominante de acesso ao computador nos próximos 20 anos. Assim como o computador pessoal, a computação ubíqua não produzirá nada fundamentalmente novo, mas ao tornar tudo mais rápido e fácil de

fazer, com menos esforço e menos ginástica mental, ela transformará o que é evidentemente possível. A editoração eletrônica, por exemplo, essencialmente não é diferente da tipografia por computador, que remonta a meados da década de 1960. Mas a facilidade de uso faz uma enorme diferença.

Quando quase todo objeto contém um computador ou pode ter uma guia anexada a ele, obter informações será trivial: "Quem fez esse vestido? Há mais algum na loja?

Qual era o nome do designer daquele terno que eu gostei na semana passada? "

O ambiente de computação conhece o traje que você olhou por um longo tempo na semana passada porque conhece as duas localizações e pode encontrar retroativamente o nome do designer, mesmo que essa informação não lhe interesse no momento.

Sociologicamente, a computação ubíqua pode significar o declínio do viciado em computador. Nas décadas de 1910 e 1920, muitas pessoas "hackearam" aparelhos de cristal para tirar proveito do novo mundo de alta tecnologia do rádio. Agora, os receptores de cristal e bigode de gato são raros porque rádios de alta qualidade são onipresentes. Além disso, a virtualidade incorporada levará computadores aos presidentes de indústrias e países quase pela primeira vez. O acesso ao computador penetrará em todos os grupos da sociedade.

Mais importante, os computadores onipresentes ajudarão a superar o problema da sobrecarga de informações. Há mais informações disponíveis ao nosso alcance durante uma caminhada na floresta do que em qualquer sistema de computador, mas as pessoas acham uma caminhada entre as árvores relaxante e os computadores frustrantes. Máquinas que se adaptam ao ambiente humano, em vez de forçar os humanos a entrar no seu, tornarão o uso de um computador tão refrescante quanto dar um passeio na floresta.